



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA



**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE
MILHO PARA DIFERENTES SAFRAS, ESPAÇAMENTOS E
POPULAÇÕES DE PLANTAS**

APARECIDA ANTUNES GUIMARÃES

Bióloga

ILHA SOLTEIRA- SP

Fevereiro – 2013

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE
MILHO PARA DIFERENTES SAFRAS, ESPAÇAMENTOS E
POPULAÇÕES DE PLANTAS**

APARECIDA ANTUNES GUIMARÃES

Bióloga

Orientador: Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade

Dissertação apresentada à UNESP -
Campus de Ilha Solteira, para a obtenção
do título de Mestre em Agronomia.
Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha solteira – SP

Fevereiro - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

G963a

Guimarães, Aparecida Antunes.

Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para diferentes safras, espaçamentos e populações de plantas / Aparecida Antunes Guimarães. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2013

66 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2013

Orientador: João Antonio da Costa Andrade

Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Interação genótipo x ambiente. 3. Arranjos de plantas. 4. Híbridos.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para diferentes safras, espaçamentos e populações de plantas

AUTORA: APARECIDA ANTUNES GUIMARÃES

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Profa. Dra. PAULA GARCIA MEIRELLES GRASSI
Faculdades Integradas "Stella Maris" / Fundação Educacional de Andradina

Data da realização: 28 de fevereiro de 2013.

À minha mãe Arlinda Soares Antunes Guimarães (in memoriam), maior incentivadora para a realização deste Mestrado.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois somente por vontade Dele foi possível a realização desta caminhada e por me guiar por um caminho correto e justo.

Ao Professor João Antônio da Costa Andrade, pela inestimável orientação desta dissertação, pela confiança e pela convivência agradável, permitindo-me compartilhar uma parte de sua grande sabedoria.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP- Campus de Ilha Solteira e ao curso de Pós-graduação em Sistema de Produção, pela oportunidade de realização do curso.

A todos os Professores do Curso de Pós-graduação em Sistema de Produção da UNESP que colaboraram para a minha formação profissional por meio de disciplinas cursadas e de valiosos conselhos na elaboração do trabalho.

Ao CNPq e a CAPES, pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa.

A todos os meus grandes amigos, companheiros inseparáveis de todos os momentos, pela amizade e pela satisfação dos momentos em que passamos juntos.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em especial à turma 2010, pela convivência e ótimos momentos passados juntos.

A todos ajudantes de campo pelo auxílio na condução dos experimentos.

A outros que, de alguma forma, participaram da elaboração deste trabalho, a minha sincera gratidão.

Meu muito obrigada.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e viver com ousadia. Pois o triunfo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”

(Augusto Branco)

RESUMO

O cultivo de cultivares detentoras de boas características agroindustriais representa, na prática, uma das tecnologias que mais contribuem para a melhoria dos níveis de rendimento da cultura, devido aos custos relativamente baixos quando comparada com os demais itens que compõem o sistema produtivo do milho. Diante deste cenário, faz-se necessário avaliar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica, a fim de obter informações que proporcionem identificar cultivares estáveis e de adaptabilidade ampla ou específica para determinados ambientes. Com esse objetivo foram avaliadas cinco cultivares de milho em 20 ambientes compostos pela combinação de duas safras x dois espaçamentos x cinco populações de plantas. Os experimentos foram conduzidos na segunda safra em 2009 e na primeira safra em 2010/11, na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP - Câmpus de Ilha Solteira. Os tratamentos (híbridos x populações de plantas) foram dispostos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5x5, com quatro repetições, sendo repetidos nas combinações safras x espaçamentos (considerados experimentos diferentes). Foram utilizadas as cultivares híbridas XB 6010, XB 9003, XB 6012, XB 7253 e AG 9010 e as populações de 50.000, 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹. Foram realizadas análises de estabilidade e adaptabilidade pelos métodos da regressão bissegmentada e AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*). Houve interação entre os híbridos e ambientes em relação ao florescimento feminino e o híbrido AG 9010 foi o mais precoce e estável para este caráter, mantendo o tempo de florescimento praticamente inalterado em todos os ambientes, embora com média de rendimento baixa. Para acamamento/quebramento de colmo não houve significância da interação, indicando comportamentos semelhantes dos híbridos frente à variação ambiental. Para rendimento de grãos o híbrido XB6010 foi o menos responsivo do grupo avaliado, mas com bom comportamento nos ambientes desfavoráveis, enquanto que XB 7253 foi o que mais se aproximou do ideal, com média alta, estabilidade, baixa resposta aos ambientes desfavoráveis e alta resposta à melhoria ambiental. Para os demais híbridos foi verificada influência das épocas no florescimento feminino, mas nenhuma adaptação específica a determinada combinação de época, espaçamento e população de plantas. A arquitetura de plantas com pequena altura, folhas estreitas e eretas deve ser buscada na obtenção de novos híbridos pelos melhoristas, visando a melhor adaptação dos híbridos para altas populações de plantas.

Palavras-chave: *Zea mays*. Interação genótipo x ambiente. Arranjos de plantas. Híbridos.

ABSTRACT

The cultivation of cultivars possessing good characteristics of agribusiness is, in practice, one of the technologies which most contribute to the improvement of crop yield due to the relatively low cost when compared with the other items that make up the corn production system. Given this scenario, it is necessary to evaluate the adaptability and phenotypic stability in order to obtain information to identify cultivars that provide stable and wide or specific adaptability. With this objective were evaluated five corn hybrids in 20 environments, composed by the combination of two growing seasons, two spacing and five plant populations. The experiments were conducted in the second season in 2009 and the first season in 2010/11, at the experimental farm of São Paulo State University - Campus of Ilha Solteira, Brazil. Treatments (cultivars x plant populations) were arranged in randomized block in 5x5 factorial designs with four replications being repeated in season crop x spacings combinations (considered different experiments). Were used the hybrid cultivars XB 6010, XB 9003, XB 6012, XB 7253 and AG 9010 and populations of 50,000, 60,000, 70,000, 80,000 and 90,000 plants ha⁻¹. Analyzes were performed of stability and adaptability by the methods of bi-segmented regression and AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*). There was interaction between hybrids and environments in relation to female flowering and hybrid AG 9010 was the earliest and most stable for this trait, keeping time of flowering nearly unchanged in all environments, although with low average yield. For lodging/breaking stem the interaction was not significant, indicating similar behavior of the hybrids front environmental variation. To yield, hybrid XB6010 was the less responsive of the evaluated group, but with good behavior in unfavorable environments, while XB 7253 was the one that was closest to ideal, with high average, stability, low response to unfavorable environments and high response to environmental improvement. For the other genotypes was verified influence of the season crop in female flowering times, but no specific adaptation to particular combination of season crop, spacing and plant population.

Keywords: *Zea mays*. Genotype x environment interaction. Plant arrangement. Hybrids.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Croqui dos experimentos com dois espaçamentos (0,4 e 0,90 m), cinco híbridos (H1, H2, H3, H4 e H5) e cinco populações de plantas (P1 = 50.000, P2 = 60.000, P3 = 70.000, P4 = 80.000 e P5 = 90.000)..... 31
- Figura 2 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em relação aos índices ambientais, para os híbridos XB 6010 e XB 9003, avaliados em 20 ambientes.....48
- Figura 3 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em relação aos índices ambientais, para os híbridos XB 6012 e XB 7253, avaliados em 20 ambientes.....49
- Figura 4 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em relação aos índices ambientais, para o híbrido AG 9010, avaliado em 20 ambientes.....50
- Figura 5 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos em relação aos índices ambientais, para os híbridos XB 6010 e XB 9003, avaliados em 20 ambientes.....51
- Figura 6 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos em relação aos índices ambientais, para os híbridos XB 6012 e XB 7253, avaliados em 20 ambientes.....52
- Figura 7 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos em relação aos índices ambientais, para o híbrido AG 9010, avaliado em 20 ambientes.....53
- Figura 8 - Biplot AMMI1 para rendimento de grãos em 5 híbridos e 20 ambientes.....55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental na camada de 0 a 0,2 m. Selvíria–MS, Brasil (2009).....	29
Tabela 2 - Principais características agrônômicas dos híbridos de milho utilizados no estudo. Selvíria–MS, Brasil (2012)	30
Tabela 3 - Esquema da análise de variância individual, por experimento	32
Tabela 4 - Esquema da análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos (espaçamentos) e épocas.....	33
Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância conjunta para os caracteres dias para florescimento feminino (FF), porcentagem de acamamento mais quebramento (AQ) e rendimento de grãos (RG), considerando cada combinação Época x Espaçamento como um experimento, nos 20 ambientes. Selvíria–MS, Brasil (2012)	38
Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância conjunta, considerando cada época como um experimento, para os caracteres dias para florescimento feminino (FF), porcentagem de acamamento mais quebramento (AQ) e rendimento de grãos (RG), nos 20 ambientes, em Selvíria, no Estado do Mato Grosso do Sul.....	38
Tabela 7 - Médias do florescimento feminino (dias) dos cinco híbridos, nos 20 ambientes. Selvíria–MS, Brasil (2012)	39
Tabela 8 - Médias de porcentagem de acamamento mais quebramento de cinco híbridos em 20 ambientes. Selvíria–MS, Brasil (2012).....	42
Tabela 9 - Médias de rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de cinco híbridos de milho em 20 ambientes. Selvíria–MS, Brasil (2012)	43
Tabela 10 - Médias de ambientes e índices ambientais (I_j e $T(I_j)$) para florescimento feminino (dias), nos 20 ambientes. Selvíria–MS, Brasil (2012)	44
Tabela 11 - Média de ambientes e índices ambientais (I_j e $T(I_j)$) para rendimento de grãos (kg ha^{-1}), nos 20 ambientes, em Selvíria, no Estado do Mato Grosso do Sul.....	45
Tabela 12 - Médias gerais (β_{0i}), médias dos ambientes precoces (P) e tardios (T), coeficientes de regressão para ambientes precoces (β_{1i}) e tardios ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$), quadrados médios dos desvios de regressão (QM) e coeficientes de determinação (R^2), para dias para florescimento feminino de cinco híbridos avaliados em 20 ambientes, em Selvíria, no Estado do Mato Grosso do Sul.....	47

Tabela 13 - Médias gerais (β_{0i}), médias dos ambientes precoces (P) e tardios (T), coeficientes de regressão para ambientes precoces (β_{1i}) e tardios ($\beta_{1i} + \beta_{2i}$), quadrados médios dos desvios de regressão (QM) e coeficientes de determinação (R^2), para rendimento de grãos de cinco híbridos avaliados em 20 ambientes, em Selvíria, no Estado do Mato Grosso do Sul47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	A Cultura do milho	15
2.2	Fatores que Influenciam a produtividade da cultura do milho	15
2.3	Interação genótipo x ambiente	21
2.4	Estudos da interação genótipo x ambiente em milho	23
2.5	Principais conceitos de adaptabilidade e estabilidade	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1	Área experimental.....	28
3.2	Caracterização do solo.....	28
3.3	Tratamentos e delineamento experimental	28
3.4	Avaliações fitotécnicas	30
3.5	Análise estatística dos resultados	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	Análise de variância	36
4.2	Análise de adaptabilidade e estabilidade	43
4.3	Análises pelo método AMMI	53
5	CONCLUSÕES.....	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com aproximadamente 67,79 milhões de toneladas de grãos produzidos em uma área de aproximadamente 15,1 milhões de hectares, referente a duas safras (normal ou primeira safra e safrinha ou segunda safra). Por suas características fisiológicas a cultura tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtido rendimento superior a 12.682 t ha⁻¹ em concursos conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de sementes no Brasil. No entanto o rendimento médio brasileiro foi de 4.481 kg ha⁻¹ na primeira safra e 5.133 kg ha⁻¹ na segunda safra (CONAB, 2012).

Das tecnologias que deram certo no início do século XX, a utilização de híbridos foi a que mais impulsionou o aumento na produtividade de grãos. Na safra 2009/10, 73% das sementes comercializadas no Brasil foram de híbridos, destacando-se os híbridos simples e triplos, pelo seu potencial de rendimento (GUIMARÃES et al., 2009), sendo a maioria transgênicos.

Todos os anos são obtidos milhares de híbridos nos programas de melhoramento de milho, que são considerados a base para os trabalhos de seleção. Assim, a cada fase do Programa de Melhoramento, o número de híbridos vai diminuindo, com a seleção dos mais promissores, enquanto se aumenta o número de locais de avaliação, até obter um grupo seletivo de híbridos com os melhores desempenhos e características agronômicas desejáveis, para o objetivo a que se destinam.

As diferenças entre os anos e as regiões de cultivo podem afetar o comportamento das cultivares devido, principalmente, à interação genótipo x ambiente. A avaliação dessa interação nos programas de melhoramento é de grande importância, cabendo ao melhorista quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizá-la ou aproveitá-la (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

O estudo da estabilidade fenotípica permite sintetizar o enorme volume de informações obtidas, caracterizando a capacidade produtiva, a adaptação às variações ambientais e a estabilidade de novas cultivares. Diversos autores estudaram a interação entre genótipos e ambientes, os conceitos e índices de

estabilidade, além de sugerirem alguns métodos para estimar a estabilidade fenotípica em plantas (RAIZER; VENCOVSKY, 1999).

Estudos de cultivares para combinações espaçamento x população de plantas normalmente são feitos utilizando-se testes de médias e regressão, conforme realizado por Kappes et al. (2011). A aplicação da metodologia de estabilidade e adaptabilidade poderá trazer nova contribuição nesse caso, tornando mais fácil o encaixe das cultivares na combinação apropriada.

O objetivo deste trabalho foi verificar a adaptabilidade (ampla e específica) e estabilidade de cinco cultivares de milho para ambientes constituídos pela combinação safras x espaçamentos x população de plantas, visando identificar cultivares de adaptabilidade ampla e específica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A cultura do milho

A cultura do milho representa hoje um dos principais cereais cultivados mundialmente, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias primas para a indústria tecnificada, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas constituintes nos grãos (KUNZ, 2006; SPRAGUE; DUDLEY, 1988). Na agricultura não só pelo grande progresso que tem havido no acúmulo de conhecimentos técnicos-científicos relacionados com essa espécie vegetal, mas também pelo grande valor econômico e imenso potencial que apresenta. Não existe nenhuma outra espécie de importância econômica que seja alvo de tão intensas pesquisas, de forma que esses resultados têm contribuído para o aperfeiçoamento do seu cultivo além de influenciar as técnicas empregadas em outras culturas de valor econômico (PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

De acordo com Fancelli (2000), o milho é uma cultura tradicional, que ocupa posição significativa no contexto nacional, quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Essas diferenças indicam que a cultura do milho pode e deve, ainda, ser trabalhada para alcançar patamares mais elevados.

2.2 Fatores que influenciam a produtividade da cultura do milho

Os altos rendimentos alcançados em lavouras são, geralmente, menores do que aqueles obtidos em condições experimentais. Para esta atividade existem diversos fatores que precisam ainda ser mais bem definidos, podendo ser destacado as variações do comportamento climático e suas interferências no desenvolvimento e produtividade; os efeitos de diferentes níveis de disponibilidade hídrica sobre o rendimento potencial das diferentes culturas; bem como a importância da definição adequada da época de semeadura para o desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas. Isso se deve a uma série de percalços típicos do local de cultivo, como desuniformidade da área (fertilidade e condições físicas do solo, compactação), desuniformidade na semeadura, aplicação de tratamentos culturais, ação

do vento e umidade irregular do solo. Em função dos eventos que ocorrem ao longo do ciclo da cultura, é possível estabelecer estádios de desenvolvimento caracterizados por alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente. A duração das fases fenológicas de uma cultura, avaliada pelo número de dias, varia entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das variações climáticas, como umidade relativa, temperatura do ar e do solo, chuva, radiação solar e fotoperíodo (COSTA, 1994). As variações de rendimento de grãos entre épocas de semeadura e entre anos estão altamente relacionadas às diferenças observadas nestes fatores (MUNDSTOCK; SILVA, 2005).

No entanto, a ampla variabilidade genética existente no milho tem favorecido o desenvolvimento de genótipos adaptados às mais diversificadas condições ambientais. Necessita-se, portanto, identificar e selecionar genótipos e práticas de manejo adequadas (SANGOI *et al.*, 2006).

Com relação ao clima sobre a cultura do milho, Sans, Morais e Guimarães (2006) salientam a importância relativa dos fatores que influenciam a estação de crescimento da cultura de milho que variam conforme a região do país. O regime de chuvas praticamente determina a disponibilidade de água no solo, afetando indiretamente também as taxas de radiação, uma vez que chuvas intensas limitam a radiação solar que chega à superfície. Para estes autores, por razões essencialmente econômicas, o milho tem sido plantado principalmente no período chuvoso, uma vez que a cultura demanda um consumo mínimo de água para garantir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação.

Atualmente os programas de melhoramento de milho, privados ou públicos, têm como objetivo o incremento da produtividade pelo aumento da tolerância aos estresses bióticos (pragas e doenças), maior densidade de plantas, resistência de plantas ao acamamento e melhor qualidade dos grãos. Os estresses abióticos também são considerados, como os fatores relacionados à fertilidade do solo e à disponibilidade hídrica. Alguns programas visam outras características além destas, como a obtenção de tipos especiais de milho com alta qualidade nutricional, pipoca, verde, doce e com maior teor de óleo (SOUZA JÚNIOR, 2001).

O sucesso na produção de milho está relacionado com a época de semeadura, sendo de grande importância conhecer os fatores ambientais de risco que tendem a minimizá-la. Dessa forma, quanto mais eficiente for o planejamento

das atividades relacionadas com a produção, maior será o sucesso com a cultura (SANS; MORAIS; GUIMARÃES, 2006).

Segundo Mota (1983), as principais variáveis limitantes são a deficiência hídrica, topografia, textura do solo, composição do solo, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita. Para o autor a escolha da época de semeadura, a variabilidade dos genótipos destaca-se no controle da deficiência hídrica valendo-se de mecanismos de escape, pois pode ser ajustada para evitar períodos de baixa precipitação durante estádios críticos e fazer coincidir as etapas de florescimento com períodos favoráveis de disponibilidade hídrica.

O desenvolvimento das plantas pode ser afetado por diferentes fatores, Letey (1985) destaca que dentre os principais está o armazenamento de água no solo, cujas restrições podem prejudicar a velocidade do fluxo de absorção de água pela planta.

Subbarão *et al.*, (1995) citam que os vegetais desenvolvem processos visando maior eficiência para a absorção e manutenção da água e entre os principais mecanismos desta adaptação à falta d'água, relatam o desenvolvimento do sistema radicular, a alta condutividade hidráulica na raiz (maximizar a captação de água), o controle da abertura estomática e a redução da área foliar (minimizar as perdas de água).

A época de semeadura é função desses fatores, cujos limites extremos são variáveis entre as diferentes regiões agroclimáticas (CRUZ *et al.*, 2006).

Conforme Matzenauer (1997) a previsão dos estádios fenológicos é importante no planejamento das melhores épocas de semeaduras e também nos estudos de adaptação de cultivares. Para Bergamaschi *et. al.* (2006) as aplicações da fenologia seriam para se determinar os períodos críticos das culturas à deficiência hídrica, auxiliar nos períodos em que há maior demanda de necessidade de água, na elaboração dos zoneamentos agrícolas, para épocas de melhor aplicação de fertilizantes, para a classificação de cultivares quanto à precocidade e no manejo de pragas.

A determinação da melhor época de semeadura em função das necessidades térmicas da cultura tem sido objeto de estudo por Lima *et al.* (1980), Pacheco (1982), Noldin; Mundstock (1988), Souza (1989), Oliveira (1990); Brunini (1997), colocando em evidência a necessidade de se trabalhar, em termos de manejo, com a relação funcional entre fenologia e graus-dia. Essa tendência pode ser revertida se

não houver déficit hídrico e ocorrer uma redução na temperatura do ar, nos meses de fevereiro-março.

A manipulação do arranjo de plantas em milho, através de alterações na densidade de plantas, de espaçamentos entre linhas, de distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas, é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos (ARGENTA *et al.*, 2001b).

A adequação do material genético em função das condições otimiza o desempenho fisiológico, minimizando custos e maximizando rendimento de grãos.

Um dos objetivos da modificação do arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é encurtar o tempo necessário para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente e com isso incrementar a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo.

As vantagens do uso de menores espaçamentos entre linhas estão relacionados com a maior cobertura do solo e com isso a menor perda de água por evaporação (MUNDSTOCK, 1978), com a maior competição com plantas daninhas e principalmente, com o melhor aproveitamento do ambiente pelas plantas (DUNCAN, 1984; PENDLETON *et al.*, 1968), onde a diminuição da competição intraespecífica favorece individualmente absorção de nutrientes água, luz e CO₂ pelas plantas de uma comunidade. Desta forma, o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona uma distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura devido, principalmente, ao melhor aproveitamento do ambiente pelas mesmas (PENDLETON; EGLI; PETERS, 1967).

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

No Brasil, rendimentos elevados têm sido obtidos com a utilização de práticas e técnicas empregadas para obtenção de maior rendimento de milho. A escolha da densidade ideal de semeadura e do melhor arranjo de plantas na área estão entre as mais importantes. A população e arranjo de plantas na cultura, são dois dos principais fatores que determinam o rendimento, além do potencial de rendimento dos híbridos que tem aumentado significativamente. A redefinição do arranjo espacial de plantas, pela diminuição do espaçamento entre fileiras e/ou aumento da densidade populacional, pode ser uma excelente oportunidade para que o produtor aumente a sua rentabilidade sem custos adicionais (PEREIRA FILHO; CRUZ, 2008).

A redução do espaçamento entre linhas também pode ser importante no contexto da preocupação crescente atual com a preservação dos recursos naturais, para diminuir os impactos negativos de adoção de algumas práticas de manejo na agricultura. Nesse sentido, a possibilidade de se reduzir a dose de herbicida no controle de plantas daninhas, com redução do espaçamento entre linhas é muito importante, uma vez que seus resíduos podem ser encontrados tanto na superfície do solo como no lençol freático. A redução do espaçamento entre linhas também é benéfica do ponto de vista da conservação do solo e da água, por antecipar o fechamento dos espaços entre as linhas de cultivo. Com pequena quantidade ou ausência de resíduos da cultura anterior, a cobertura foliar antecipada do solo com uso de menor espaçamento entre linhas auxilia na sua proteção, diminuindo a ocorrência de escoamento superficial e as perdas de solo e água por erosão (SILVA *et al.*, 2006).

Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores; contudo, devido à interação, o efeito positivo da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades. Porém os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais (SANGOI *et al.*, 2003).

De maneira geral, híbridos mais precoces, com menor exigência em soma térmica para florescer, apresentam menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura; portanto requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal, para atingir seu potencial de rendimento (SANGOI *et al.*, 2001).

Os diferentes arranjos espaciais tem sido discutidos com maior frequência pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente, decorrente das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos, como forma de maximizar o rendimento de grãos pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes disponíveis num determinado agroecossistema (PALHARES, 2003).

Os pesquisadores trabalham com genótipos altamente responsivos à densidade populacional. Devido a este fator, verifica-se a necessidade de trabalhar com o manejo da cultura envolvendo a fertilidade dos solos, arranjo estrutural de plantas, ou seja, densidade populacional e espaçamento entre linhas, e níveis de adubação. Muito se tem debatido e discutido a respeito da necessidade de buscar híbridos mais adequados ao aumento de população e redução de espaçamento. É preciso lembrar que o milho tem alta interação com o ambiente de semeadura. Dessa forma, ele somente poderá expressar todo o seu potencial de rendimento se cultivado no ambiente recomendado.

As diferenças entre os anos e as regiões de cultivo podem afetar o comportamento das cultivares devido, principalmente, à interação genótipo x ambiente. A avaliação dessa interação nos programas de melhoramento é de grande importância, cabendo ao melhorista quantificar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias que possam minimizá-la ou aproveitá-la (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Uma cultivar é considerada ideal quando apresenta alta média de rendimento e baixo grau de flutuação em seu desempenho, quando cultivada sob diversas condições ambientais (SILVA, 2008), embora algumas vezes também seja interessante identificar cultivares adaptadas a ambientes específicos. Os ganhos em rendimento e qualidade dos materiais são resultados dos acumulados conhecimentos científicos originados dos diversos programas de melhoramento genético, principalmente os trabalhos sobre estabilidade fenotípica e adaptabilidade de plantas, assim como as técnicas evolutivas utilizadas nessas análises que permitiu um aumento dos ganhos genéticos, propiciados pela alocação otimizada de genótipos nos vários ambientes (LAVORANTI, 2003).

2.3 Interação genótipo x ambiente

É importante conhecer a magnitude das interações do tipo genótipos por ambientes. Esse conhecimento orienta o planejamento e estratégias do melhoramento, a recomendação das cultivares, além de ser determinante da sua estabilidade fenotípica, para uma dada região (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A avaliação de cultivares, das diversas espécies, em vários ambientes tem sido realizada com o propósito de verificar o seu comportamento diferencial, em resposta às variações sistemáticas e casuais do ambiente. Esse comportamento diferencial é atribuído à interação genótipo x ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

As causas dessa interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos específicos de cada genótipo cultivado. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a maturação, existe geralmente um comportamento diferenciado dos mesmos em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Para que as indicações de genótipos sejam mais seguras, devem ser tomadas medidas que controlem ou amenizem os efeitos da interação genótipo x ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

O método mais utilizado para a detecção da interação genótipo x ambiente é a Análise de Variância, usando análise conjunta de experimentos sendo a magnitude dessa interação determinada por meio de teste estatístico adequado, normalmente o teste F (ROCHA, 2002 apud CORREIA, 2007).

Montalván e Montaño-Velasco (1999) colocam que, para detectar essa interação, os diferentes genótipos devem ser avaliados em um ou mais ambientes contrastantes, e que a situação mais confortável é a ausência de interação que ocorre quando as cultivares apresentam comportamentos concordantes em todos os ambientes. Entretanto, essa situação não é a mais comum. Chaves (1982) citado por Vencovsky e Barriga (1992), analisou dados de milho, feijão comum e mandioca e verificou que apenas uma pequena parcela da interação é dessa natureza, com os ambientes agindo multiplicativamente sobre os genótipos.

A existência da interação está associada a dois fatores. Uma de natureza simples, quando não ocorre alteração das posições relativas dos genótipos avaliados, dentro de um conjunto de ambientes, tomados dois a dois. A outra,

chamada de complexa, ocorre quando a correlação entre o desempenho dos genótipos ao longo dos ambientes em estudo é baixa, o que faz com que a posição relativa dos genótipos seja alterada em virtude das diferentes respostas às variações ambientais (ROBERTSON, 1959).

Para que as indicações de genótipos sejam mais seguras, devem ser tomadas medidas que busquem controlar ou amenizar os efeitos da interação GxA. No sentido biométrico, duas abordagens são empregadas: a dos estudos de estabilidade e adaptabilidade de diferentes genótipos em que, segundo Cruz *et al.* (2004), procura-se particularizar as respostas de cada genótipo diante das variações ambientais, para identificar aqueles de adaptabilidade ampla ou específica e, ainda, os de comportamento previsível; e a relativa aos métodos de estratificação ambiental, por meio da análise da interação GxA.

Os fatores que causam a interação G x A podem ser classificados, de acordo com Allard e Bradshaw (1964), como previsíveis e imprevisíveis. Nos fatores previsíveis estão incluídos aqueles de efeitos permanentes como tipo de solo, fotoperíodo e aqueles em que o homem atua de forma direta como época de semeadura, tipo de adubação e métodos de colheita. Por outro lado, as variações imprevisíveis são aquelas que ocorrem ao acaso como as flutuações climáticas atípicas na quantidade e distribuição de chuvas e incidência de pragas e doenças.

O conhecimento dos aspectos relacionados com a interação genótipo x ambiente permite a definição de genótipos com adaptação ampla ou específica, a escolha de locais de seleção mais apropriados e a determinação do número ideal de ambientes e de genótipos a serem avaliados em cada fase de seleção (FOX *et al.*, 1997).

Vários autores têm apresentado propostas de métodos para o estudo da interação genótipo x ambiente (GxA), tanto para avaliar o comportamento de genótipos em relação à estabilidade fenotípica, quanto para o estabelecimento de critérios para a estratificação de ambientes. Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) descreveram um método de agrupamento de ambientes com base no algoritmo de Lin (1982), que consiste em estimar a soma de quadrados para a interação entre genótipos e pares de ambientes e, posteriormente, agrupar aqueles ambientes cuja interação é não significativa.

Conforme citado por Lavoranti (2003), os primeiros trabalhos para estudar a estabilidade e a adaptabilidade fenotípica tomavam como base a variância da

interação GxA (MAGARI; KANG, 1997; PLAISTED ; PETERSON,1959; WRICKE, 1962), dentre outros ; regressão linear simples (EBERHART; RUSSEL, 1966; FINLAY; WILKINSON, 1963); regressão múltipla (BARRETO, 1986; CRUZ *et al.*, 1989; SILVA; STORCK; VENCOVSKY, 1994; VERMA *et al.*, 1978) ; modelos não lineares (CHAVES *et al.*, 1989; ROSSE; VENCOVSKY, 2000). Destacam-se ainda os métodos multivariados, tais como a análise de componentes principais (ACP) (CROSSA, 1990); a análise de agrupamento (HANSON, 1994) e a análise AMMI (modelo de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa) proposta por Gauch e Zobel (1996). Essa técnica tem utilidade tanto na identificação de genótipos produtivos e adaptados, como no estabelecimento de "zonas de adaptação", com a finalidade de recomendação regionalizada, além de auxiliar na seleção dos locais mais apropriados para os testes de avaliação. O modelo AMMI possibilita ainda a elaboração de um gráfico, onde são plotados os escores dos efeitos da interação, para cada genótipo e para cada ambiente, simultaneamente, fornecendo informações sobre a estabilidade dos genótipos e critérios para o zoneamento (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Deon (2004) também propõe o método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos preditos que permite selecionar genótipos, simultaneamente, por rendimento e estabilidade e adaptabilidade.

A presença de interação G x A exige do melhorista estudo detalhado do comportamento tanto das cultivares quanto do ambiente (MURAKAMI; CRUZ, 2000). Assim, dois enfoques podem ser dados. Primeiro prever os fatores ambientais locais que estejam aumentando a interação e quais os que podem ser agrupados em regiões onde a interação seja mínima. Outro enfoque está em selecionar populações para esses diferentes estratos, que seja estudar a adaptabilidade e estabilidades das cultivares (SHELBOURNE; CAMPBELL, 1976; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

2.4 Estudos da interação genótipo x ambiente em milho

Apesar das mudanças que vêm ocorrendo na comercialização dos diferentes tipos de híbridos, a diferença de rendimento de grãos entre eles não é muito acentuada (SALEH *et al.*, 2002). Assim, a adoção generalizada de um determinado tipo de híbrido deve ser feita com cautela. Nem sempre os melhores híbridos são os

mais estáveis, pois diferem quanto ao grau de heterosigozidade e heterogeneidade, o que repercute diretamente na contribuição da interação genótipos x ambientes (BECKER; LÉON, 1988).

Híbridos simples, triplos e duplos de diversas origens têm sido comparados, e os simples são os que mais contribuem para a interação de genótipos por ambientes, seguidos dos híbridos triplos e duplos (RIBEIRO *et al.*, 2000; TORRES, 1988).

Os trabalhos de comparação existentes, no entanto, utilizam híbridos provenientes de diferentes backgrounds genéticos, o que torna os resultados pouco informativos no que se refere à avaliação das diferenças dos diferentes tipos de híbrido, em termos de rendimento e estabilidade. Nesse caso, uma opção seria avaliar o rendimento e a estabilidade de diferentes tipos de híbrido obtidos de um mesmo conjunto de linhagens.

Existem diversas metodologias destinadas à avaliação da interação genótipos x ambientes, e a escolha do método mais adequado depende dos dados experimentais, especialmente do número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. O método da ecovalência, descrito por Wricke e Weber (1986), estima a contribuição de cada genótipo para a interação genótipos x ambientes. Contudo, técnicas multivariadas têm ganhado espaço nesse tipo de estudo nos últimos anos, em virtude da popularização do uso de computadores e de modernos pacotes estatísticos que permitem que os complexos cálculos com álgebra de matrizes e modelos lineares, demandados por essas técnicas, sejam realizados facilmente. O método AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis) é uma dessas técnicas multivariadas e considera modelos aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e multiplicativos para os efeitos da interação G x A (CROSSA *et al.*, 1990).

As metodologias para as análises da estabilidade e adaptabilidade fenotípica baseiam-se na avaliação de um grupo de genótipos em vários ambientes. Tais metodologias são fundamentadas na existência da interação genótipo com ambiente. Assim, esses procedimentos são complementares ao da análise de variância individual e conjunta, com dados experimentais resultantes de ensaios realizados em uma série de ambientes.

Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a adaptabilidade e a estabilidade, embora sejam fenômenos relacionados, não devem ser considerados como um só.

Nesse sentido, vários métodos genético-estatísticos foram propostos para medir a estabilidade e a adaptabilidade fenotípica. Suas diferenças provêm dos vários conceitos empregados e dos diferentes procedimentos estatísticos utilizados para suas determinações.

2.5 Principais conceitos de adaptabilidade e estabilidade

Lewis (1954) relatou a estabilidade fenotípica como a capacidade de um indivíduo ou de uma população, de produzir variações mínimas de fenótipos em diferentes ambientes.

Finlay e Wilkinson (1963) definiram estabilidade média de uma forma dinâmica, para caracterizar uma cultivar cujo rendimento varia de acordo com a capacidade dos ambientes em proporcionar altos ou baixos rendimentos. Allard e Bradshaw (1964) apresentaram como cultivar estável, aquela que apresenta potencial para ajustar o seu estado genotípico e fenotípico às flutuações ambientais.

Para Eberhart e Russel (1966) e Mariotti et al. (1976), a adaptabilidade refere-se à capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente os estímulos do ambiente. Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) conceituaram adaptabilidade da mesma forma e comentaram que estabilidade refere-se à capacidade de os genótipos mostrarem um comportamento altamente previsível, em função do estímulo ambiental.

Heinrich *et al.* (1983) descreveram estabilidade de rendimento, como a capacidade de um genótipo de evitar flutuações substanciais na produção sobre vários ambientes.

Lin *et al.* (1986) sugeriram três conceitos: a) na estabilidade do tipo 1, a cultivar será considerada estável se sua variância entre ambientes for pequena; b) na do tipo 2, a cultivar será estável se sua resposta aos ambientes for paralela ao desempenho médio de todas as cultivares avaliadas nos experimentos; e c) na do tipo 3, será estável a cultivar que apresentar o quadrado médio do desvio de regressão do seu rendimento com o índice ambiental (média do ambiente menos a média geral de todos os genótipos em todos os ambientes) baixo, próximo a zero, ou seja, alta confiabilidade na resposta estimada.

Becker e Léon (1988) dividem estabilidade em dois tipos: estática e dinâmica. A estática, associa aqueles genótipos que apresentam desempenho constante com

as variações ambientais. Esse tipo de estabilidade é desejável quando se quer preservar determinada característica genética. A dinâmica associa os genótipos que apresentam um comportamento previsível dentro das variações ambientais. Tanto para o tipo 3 de Lin *et al.* (1986), como para o tipo dinâmico de Becker e Léon (1988), utiliza-se a análise estatística por regressão para medir a previsibilidade da variação.

Yue *et al.* (1997), denotaram estabilidade como sendo a consistência no ranqueamento relativo de cultivares, num dado grupo de ambientes.

Lin *et al.* (1986), identificaram quatro grupos de parâmetros estatísticos necessários para a avaliação da estabilidade. No grupo A - as estimativas são obtidas a partir dos efeitos genotípicos; no grupo B - são baseadas na variância da interação genótipo com ambiente; no grupo C - são baseadas nos coeficientes de regressão; no grupo D - são baseadas nos desvios de regressão. Na interpretação desses parâmetros, as estimativas dos grupos A e B avaliam a estabilidade do tipo biológica, refletindo a uniformidade de rendimento entre os diversos ambientes, característica que, logicamente, será desejável em genótipos com boa produtividade. As estimativas do grupo C explicam o comportamento do genótipo em termos do nível de resposta ao ambiente, indicando o tipo de adaptação, geral ou específica. As estimativas do grupo D expressam a confiabilidade no nível de resposta ao ambiente do genótipo, ou estabilidade do tipo agrônômica. Os autores apresentaram uma proposta de conceituação para a estabilidade fenotípica em função dos diversos parâmetros de avaliação. No Tipo 1- o genótipo é considerado estável se a variância entre ambientes é pequena, e estão associadas ao conceito de estabilidade no sentido biológico ou estático, que são altamente dependentes do grupo de ambientes escolhidos. Apresentam como restrição, o fato de terem pouca utilidade para conjuntos de muitos ambientes, embora possam ser úteis em áreas geográficas mais restritas. Esse tipo de estabilidade está associada a respostas relativamente pobres, em ambientes de baixos rendimentos e baixos rendimentos em ambientes altamente produtivos. No Tipo 2- o genótipo é considerado estável se sua resposta aos ambientes é paralela à resposta média de todos os genótipos do experimento. Está ligado ao conceito de estabilidade agrônômica e depende do grupo de genótipos avaliados. No Tipo 3- o genótipo é considerado estável se a relação entre o quadrado médio do resíduo da regressão e o índice ambiental é

pequena. As estatísticas mostram o quanto os dados se ajustam bem à regressão, mas não estabelecem relação direta com a estabilidade dos genótipos.

Vencovsky e Torres (1988) apontaram a estabilidade espacial e a estabilidade temporal, enfatizando que a estabilidade espacial é sinônimo de adaptabilidade. Espera-se bom rendimento sem que haja interações com as flutuações climáticas existentes entre anos. Fox *et al.* (1997) seguiram essa mesma linha de conceito e usaram os termos adaptabilidade e estabilidade para referirem-se às dimensões, espacial e temporal, respectivamente.

Vencovsky e Barriga (1992) chamaram a atenção para a existência de grupos de pesquisadores que preferiam utilizar o termo estabilidade para referirem-se à maior habilidade apresentada por certos genótipos, para adaptarem-se às flutuações climáticas ao longo de anos agrícolas, dentro de uma localidade. O termo adaptabilidade seria, nesse caso, empregado para designar a adaptação ecológica a diferentes ambientes, tais como locais ou outras condições geográficas.

Como relatado, existem na literatura muitos conceitos de estabilidade. Porém, os autores têm utilizado as terminologias de Finlay e Wilkinson (1963) e de Eberhart e Russel (1966) ou variações das mesmas. Alguns deles têm certa concordância, ou seja, genótipo estável seria aquele que, quando cultivado em vários ambientes responde à melhora ou piora do ambiente, mas apresenta pouca oscilação dessa resposta para o caráter avaliado.

Nesse sentido, o conceito de estabilidade é muito importante para os melhoristas de plantas, cujo interesse está na obtenção de cultivares que se comportem bem não apenas em um ambiente particular, mas também em amplas faixas de cultivo, onde ocorrem diferentes condições ambientais. O ambiente em questão pode ter várias interpretações, como locais (solo, clima, etc.), anos, épocas, sistemas de semeadura e colheita, técnicas de cultivo, etc.

É importante ressaltar que, os parâmetros que determinam a estabilidade, são específicos para os materiais avaliados, bem como para os ambientes analisados, sendo errôneo inferir esses resultados para outros materiais e ambientes (YATES; COCHRAN, 1938).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

Os experimentos foram conduzidos em 2009 e 2010/11, na área experimental pertencente à UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, situada a aproximadamente 20° 20' de latitude Sul e 51° 24' de longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 335 m. O relevo é caracterizado como moderadamente plano e ondulado.

A área experimental estava sendo cultivada em sistema de semeadura direta há mais de cinco anos e irrigada por aspersão por sistema pivô central fixo. No período de inverno de 2008, a área foi cultivada com feijão, permanecendo em pousio até julho/2009, quando foram instalados os dois experimentos. A área foi novamente cultivada com feijão de inverno em 2010 e a instalação dos dois outros experimentos foi feita em dezembro/2010.

3.2 Caracterização do solo

O solo predominante da área, conforme a nova denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa, o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 26 anos.

Antes da instalação dos dois primeiros experimentos, foram realizadas amostragens do solo na camada de 0 a 0,2 m, para análise conforme metodologia descrita por Rajj *et al.* (1996), cujos resultados constam na Tabela 1.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial com cinco híbridos (Tabela 2), 5 populações de plantas (50.000, 60.000, 70.000, 80.000 e 90.000 plantas ha⁻¹), dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m) e duas épocas (julho/2009 e novembro/2010). Cada combinação espaçamento x épocas foi considerado como um experimento (Figura 1). Os

experimentos de 2009 foram conduzidos e analisados por Kappes *et al.* (2011), pela metodologia tradicional (testes de médias e regressão).

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental na camada de 0 a 0,2 m. Selvíria–MS, 2009¹.

Macronutrientes e resultados complementares											
pH	P ⁽²⁾	S ⁽³⁾	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	MO
CaCl ₂	-mg dm ⁻³ -		-----mmol _c dm ⁻³ -----							(%)	g dm ⁻³
5,4	15	1	3,4	24	15	0	25	42,4	67,4	63	28
Micronutrientes											
B		Cu		Fe		Mn		Zn			
-----mg dm ⁻³ -----											
0,25		2,9		22		26,6		0,6			

⁽¹⁾ Método de análise do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos (DEFERS/FEIS/UNESP); ⁽²⁾ Método da Resina; ⁽³⁾ SO₄⁻². **Legenda:** pH – pH em cloreto de cálcio; SB – soma de bases; CTC – capacidade de trocar cátions a pH 7,0; V – saturação por bases; MO – matéria orgânica. Fonte: Elaborada pela autora com os resultados do Laboratório.

Os experimentos foram conduzidos em sistema de semeadura direta de forma manual com a utilização de matracas, sendo as covas espaçadas de forma equidistantes de acordo com cada população de plantas. Foi semeado o dobro da quantidade de sementes necessária, sendo realizado o desbaste quando as plantas apresentavam cinco folhas completamente expandidas, objetivando ajustar a população ideal em cada parcela. Para o controle de plantas invasoras, doenças e insetos praga, especialmente lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), foram utilizados produtos específicos para cada caso.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro e oito linhas de cinco metros de comprimento, respectivamente para os espaçamentos entre linhas de 0,9 e 0,45 m, sendo utilizadas para coleta dos dados experimentais somente as duas e as quatro linhas centrais, respectivamente. Desse modo, a área total de cada parcela foi de 18 m² e área útil de 7,2 m² para ambos os espaçamentos.

Tabela 2 - Principais características agrônômicas dos híbridos de milho utilizados no estudo. Selvíria – MS, Brasil (2012).

Característica	Híbridos				
	XB 6010	XB 6012	XB 7253	XB9003	AG9010
Tipo	simples	simples	triplo	simples	simples
Ciclo	superprecoce	precoce	precoce	superprecoce	superprecoce
Graus-dia ¹	SI	SI	845	810	770
Stay Green	SI	acentuado	bom	bom	excelente
Altura de planta (m)	2,1	2,0 a 2,25	2,2 a 2,3	1,8 a 1,95	2,0
Prolificidade	SI	excelente	regular	regular	SI
Resistência ao acamamento	média	média/alta	alta	alta	alta
Época de semeadura	C/N/S	C/N/S	C/N/T/S	C/N/S	C/N/S
Tecnologia	média/alta	média/alta	média/alta	média/alta	alta
População ²	50 a 55 / 45 a 50	50 a 55 / 40 a 45	50 a 55 / 40 a 45	55 a 60 / 50 a 55	65 a 70 / 55 a 60
Empresa	Semeali	Semeali	Semeali	Semeali	Monsanto

Legenda: C – cedo; N – normal; T – tarde; S – safrinha; SI – sem informação; BT – baixa tolerância; ¹ acúmulo de temperatura (unidade térmica) no período emergência-florescimento; ² mil plantas ha⁻¹ na safra normal/mil plantas ha⁻¹ na safrinha.

Fonte: BRASIL (2008).

3.4 Avaliações fitotécnicas

O florescimento foi avaliado pelo número de dias, contabilizados a partir da semeadura, para que 50% das plantas na área útil das parcelas apresentassem os estilo-estigmas (“cabelos”) emitidos com no mínimo 3 cm de comprimento, correspondendo ao estágio 5, de acordo com a escala fenológica proposta por Fancelli e Dourado Neto (1997).

O acamamento foi determinado pelo percentual de plantas acamadas (colmo formando ângulo maior ou igual a 20° com a vertical), enquanto que o quebramento foi considerado como a porcentagem de plantas com o colmo quebrado abaixo da inserção da espiga principal em relação ao estande final (número total de plantas na área útil da parcela) por ocasião do ponto de colheita. Para as análises foi considerado o caráter porcentagem de acamamento mais quebramento.

Figura 1 – Croqui dos experimentos com dois espaçamentos (0,45 e 0,90 m), cinco híbridos (H1, H2, H3, H4 e H5) e cinco populações de plantas (P1 = 50.000, P2 = 60.000, P3 = 70.000, P4 = 80.000 e P5 = 90.000), conduzidos em cada uma das duas épocas.

		Bloco 1					Bloco 2					Bloco 3					Bloco 4				
Exp. com esp. de 0,45 m		H2 P1	H2 P3	H5 P1	H3 P3	H2 P2	H2 P5	H5 P3	H1 P5	H3 P1	H4 P1	H4 P5	H2 P1	H2 P2	H5 P3	H1 P5	H4 P5	H2 P1	H2 P2	H5 P3	H1 P5
		H4 P2	H3 P2	H1 P4	H4 P3	H1 P3	H5 P4	H3 P5	H1 P1	H5 P5	H2 P4	H3 P3	H1 P2	H1 P3	H3 P5	H1 P1	H3 P3	H1 P2	H1 P3	H3 P5	H1 P1
		H2 P5	H5 P3	H1 P5	H3 P1	H4 P1	H4 P2	H3 P2	H1 P4	H4 P3	H1 P3	H5 P4	H3 P1	H4 P1	H4 P2	H3 P2	H2 P5	H4 P4	H1 P4	H4 P3	H5 P1
		H5 P4	H3 P5	H1 P1	H5 P5	H2 P4	H1 P2	H4 P4	H5 P2	H3 P4	H4 P5	H5 P2	H3 P4	H3 P1	H4 P1	H2 P3	H5 P2	H3 P4	H3 P1	H4 P1	H2 P3
		H1 P2	H4 P4	H5 P2	H3 P4	H4 P5	H2 P1	H2 P3	H5 P1	H3 P3	H2 P2	H2 P5	H4 P4	H1 P4	H4 P3	H5 P1	H5 P4	H3 P1	H4 P1	H4 P2	H3 P2
Exp. com esp. de 0,90 m		H2 P5	H4 P4	H1 P4	H4 P3	H5 P1	H1 P5	H4 P1	H3 P1	H2 P5	H5 P3	H1 P4	H1 P3	H4 P3	H4 P2	H3 P2	H5 P1	H3 P3	H2 P1	H2 P2	H2 P3
		H5 P4	H3 P1	H4 P1	H4 P2	H3 P2	H1 P1	H2 P4	H5 P5	H5 P4	H3 P5	H5 P2	H4 P5	H3 P4	H1 P2	H4 P4	H1 P4	H4 P3	H4 P2	H1 P3	H3 P2
		H4 P5	H2 P1	H2 P2	H5 P3	H1 P5	H1 P4	H1 P3	H4 P3	H4 P2	H3 P2	H5 P1	H2 P2	H3 P3	H2 P1	H2 P3	H1 P5	H3 P1	H2 P5	H4 P1	H5 P3
		H3 P3	H1 P2	H1 P3	H3 P5	H1 P1	H5 P2	H4 P5	H3 P4	H1 P2	H4 P4	H1 P1	H2 P4	H5 P5	H5 P4	H3 P5	H1 P1	H5 P5	H5 P4	H2 P4	H3 P5
		H5 P2	H3 P4	H3 P1	H4 P1	H2 P3	H5 P1	H2 P2	H3 P3	H2 P1	H2 P3	H1 P5	H4 P1	H3 P1	H2 P5	H5 P3	H5 P2	H3 P4	H1 P2	H4 P5	H4 P4

Fonte: Elaborada pela autora.

O rendimento de grãos foi obtido a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas da área útil da parcela, convertido para kg ha⁻¹ com de 13% teor de água (base úmida).

3.5 Análise estatística dos resultados

Foi realizada uma análise de variância para cada experimento (Tabela 3) com o objetivo de verificar a homogeneidade da variância residual, além de permitir a identificação de híbridos adaptados à épocas específicas. O modelo fixo adotado foi

$$Y_{ijk} = \mu + h_i + p_j + b_k + e_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ijk} = valor observado do i-ésimo híbrido, na j-ésima população e k-ésimo bloco;

μ = média geral do experimento;

h_i = efeito de híbridos ($i = 1, \dots, 5$);

p_j = efeito de populações de plantas ($j = 1, 2, \dots, 5$)

b_k = efeito de blocos ($k = 1, \dots, 4$); e

e_{ijk} = erro aleatório associado à observação Y_{ijk} .

Tabela 3 – Esquema da análise de variância individual.

F.V	GL	QM	F
Blocos	3	QMB	QMB/QMR
Híbridos	4	QMH	QMH/QMR
Populações	4	QMP	QMP/QMR
Híbridos x Populações	16	QMHP	QMHP/QMR
Resíduo	72	QMR	
Total	99		

Fonte: Elaborada pela autora.

A análise conjunta foi realizada considerando cada combinação época x espaçamento x população como um ambiente (Tabela 4) conforme o seguinte modelo fixo:

$Y_{ijk} = \mu + b_{j(ik)} + a_k + h_i + ha_{(ik)} + e_{ijk}$, onde:

Y_{ijk} = valor observado do i -ésimo híbrido no j -ésimo bloco, no k -ésimo ambiente;

μ = média geral de todos os experimentos;

$b_{j(ik)}$ = efeito de blocos dentro de ambientes ($j = 1, \dots, r$);

a_k = efeito de ambientes ($k = 1, 2, 3, \dots, a$);

h_i = efeito de híbridos ($i = 1, \dots, h$);

ha_{ik} = efeito da interação híbridos x ambientes;

e_{ijk} = erro aleatório associado à observação Y_{ijk} .

Essa análise teve o objetivo de detectar interações de híbridos com ambientes para, em seguida, ser realizada a análise de estabilidade e adaptabilidade, utilizando-se o método de regressão linear bissegmentada, proposto por Cruz *et al.* (1989), cujo modelo estatístico é

$$Y_{ij} = \beta_{0r} + \beta_{1r} I_j + \beta_{2r} T(I_j) + \delta_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}, \text{ em que:}$$

Tabela 4 – Esquema da análise de variância conjunta, envolvendo todos os experimentos (espaçamentos) e épocas.

Fontes de Variação	GL		QM	F
	teórico	real		
Blocos/A	a(r-1)	60	QMB	QMB/QMR
Híbridos (H)	h-1	4	QMH	QMH/QMR
Ambientes (A)	a-1	19	QMA	QMA/QMR
H x A	(h-1)(a-1)	76	QMHA	QMHA/QMR
A/H	h(a-1)	95	QMA/H	QMA/H/QMR
XB6010	a-1	19	QMAH1	QMAH1/QMR
XB9003	a-1	19	QMAH2	QMAH2/QMR
XB6012	a-1	19	QMAH3	QMAH3/QMR
XB7253	a-1	19	QMAH4	QMAH4/QMR
AG9010	a-1	19	QMAH5	QMAH5/QMR
Erro médio	a(r-1)(h-1)	240	QMR	
Total	ahr-1	399		

Fonte: Elaborada pela autora.

Y_{ij} = rendimento médio do i-ésimo híbrido no j-ésimo ambiente (combinações épocas x espaçamentos x populações);

β_{oi} = média do i-ésimo híbrido;

β_{1i} = resposta linear aos ambientes desfavoráveis;

β_{2i} = componente da resposta linear aos ambientes favoráveis;

$I_j = \frac{Y_{.j}}{g} - \frac{Y_{..}}{ag}$ = índice ambiental;

$T = 0$ se $I_j < 0$ e $I_j - I_+$ se $I_j > 0$, sendo I_+ a média dos índices I_j positivos;

δ_{ij} = desvios da regressão;

$\bar{\varepsilon}_{ij}$ = erro médio experimental.

A utilização dos índices I_j , considerada inicialmente por Finlay e Wilkinson (1963), foi estendida para outros métodos por serem indicativos mais coerentes da qualidade dos ambientes avaliados. A interpretação dos valores de I_j depende do caráter considerado. Para rendimento os valores negativos de I_j identificam os piores ambientes e os positivos os melhores. Para florescimento os valores negativos indicam ambientes que favorecem a diminuição do ciclo da cultura e os positivos o

aumento do ciclo. Para acamamento e quebramento, os valores positivos indicam ambientes onde ocorreram fatores indesejáveis que causam mais quebras e acamamento.

Por esse método, uma cultivar ideal, do ponto de vista do rendimento de grãos, será aquela com média alta, coeficiente de regressão menor do que um ($\beta_{1i} < 1$) para ambientes desfavoráveis e maior do que um ($\beta_{1i} + \beta_{2i} > 1$) para ambientes favoráveis. O parâmetro de estabilidade é o quadrado médio dos desvios da regressão que sendo próximo de zero indicará genótipo estável (previsível) e sendo significativamente diferente de zero indicará genótipo não estável (pouco previsível). O coeficiente de determinação (R^2) poderá ser utilizado como medida auxiliar na definição da estabilidade das cultivares, pois expressará a adequação do modelo utilizado.

Na análise do florescimento os coeficientes de regressão vão indicar a maior ou menor sensibilidade dos genótipos aos fatores que determinam o aumento ou diminuição do ciclo. A tendência será considerar como ideais aqueles genótipos com médias baixas e coeficientes de regressão menores que a unidade, levando em consideração que se deseja cultivares precoces. Para acamamento mais quebramento a interpretação é parecida no que se refere à adaptabilidade. Quanto à estabilidade a interpretação é a mesma para qualquer dos caracteres, pois é interessante que os genótipos sejam previsíveis.

Para rendimento de grãos também foi realizada a análise de estabilidade e adaptabilidade pelo método AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*), buscando auxílio na identificação dos melhores ambientes para cada híbrido, que pode ser inferido a partir do gráfico dos escores genotípicos e ambientais calculados com base na interação genótipos x ambientes e os rendimento de cada híbrido e cada ambiente.

A análise AMMI (ZOBEL *et al.*, 1988) combina componentes aditivos para genótipos e ambientes (efeitos principais), e componentes multiplicativos para a interação (DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Além dos efeitos principais os demais termos resultam da análise de componentes principais aplicadas à matriz de interações $GA_{(ga)} = [(\widehat{ga})_{ij}]$, sendo $(\widehat{ga})_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..}$.

O modelo é: $Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$, onde Y_{ij} é a resposta média do genótipo i no ambiente j ; μ é a média geral das respostas; g_i é o efeito fixo

do genótipo i ($i=1, 2, \dots, 5$); a_j é o efeito fixo do ambiente j ($j=1, 2, \dots, 20$); λ_k é o k -ésimo valor singular de GA (escalar); γ_{ik} é o elemento correspondente ao i -ésimo genótipo no vetor singular g_k (vetor singular coluna); α_{jk} é o elemento correspondente ao j -ésimo ambiente no vetor a_k (vetor singular linha); ρ_{ij} é o resíduo da análise de componentes principais (ACP) presente na $SQ_{G \times A}$; $\bar{\epsilon}_{ij}$ é o erro experimental médio, assumido independentemente; k é o índice dos eixos principais da ACP aplicada à matriz GA ($k=1, 2, \dots, p$), sendo p o posto da matriz GA, com mínimo entre $(g-1)$ e $(a-1)$; n é o número de eixos ou componentes principais selecionados para descrever o padrão da interação $G \times A$.

A interpretação da estabilidade no gráfico biplot AMMI foi realizada a partir da distância dos pontos representativos dos genótipos e ambientes ao escore zero. Assim, os pontos que pouco contribuem para a interação apresentam menor distância, indicando maior estabilidade.

No presente trabalho, foram considerados 20 ambientes que são as combinações entre épocas (duas), densidades de plantas (cinco) e espaçamentos (dois). O melhor índice ambiental poderá indicar a melhor combinação dos fatores para cada caráter de cada híbrido. As análises foram realizadas pelo programa GENES (CRUZ, 2006) e pelo software estatístico R versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância conjunta

Na análise considerando cada combinação época x espaçamento como um experimento houve interação significativa de experimentos com genótipos para todos os caracteres analisados. O mesmo aconteceu com populações, indicando que tanto os genótipos como o arranjo das plantas de milho diferem significativamente a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 5), Carvalho *et al.* (2001) obtiveram resultados parecidos. A presença de interação cultivares de milho e ambientes para produtividade de grãos é relatada na literatura (GONÇALVES, 1997; RIBEIRO *et al.*, 2000). Ainda com referência às interações, não houve significância apenas para híbridos x populações (acamamento mais quebramento) e a interação tripla para florescimento feminino.

Quando as combinações época x espaçamentos x populações de plantas foram consideradas ambientes (Tabela 6), híbridos, ambientes e a interação híbridos x ambientes foram significativas para FF e RG. Com isso entende-se que a análise de estabilidade e adaptabilidade possa ser realizada apenas para esses caracteres. Os coeficientes de variação foram baixos para esses caracteres, conferindo boa precisão aos experimentos, de acordo com Pimentel-Gomes (1990) e Scapim *et al.* (1995).

Pelo desdobramento de ambientes dentro de híbridos (Tabela 6) verifica-se significância para todos os híbridos para RG. Pela interpretação antiga de estabilidade (método tradicional), isso indicaria instabilidade para todos os híbridos em estudo. O híbrido AG9010 seria estável para FF e AQ e os híbridos XB9003 e XB6012 para AQ. A presença da interação de cultivares com ambientes tem sido destacada em diversos trabalhos (CARNEIRO, 1998; CARVALHO *et al.* 2002a, 2002b; GAMA *et al.* 2000; RIBEIRO *et al.* 2000), sendo necessário atenuar o seu efeito pela recomendação de materiais de melhor estabilidade fenotípica (RAMALHO *et al.*, 1993).

Considerando todos os ambientes o híbrido AG9010 foi o mais precoce (48,7 dias). Segundo Cantarella e Duarte (2004), temperatura média elevada provoca o

encurtamento do ciclo da cultura, tendo seu ciclo regulado pelo acúmulo de graus dia, ficando em segundo lugar o XB9003 (54,7 dias) e em terceiro o XB6010 (55,1 dias) (Tabela 7). Os mais tardios foram XB6012 (59,1 dias) e XB7253 (57,3 dias).

O híbrido XB6012 foi o mais tardio, com valores entre 61 e 63 dias para o florescimento na segunda época de semeadura (julho). Este mesmo híbrido, na época da safra normal também foi o mais tardio, mas com médias um pouco mais baixas, entre 55 e 57 dias, devido à maior soma térmica diária, comum nessa época.

O híbrido XB6010 também se mostrou tardio com médias entre 55 a 58 dias para o florescimento na época da safrinha, mostrando o mesmo comportamento que o híbrido XB6012, onde os valores médios na safrinha para dias de florescimento foram maiores. Na época da safra normal, eles ainda continuam tardios, porém com médias menores de 52 a 55 de dias, independentemente do espaçamento e densidade populacional.

Para AQ (Tabela 8), não houve diferenças significativas entre híbridos, entre ambientes e para a interação. Oliveira *et al.* (2007) também se depararam com a mesma situação. O coeficiente de variação foi alto (136,9%), indicando que os fatores ambientais atuaram de maneira diferente nas parcelas experimentais. Valores altos para esse coeficiente também foram encontrados por Pacheco *et al.*, (1998). O acamamento pode ser definido como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à posição original, o que resulta em plantas recurvadas e até mesmo na quebra de colmos. O primeiro e o segundo entrenós, da porção basal do colmo com maior comprimento, mostraram correlação positiva com a predisposição ao quebramento, em comparação a genótipos com entrenós basais de menor comprimento (PINTHUS, 1973). O acamamento muitas vezes causa a ruptura dos tecidos, o que interrompe a vascularização do colmo e impede a recuperação da planta; afeta a estrutura anatômica essencial para o transporte de água e nutrientes. Quanto mais cedo se manifestar no ciclo de vida da planta, menor serão o rendimento e a qualidade dos grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991).

Tabela 5 - Quadrados médios da análise de variância conjunta para os caracteres dias para florescimento feminino (FF), porcentagem de acamamento mais quebraamento (AQ) e rendimento de grãos (RG), considerando cada combinação época x espaçamento como um experimento, em Selvíria-MS.

F.V	GL	FF	AQ	RG
Blocos/Exp	12	3,1113**	6,9879**	1104055,4**
Experimentos (Exp)	3	487,7706**	7,0231*	1569230952**
Híbridos (H)	4	1242,3325**	8,4566**	15812700,5**
Populações (P)	4	14,8263**	9,5422**	14563145,8**
H x P	16	1,6348*	3,4828	637569,3*
Exp x H	12	34,9437**	2,8138**	2844024,2**
Exp x P	12	2,0446*	2,8119**	1533187,2**
Exp x P x H	48	1,1666	1,4564*	560894,3*
Resíduo	288	1,0589	2,4400	361268,3
CV (%)		1,87	134,90	7,48
Médias		55,02	1,16	8031,1

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância conjunta para dias para florescimento feminino (FF), porcentagem de acamamento mais quebraamento (AQ) e rendimento de grãos (RG), em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Fontes de Variação	GL	FF	AQ	RG
Blocos/A	60	1,5175	3,0525	457062,37
Híbridos (H)	4	1238,6787*	8,38535	15799312,51**
Ambientes (A)	19	81,3593**	4,9581	28811646,03**
H x A	76	6,6459**	2,1118	939000,57**
A/H	(95)	21,5885**	2,6811	6513529,66**
A/XB6010	19	17,1710**	3,9341**	5707020,39**
A/XB9003	19	19,6316**	2,1949	5890342,42**
A/XB6012	19	39,9079**	1,7477	8556547,50**
A/XB7253	19	30,2204**	3,6885**	3479640,33**
A/AG9010	19	1,0123	1,8401	8934097,68**
RESÍDUO	240	1,05917	2,51145	374996,62
C.V%		1,87	136,87	7,62
Médias		55,02	1,16	8.031

*, ** - Significativos á 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F.

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 7 - Médias para florescimento feminino (dias) de cinco híbridos, em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Ambientes*	Época	Espaçamento	População	XB6010	XB9003	XB6012	XB7253	AG9010
1	Jul/09	45 cm	50.000	55,25 b	55,50 b	61,00 a	58,75 a	49,00 a
2	Jul/09	45 cm	60.000	57,00 a	54,75 c	62,00 a	59,00 a	49,00 a
3	Jul/09	45 cm	70.000	56,50 b	56,75 b	62,50 a	60,25 a	49,00 a
4	Jul/09	45 cm	80.000	56,75 a	56,75 b	62,25 a	60,00 a	49,00 a
5	Jul/09	45 cm	90.000	57,25 a	57,50 a	63,00 a	60,25 a	49,25 a
6	Jul/09	90 cm	50.000	54,50 c	57,00 b	61,25 a	59,75 a	49,00 a
7	Jul/09	90 cm	60.000	58,00 a	56,75 b	61,75 a	60,25 a	49,00 a
8	Jul/09	90 cm	70.000	55,75 b	56,75 b	62,25 a	60,00 a	49,00 a
9	Jul/09	90 cm	80.000	58,00 a	58,00 a	62,25 a	60,50 a	49,00 a
10	Jul/09	90 cm	90.000	58,25 a	58,00 a	63,00 a	60,75 a	49,00 a
11	Dez/10	45 cm	50.000	52,50 d	52,00 d	56,75 b	54,75 c	48,00 a
12	Dez/10	45 cm	60.000	52,25 d	52,50 d	56,50 b	54,50 c	48,00 a
13	Dez/10	45 cm	70.000	52,25 d	52,50 d	57,00 b	54,50 c	48,00 a
14	Dez/10	45 cm	80.000	53,25 d	52,50 d	56,50 b	55,75 b	48,50 a
15	Dez/10	45 cm	90.000	52,50 d	52,25 d	57,25 b	55,75 b	48,00 a
16	Dez/10	90 cm	50.000	53,50 d	53,00 d	55,25 c	54,50 c	49,25 a
17	Dez/10	90 cm	60.000	53,00 d	52,75 d	54,75 c	53,75 c	49,00 a
18	Dez/10	90 cm	70.000	55,75 b	53,00 d	55,00 c	53,75 c	48,25 a
19	Dez/10	90 cm	80.000	54,50 c	53,25 d	55,75 c	54,50 c	48,00 a
20	Dez/10	90 cm	90.000	55,50 b	53,50 d	56,75 b	55,5 b	49,5 a
Médias				55,11	54,75	59,14	57,34	48,74

* - médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

O acamamento muitas vezes causa a ruptura dos tecidos, o que interrompe a vascularização do colmo e impede a recuperação da planta; afeta a estrutura anatômica essencial para o transporte de água e nutrientes e quanto mais cedo se manifestar no ciclo de vida da planta, menor serão o rendimento e a qualidade dos grãos (ZANATA; OERLECKE, 1991).

O híbrido com maior rendimento de grãos foi o XB9003, seguido do XB7253, XB6012, XB6010 e por último o AG9010 (Tabela 9). Este último, embora com arquitetura moderna (baixo, com folhas eretas e estreitas) não tem mais conseguido se equiparar às médias dos novos lançamentos. No entanto, devido à sua arquitetura é o que mais responde ao aumento da população de plantas e redução

de espaçamento (KAPPES *et al.*, 2011). A exploração da elevada capacidade de rendimento de grãos de milho está relacionada ao desenvolvimento contínuo de técnicas que propiciem a exploração deste potencial. Diversos fatores tem contribuído para o desenvolvimento de trabalhos relacionados ao aumento da população de plantas e diminuição do espaçamento entre linhas (COX, 1996; DUNCAN, 1984; LIANG *et al.*, 1992; MACHADO *et al.*, 1992; MUNDSTOCK, 1978; PISSAIA *et al.*, 1992).

Em relação á época da safrinha (julho), no espaçamento de 45 cm, o híbrido que mais se destacou foi o XB7253 com a população de 80.000 plantas com uma média de 8.971 kg ha⁻¹, vindo em seguida o XB9003 com a população de 70.000 plantas com uma média de 7.812 kg ha⁻¹ e o XB6012 com a população de 80.000 plantas e uma média de 7.323 kg ha⁻¹. Os híbridos que menos se destacaram foram XB6010 com a população de 80.000 e média de 7.286 kg ha⁻¹ e o AG9010 com a população 80.000 plantas e uma média de 7.239 kg ha⁻¹.

Na safrinha e espaçamento 90 cm, os híbridos que mais produziram foram o XB7253 com 8291 kg ha⁻¹, na população de 70.000 plantas, o XB6012 com 7.522 kg ha⁻¹ na população de 60.000 plantas e o XB9003 com 7.421 kg ha⁻¹, com a população de 90.000 plantas. Os híbridos com menor rendimento foram XB6010 com 6.854 kg ha⁻¹ na população de 80.000 plantas e AG9010 com 6.346 kg ha⁻¹ na população de 90.000 plantas. Em relação a estes componentes os híbridos, em geral, mantiveram suas posições em relação às médias de rendimento de grãos. Os resultados desta mesma época no espaçamento 45 cm foram mais rentáveis que os do espaçamento 90 cm, mostrando que o espaçamento pode interferir no rendimento de grãos. De acordo com Almeida *et al.* (2000) o manejo da densidade de plantas é uma das práticas culturais mais relevantes para determinar o rendimento de grãos no milho. As vantagens do uso de menores espaçamentos entre linhas estão relacionados com a maior cobertura do solo e com isso a uma diminuição das perdas de água por evaporação (MUNDSTOCK, 1978), com a maior competição com plantas daninhas e principalmente, com o melhor aproveitamento do ambiente pelas plantas (PENDLETON *et al.*, 1968).

Na época de dezembro de 2010 os híbridos avaliados no espaçamento de 45 cm obtiveram resultados acima dos da safrinha (julho). Os híbridos com maiores rendimento foram XB6012 com 10.895 kg ha⁻¹, na população de 80.000 plantas, XB9003 com 10.568 kg ha⁻¹, na população de 90.000 plantas, XB7253 com 10.205

kg ha⁻¹, na população de 80.000 plantas. Os híbridos com menores rendimentos foram o AG 9010 com 10.035 kg ha⁻¹, na população de 90.000 plantas e o XB6010 com 9.609 kg ha⁻¹, na população de 80.000 plantas. No mesmo experimento, mas no espaçamento 90 cm, os rendimentos foram de 9796 kg ha⁻¹ para XB6012 na população de 80.000 plantas, 9.672 kg ha⁻¹ para XB9003 na população de 90.000 plantas, 9.554 kg ha⁻¹ para XB6010 na população de 90.000 plantas. Os híbridos com menor rendimento de grãos foram o AG9010 com 9.022 kg ha⁻¹ na população de 80.000 plantas e XB7253 com 8.918 kg ha⁻¹ na população de 90.000 plantas. Os resultados permitem inferir que o espaçamento 45 cm foi um pouco superior. Esse potencial elevado está intimamente relacionado com a densidade ótima para a cultura do milho tanto mais alta quanto maiores forem os tetos de rendimento (MUNDSTOCK; SILVA, 1989).

Em se tratando de produtividade de grãos, considera-se como mais adaptadas as cultivares com melhores produtividades de grãos (VENCOVSKY; BARRIGA 1992). Assim, foram consideradas de melhor adaptação as cultivares que expressaram produtividades médias de grãos superiores à média geral (8031 kg ha⁻¹).

Não houve híbrido que tenha sido classificado no melhor grupo em todos os locais, o que corrobora a presença da interação de genótipos com locais para o caráter. Nos trabalhos científicos que visam compreender a influência dos diversos fatores na variação espacial da produção de milho são apontados como causas mais freqüentes dessa variação a população de plantas e sua distribuição (MOLIN, 2000; VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2004). A população de plantas ótima é diferente para diferentes híbridos e diferentes condições ambiental (RITCHIE, *et al.*, 2003).

Tabela 8 - Médias para porcentagem de acamamento mais quebramento de plantas de cinco híbridos em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Ambiente	Época	Espaçamento	População	XB6010	XB9003	XB6012	XB7253	AG9010
1	Jul/09	45 cm	50.000	1,27	0,00	0,00	0,67	0,64
2	Jul/09	45 cm	60.000	0,50	0,00	0,00	1,57	0,00
3	Jul /09	45 cm	70.000	0,47	0,45	1,39	1,39	0,00
4	Jul /09	45 cm	80.000	1,19	0,41	0,42	1,70	1,26
5	Jul/09	45 cm	90.000	1,45	0,41	1,14	3,10	1,52
6	Jul/09	90 cm	50.000	2,03	0,00	0,62	1,31	0,67
7	Jul /09	90 cm	60.000	0,00	0,61	0,56	1,10	0,58
8	Jul/09	90 cm	70.000	0,00	0,00	0,98	1,91	0,50
9	Jul/09	90 cm	80.000	0,86	0,41	0,89	2,20	0,41
10	Jul/09	90 cm	90.000	1,11	1,91	1,98	5,06	1,44
11	Dez/10	45 cm	50.000	3,80	1,53	1,05	1,52	0,52
12	Dez/10	45 cm	60.000	2,65	0,90	1,30	1,43	2,21
13	Dez/10	45 cm	70.000	0,48	0,83	1,93	1,58	1,57
14	Dez/10	45 cm	80.000	0,00	1,40	1,37	1,41	1,87
15	Dez/10	45 cm	90.000	1,34	2,10	1,53	1,50	0,90
16	Dez/10	90 cm	50.000	0,57	1,56	0,00	0,54	0,56
17	Dez/10	90 cm	60.000	2,30	0,46	0,98	0,89	2,29
18	Dez/10	90 cm	70.000	0,00	1,21	0,76	1,78	1,63
19	Dez/10	90 cm	80.000	1,39	1,12	0,73	1,71	1,45
20	Dez/10	90 cm	90.000	1,31	2,39	2,40	1,86	1,02
			Média	1,14	0,89	1,00	1,71	1,05

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 9 - Médias para rendimento de grãos (kg ha^{-1}) de cinco híbridos de milho em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Ambiente	Época	Espaçamento	População	XB6010	XB9003	XB6012	XB7253	AG9010
1	Jul/09	45cm	50.000	6.392 c	7.204 d	6.688 c	6.965 a	6.337 e
2	Jul/09	45cm	60.000	6.709 c	7.263 d	6.841 c	7.301 a	5.897 e
3	Jul/09	45cm	70.000	6.546 c	7.812 c	7.100 c	8.028 b	6.723 d
4	Jul/09	45cm	80.000	7.286 c	7.408 d	7.323 c	8.971 c	6.711 d
5	Jul/09	45cm	90.000	7.242 c	7.791 c	6.619 c	7.615 a	7.239 d
6	Jul/09	90cm	50.000	6.790 c	6.807 d	6.987 c	7.050 a	4.622 f
7	Jul/09	90cm	60.000	6.729 c	7.101 d	7.522 c	7.667 a	5.012 f
8	Jul/09	90cm	70.000	6.750 c	7.124 d	6.773 c	8.291 b	5.978 e
9	Jul/09	90cm	80.000	6.854 c	7.258 d	6.683 c	7.689 a	6.068 e
10	Jul/09	90cm	90.000	6.577 c	7.421 d	7.199 c	7.056 a	6.346 e
11	Dez/10	45cm	50.000	8.445 b	9.122 b	8.467 b	8.087 b	7.178 c
12	Dez/10	45cm	60.000	8.318 b	9.564 b	9.486 b	8.721 c	8.736 c
13	Dez/10	45cm	70.000	8.617 b	9.616 b	10.320 a	9.627 d	8.732 c
14	Dez/10	45cm	80.000	9.609 c	10.088 a	10.895 a	9.899 d	9.284 c
15	Dez/10	45cm	90.000	9.608 a	10.568 a	10.663 a	10.205 d	10.035 a
16	Dez/10	90cm	50.000	8.038 b	8.409 c	8.834 b	8.035 b	7.581 c
17	Dez/10	90cm	60.000	9.018 a	9.093 b	9.043 b	8.339 b	7.846 c
18	Dez/10	90cm	70.000	9.549 a	9.614 b	8.764 b	8.370 b	8.606 c
19	Dez/10	90cm	80.000	8.599 b	9.381 b	9.796 a	8.800 c	9.022 c
20	Dez/10	90 cm	90.000	9.554 a	9.672 b	9.351 b	8.918 c	8.607 c
Médias				7.861	8.416	8.268	8.282	7.607

* - médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora.

4.2 Análises de adaptabilidade e estabilidade

O primeiro procedimento para o estudo da adaptabilidade e da estabilidade das cultivares de milho foi a estimativa dos índices ambientais (I_j), para florescimento feminino e rendimento de grãos, apresentados nas Tabelas 10 e 11, respectivamente. O índice ambiental é a diferença entre a média geral do ambiente e a média geral de todos os ambientes e classifica o ambiente como favorável quando

o índice é positivo e desfavorável quando o índice é negativo. Para rendimento de grãos isso indica ambientes com menor e maior rendimento. Para florescimento feminino os valores negativos indicam ambientes que favorecem a precocidade e os valores positivos indicam ambientes que favorecem ciclos mais tardios. Para acamamento/quebramento os ambientes com valores negativos são aqueles cujos fatores atuam diminuindo a queda e quebra de plantas e os positivos aumentando. Portanto, a condição de “bom” ou “ruim” para a cultura é relativa ao caráter estudado.

Tabela 10 - Médias de ambientes e índices ambientais [I_j e $T(I_j)$] para florescimento feminino (dias), em 20 ambientes, em Selvíria-MS.

Ambientes	Época	Espaçamento	População	Média	I_j	$T(I_j)$	Tipo
1	Jul/09	45 cm	50.000	55,90	0,8825	-1,02	Tardio
2	Jul/09	45 cm	60.000	56,35	1,3325	-0,57	Tardio
3	Jul/09	45cm	70.000	57,00	1,9825	0,08	Tardio
4	Jul/09	45 cm	80.000	56,95	1,9325	0,03	Tardio
5	Jul/09	45 cm	90.000	57,45	2,4325	0,53	Tardio
6	Jul/09	90 cm	50.000	56,30	1,2825	-0,62	Tardio
7	Jul/09	90 cm	60.000	57,15	2,1325	0,23	Tardio
8	Jul/09	90 cm	70.000	56,75	1,7325	-0,17	Tardio
9	Jul/09	90 cm	80.000	57,55	2,5325	0,63	Tardio
10	Jul/09	90 cm	90.000	57,80	2,7825	0,88	Tardio
11	Dez/10	45 cm	50.000	52,80	-2,2175	0,00	Precoce
12	Dez/10	45 cm	60.000	52,75	-2,2675	0,00	Precoce
13	Dez/10	45 cm	70.000	52,90	-2,1175	0,00	Precoce
14	Dez/10	45 cm	80.000	53,30	-1,7175	0,00	Precoce
15	Dez/10	45 cm	90.000	53,15	-1,8675	0,00	Precoce
16	Dez/10	90 cm	50.000	53,10	-1,9175	0,00	Precoce
17	Dez/10	90 cm	60.000	52,65	-2,3675	0,00	Precoce
18	Dez/10	90 cm	70.000	53,15	-1,8675	0,00	Precoce
19	Dez/10	90 cm	80.000	53,20	-1,8175	0,00	Precoce
20	Dez/10	90 cm	90.000	54,15	-0,8675	0.00	Precoce

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 11 - Média de ambientes e índices ambientais [I_j e $T(I_j)$] para rendimento de grãos (kg ha^{-1}), em 20 ambientes, em Selvíria-MS.

Ambientes	Época	Espaçamento	Populações	Média	I_j	$T(I_j)$	Tipo
1	Jul/09	45 cm	50.000	6717	-1313,7	0,0	D
2	Jul/09	90 cm	60.000	6802	-1228,7	0,0	D
3	Jul/09	45 cm	70.000	7242	-788,7	0,0	D
4	Jul/09	90 cm	80.000	7540	-491,0	0,0	D
5	Jul/09	45 cm	90.000	7301	-729,8	0,0	D
6	Jul/09	90 cm	50.000	6451	-1579,7	0,0	D
7	Jul/09	45 cm	60.000	6806	-1224,9	0,0	D
8	Jul/09	90 cm	70.000	6983	-1047,7	0,0	D
9	Jul/09	45 cm	80.000	6910	-1120,6	0,0	D
10	Jul/09	90 cm	90.000	6920	-1111,3	0,0	D
11	Dez/10	45 cm	50.000	8260	228,9	-834,7	F
12	Dez/10	90 cm	60.000	8965	934,0	-129,6	F
13	Dez/10	45 cm	70.000	9383	1351,6	287,9	F
14	Dez/10	90 cm	80.000	9955	1924,2	860,6	F
15	Dez/10	45 cm	90.000	10216	2184,8	1.121,1	F
16	Dez/10	90 cm	50.000	8180	148,6	-915,0	F
17	Dez/10	45 cm	60.000	8668	636,7	-426,9	F
18	Dez/10	90 cm	70.000	8981	949,5	-114,0	F
19	Dez/10	45 cm	80.000	9119	1088,5	24,9	F
20	Dez/10	90 cm	90.000	9220	1189,3	125,7	F

* - F - favorável; D - desfavorável.

Fonte: Elaborada pela autora.

Como se esperava, os ambientes mais favoráveis para precocidade foram aqueles da primeira época (Tabela 10), onde as temperaturas são mais altas e ocorre mais horas de luz por dia. Caso o período para florescimento fosse medido em graus dia, certamente as diferenças entre as épocas não seriam significativas. Não foi observado influência do espaçamento e população de plantas no tempo para florescimento.

Para rendimento de grãos os ambientes favoráveis também foram aqueles da primeira época. O melhor ambiente foi com o espaçamento de 45 cm e população 90.000 plantas, embora pouco tenha diferido das populações de 70.000 e 80.000. O

ambiente menos favorável para rendimento de grãos foi na segunda safra com espaçamento de 90 cm e população de 50.000 plantas. Portanto, em média para os híbridos avaliados, há certa tendência do espaçamento menor com maior população de plantas produzir mais.

As estimativas de β_1 avaliaram os desempenhos dos genótipos nas condições que favorecem a precocidade. Os genótipos XB6010 e AG9010 apresentaram baixa resposta nessas condições ($\beta_1 < 1$), com destaque para o último em que β_1 é praticamente zero (Tabela 12; Figuras 2 e 4). XB6012 e XB7253 foram altamente responsivos nos ambientes favoráveis à precocidade ($\beta_1 > 1$) (Tabela 12; Figura 3).

Nos ambientes favoráveis ao aumento do ciclo, medido em dias para florescimento feminino, o híbrido mais responsivo foi XB6010 com $\beta_1 > 1$ e o menos responsivo foi o AG9010, com β_1 praticamente nulo, o que também ocorreu nos ambientes favoráveis à precocidade (Tabela 12; Figuras 2 e 4). Esse híbrido praticamente não alterou o ciclo com as variações ambientais, inclusive com alta estabilidade (QM dos desvios da regressão igual a zero), alta precocidade ($\beta_0 = 48,7$ dias), caracterizando-se como genótipo ideal para esse caráter, para quem busca precocidade nos híbridos. Apenas os híbridos XB6010 e XB6012 foram instáveis na resposta às variações ambientais evidenciando a necessidade de identificação dos melhores materiais para cada região, conforme também preconizam Oliveira *et al.* (2003).

Para rendimento de grãos as médias variaram entre 7.328 kg ha⁻¹ e 8.416 kg ha⁻¹, sendo a média geral igual a 8.031 kg ha⁻¹ (Tabela 13). O híbrido XB7253 apresentou boa adaptação nas condições desfavoráveis ($\beta_1 < 1$) (Tabela 13; Figura 6), enquanto que XB6012 e AG 9010 foram altamente responsivos nos ambientes desfavoráveis ($\beta_1 > 1$) (Tabela 13; Figuras 6 e 7). Para Magalhães e Paiva (1997) o uso de cultivares adaptadas é uma das poucas formas de conseguir acréscimo de produção sem custo adicional.

Nos ambientes favoráveis apenas o híbrido XB6010 teve $\beta_1 + \beta_2 < 1$, (Tabela 13; Figura 5) evidenciando sua baixa resposta à melhoria do ambiente para rendimento de grãos, em comparação com os demais. Por isso é o híbrido menos indicado para alta tecnologia. Para os demais híbridos as respostas foram parecidas (todos com $\beta_1 + \beta_2 = 1$). Quanto à estabilidade os híbridos que tiveram significância para o quadrado médio dos desvios da regressão foram XB6012 e AG9010, embora o R² tenha sido alto (92,8% e 92,2%) (Tabela 13).

Tabela 12 - Médias gerais (β_0), médias dos ambientes precoces (P), média dos ambientes tardios (T), coeficientes de regressão para ambientes precoces (β_1) e tardios ($\beta_1+\beta_2$), quadrados médios dos desvios de regressão (QM) e coeficientes de determinação (R^2), para dias para florescimento feminino de cinco híbridos avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Híbridos	β_0	P	T	β_1	$\beta_1+\beta_2$	QM	R^2
XB6010	55,1	53,5	56,75	0,8754*	1,6993*	3,6107**	0,81
XB9003	54,7	52,7	56,8	1,0566	1,3810	1,0236	0,95
XB6012	59,1	56,1	62,1	1,5471**	0,9116	2,2804**	0,95
XB7253	57,3	54,7	59,9	1,3571**	0,9678	0,9806	0,97
AG9010	48,7	48,4	49,0	0,1636**	0,0403**	0,6639	0,41

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t (β_1 , $\beta_1+\beta_2=1$) e pelo teste F (QM=0).

Fonte: Elaborada pela autora.

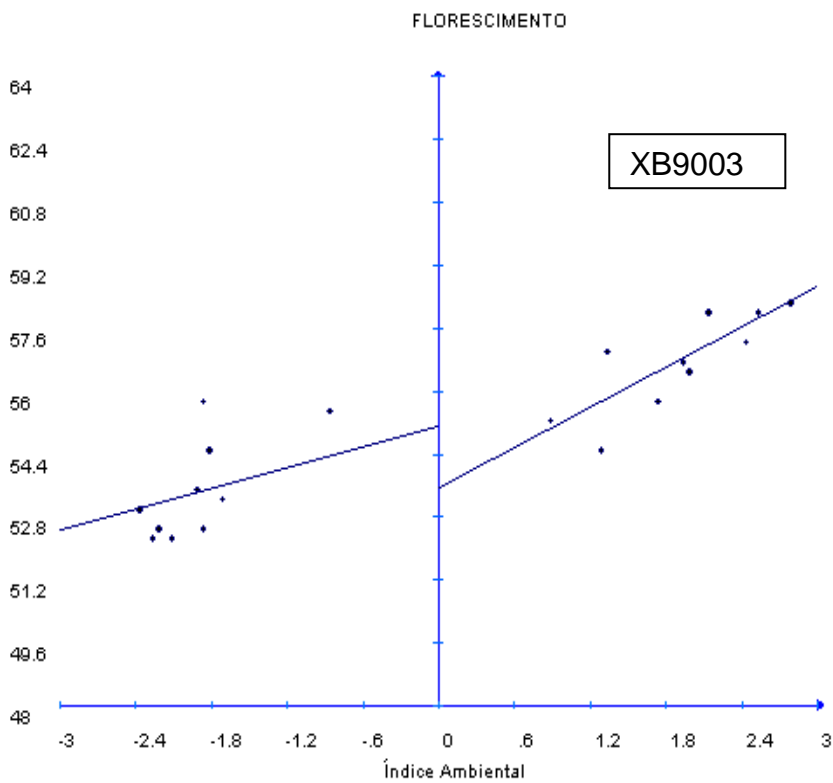
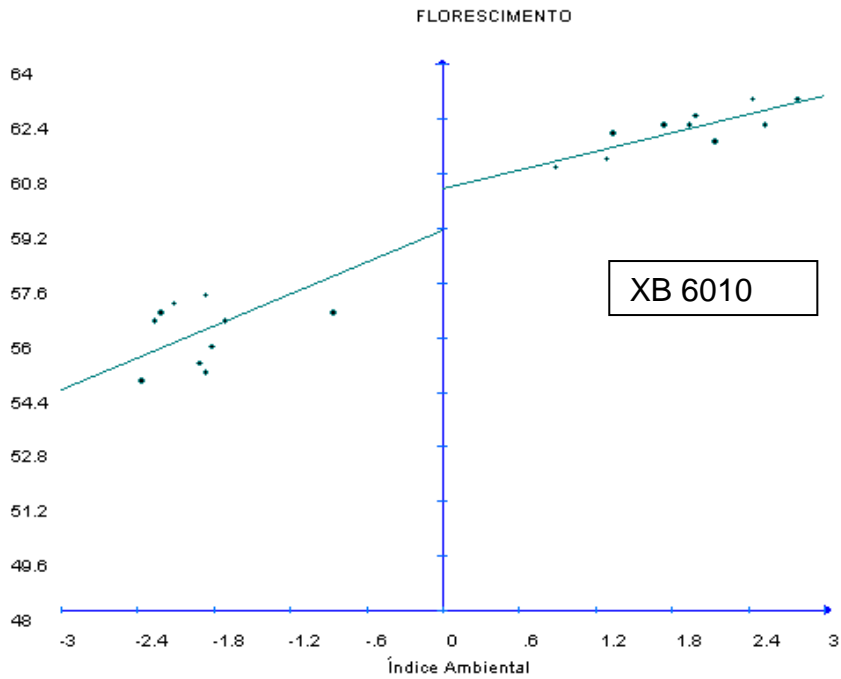
Tabela 13 - Médias gerais (β_0), médias dos ambientes desfavoráveis (D), média dos ambientes favoráveis (F), coeficientes de regressão para ambientes desfavoráveis (β_1) e favoráveis ($\beta_{1i}+\beta_{2i}$), quadrados médios dos desvios de regressão (QM) e coeficientes de determinação (R^2), para rendimento de grãos de cinco híbridos avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas), em Selvíria-MS.

Híbridos	β_0	D	F	β_1	$B_1+\beta_2$	QM	R^2
XB6010	7.862	6.788	8.936	0,9921	0,6547*	542184,8	91,5
XB9003	8.416	7.319	9.513	1,0206	0,8383	181064,9	97,2
XB6012	8.268	6.974	9.562	1,1751**	1,1664	689043,8*	92,8
XB7253	8.282	7.664	8.900	0,6195**	1,1255	619193,5	84,1
AG9010	7.328	6.093	8.563	1,1928**	1,2150	774130,9**	92,2

*, ** - Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t (β_1 , $\beta_1+\beta_2=1$) e pelo teste F (QM=0).

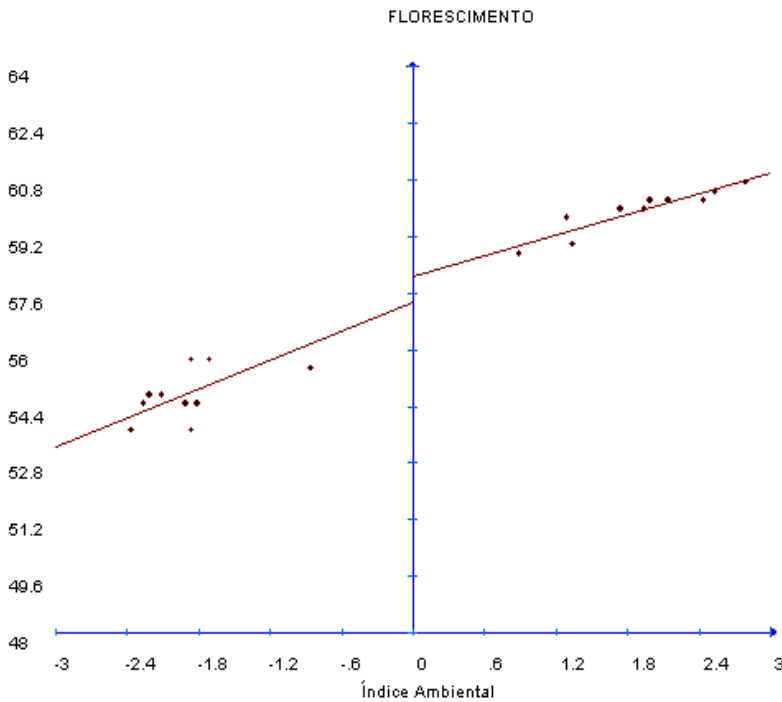
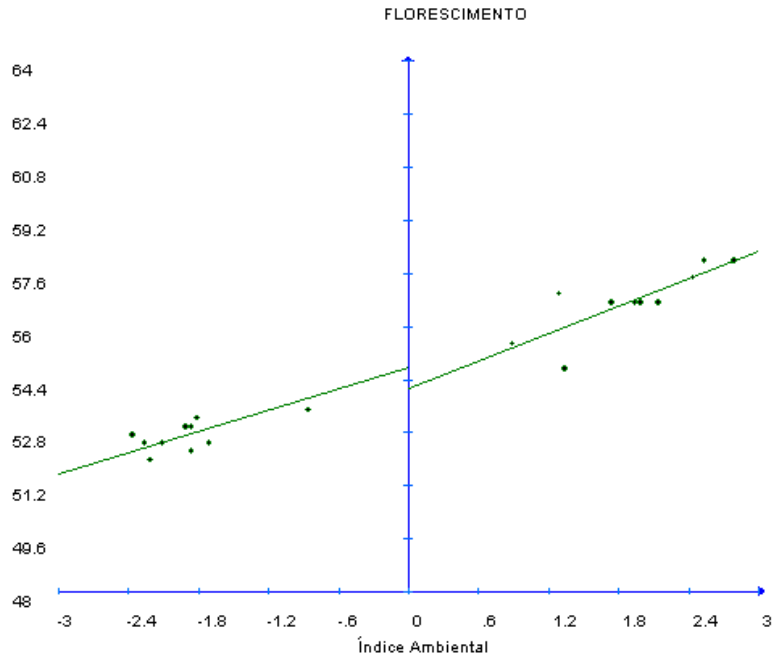
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 2 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em função dos índices ambientais, para os híbridos XB 6010 e XB 9003, avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas).



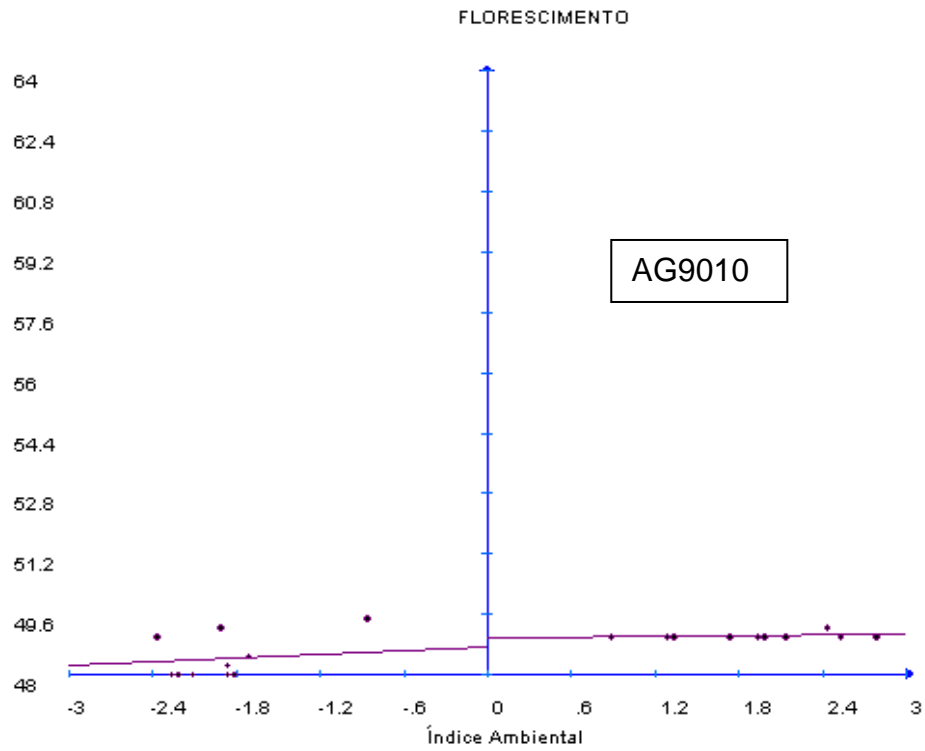
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 3 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em função dos índices ambientais, para os híbridos XB 6012 e XB 7253, avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas).



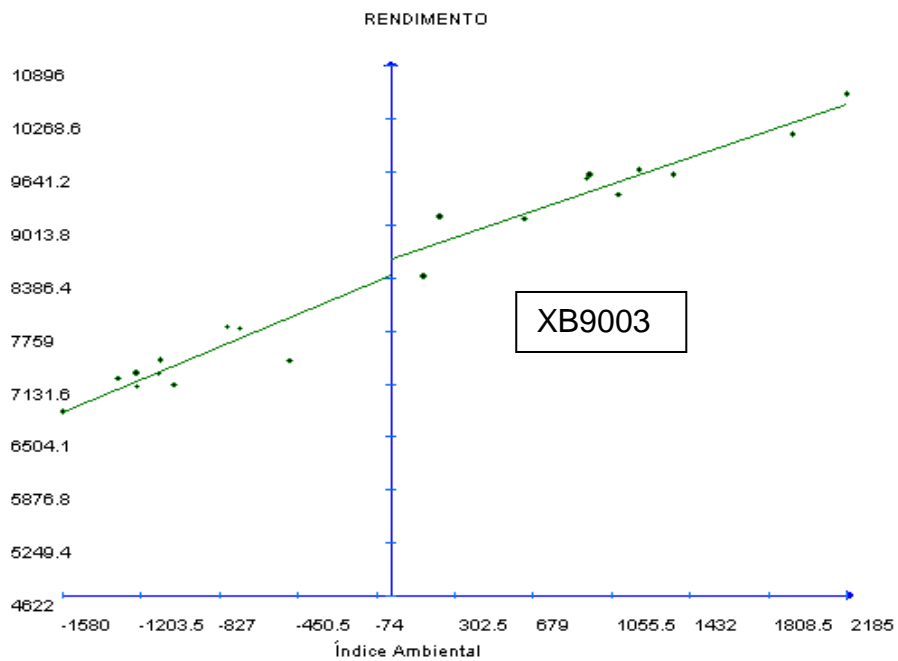
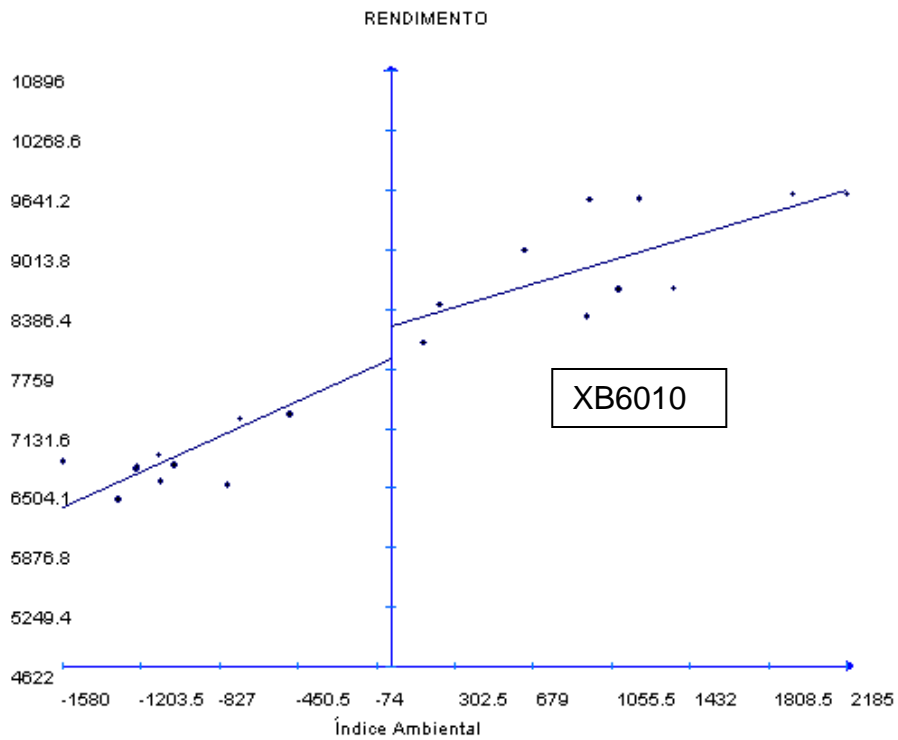
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 4 - Regressão linear bissegmentada do florescimento feminino em função dos índices ambientais, para o híbrido AG 9010, avaliado em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas).



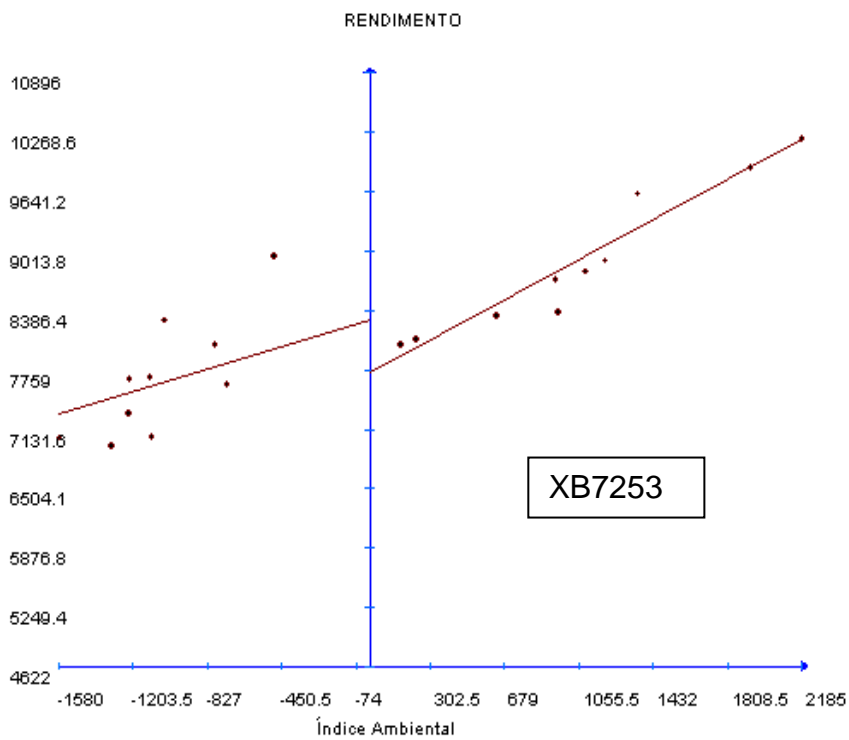
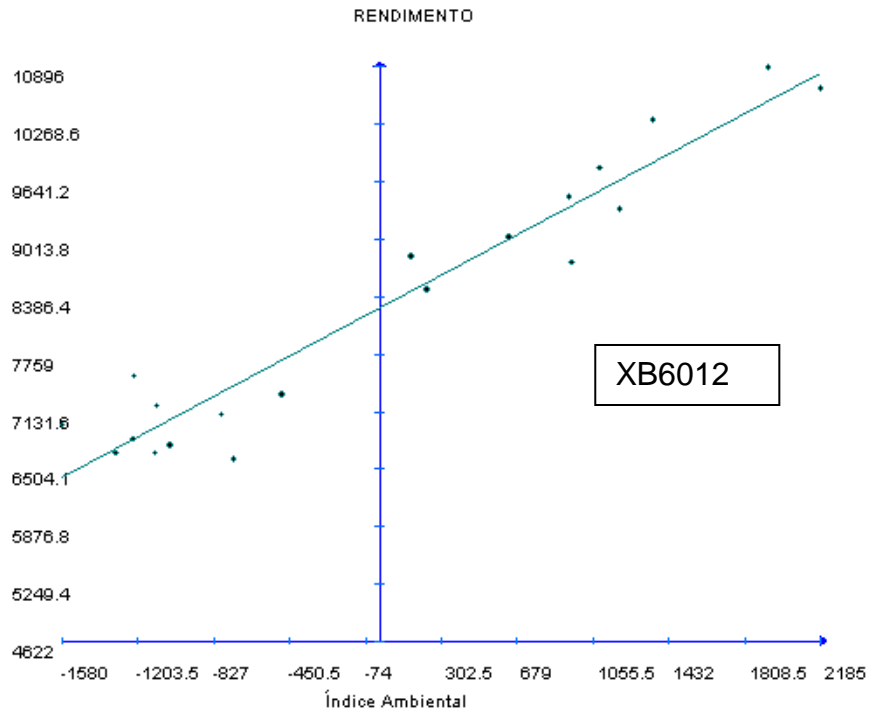
Fonte: Elaborada pela autora

Figura 5 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos em função dos índices ambientais, para os híbridos XB6010 e XB9003, avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas).



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 6 - Regressão linear bissegmentada do rendimento de grãos em função dos índices ambientais, para os híbridos XB6012 e XB7253, avaliados em 20 ambientes (2 épocas x 2 espaçamentos x 5 populações de plantas).



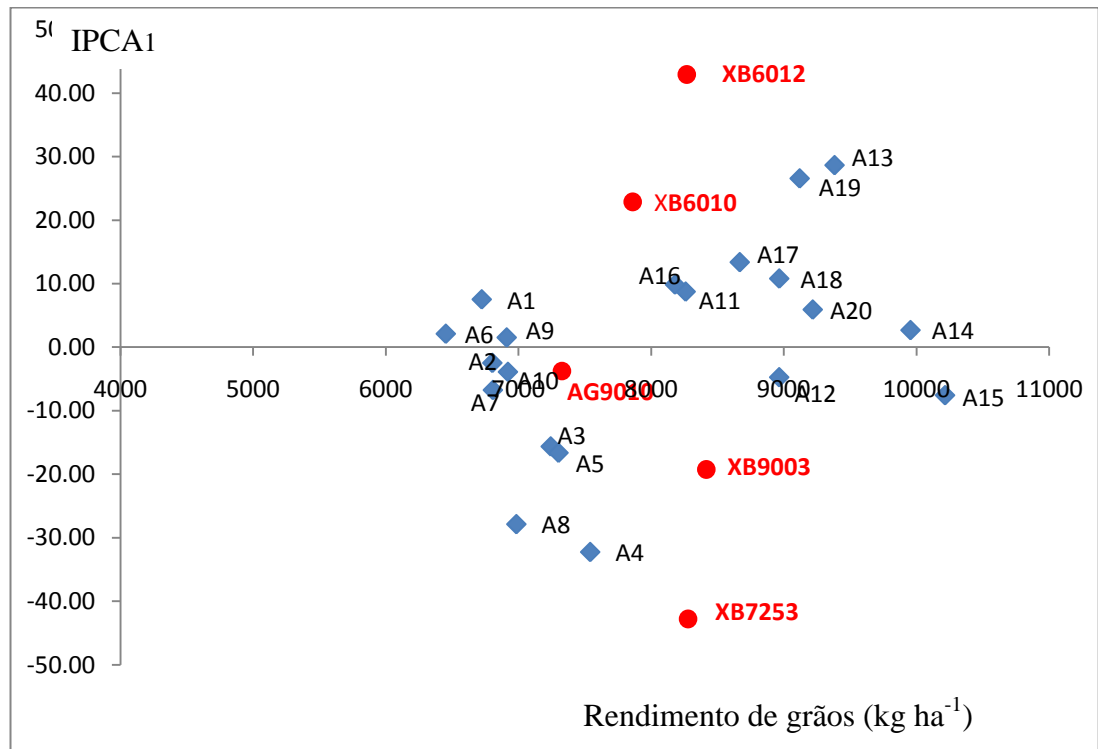
Fonte: Elaborada pela autora.

os efeitos principais (médias de genótipos) e a ordenada representa o primeiro eixo de interação (IPCA1). Assim, genótipos com valores de IPCA1 próximos de zero são considerados de alta estabilidade. A proximidade entre um genótipo e um ambiente indica adaptabilidade específica do genótipo para esse ambiente.

A análise do rendimento de grãos pelo método AMMI (Figura 8) confirma que os ambientes da segunda época foram os menos favoráveis e o híbrido AG9010 como o menos produtivo, em média. No entanto a proximidade da média desse híbrido com os ambientes do eixo x indica que o mesmo é o mais estável entre os cinco, contrariando o resultado obtido pela regressão bissegmentada. Em seguida estão os híbridos XB9003 e XB6010. Além disso a proximidade da média do AG9010 com os ambientes 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 e 10 indicam a sua melhor adaptabilidade para a segunda época, independente do espaçamento utilizado. Também percebe-se uma melhor adaptação aos ambientes com maior população de plantas (3, 5, 7 e 10), confirmando os resultados de Kappes *et al.* (2011). Para os demais híbridos não há indicação tão clara de uma adaptação mais específica para qualquer ambiente, embora possa ser considerado que XB7253 e XB9003 sejam mais indicados para a segunda época (Ambientes 4 e 3, 4 e 5 respectivamente) em qualquer espaçamento e população de 70.000 a 90.000 plantas ha⁻¹. Os híbridos XB6010 e XB6012 são mais indicados para os ambientes da primeira época (16 e 17 para o primeiro e 19 e 13 para o segundo). Portanto há indicação de que XB 6010 comporta-se melhor em qualquer espaçamento, mas com população de 50.000 a 60.000 plantas ha⁻¹. O XB6012 foi melhor no espaçamento de 45 cm e população de 70.000 a 80.000 plantas ha⁻¹.

A arquitetura de plantas (pequena altura, folhas estreitas e eretas) é a principal responsável pelos resultados obtidos para o AG9010. Como seu rendimento é menor que os demais, resta a indicação de que esse tipo de arquitetura deve ser buscada na obtenção de novos híbridos pelos melhoristas.

Figura 8 - Biplot AMMI1 para rendimento de grãos em 5 híbridos e 20 ambientes.



A1 = Jul/09, 45 cm, 50.000 plantas; A2, Jul/09, 90 cm, 60.000 plantas; A3, Jul/09, 45 cm, 70.000 plantas; A4 = Jul/09, 90 cm, 80.000 plantas; A5 = Jul/09, 45 cm, 90.000 plantas; A6 = Jul/09, 90 cm, 50.000 plantas; A7 = Jul/09, 45 cm, 60.000 plantas; A8 = Jul/09, 90 cm, 70.000 plantas; A9 = Jul/09, 45 cm, 80.000 plantas; A10 = Jul/09, 90 cm, 90.000 plantas; A11 = Dez/10, 45 cm, 50.000 plantas; A12 = Dez/10, 90 cm, 60.000 plantas; A13 = Dez/10, 45 cm, 70.000 plantas; A14 = Dez/10, 90 cm, 80.000 plantas; A15 = Dez/10, 45 cm, 90.000 plantas; A16 = Dez/10, 90 cm, 50.000 plantas; A17 = Dez/10, 45 cm, 60.000 plantas; A18 = Dez/10, 90 cm, 70.000 plantas; A19 = Dez/10, 45 cm, 80.000 plantas; A20 = Dez/10, 90 cm, 90.000 plantas.

Fonte: Elaborada pela autora.

5 CONCLUSÕES

- O híbrido AG9010, embora menos produtivo, é o mais precoce, com alta estabilidade e praticamente indiferente às modificações ambientais para florescimento feminino, além de ser o mais adaptado à segunda época e populações altas para rendimento de grãos.
- Para os demais híbridos é verificada influência das épocas no florescimento feminino, mas nenhuma adaptação específica a determinada combinação de época, espaçamento e população de plantas;
- O híbrido XB7253 é o que mais se aproxima do ideal para rendimento de grãos, sendo pouco influenciado por ambientes desfavoráveis, com boa resposta para a melhoria dos ambientes e com estabilidade nessa resposta;
- O híbrido XB6010 é o menos responsivo do grupo avaliado, mas com bom comportamento nos ambientes desfavoráveis;
- Os resultados da análise via adaptabilidade e estabilidade pelos métodos utilizados confirmam resultados anteriores de análise de regressão, com a vantagem da indicação de híbridos adaptados à ambientes específicos.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 23-29, 2000.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; HEREGARY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho á redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, dez. 2001b.
- BECKER, H. C.; LÉON, L. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, Malden, v. 101, n. 1, p. 1-23, 1988.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 41, n. 2, p. 243-249. 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 41, de 1º de julho de 2008**. Brasília-DF, 2008. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=18888>>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- BRUNINI, O. Probabilidade de cultivo do milho “safrinha” no Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., Assis, 1997. **Anais...** Assis: IAC, 1997. p. 37-55.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa-MG: UFV, 2004. p. 139-182.
- CARNEIRO, P. C. S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 1998.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F. F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; OLIVEIRA, M. F. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, n. 7, v. 37, p. 989-1000, 2001.

CARVALHO H. W. L.; LEAL, M. L.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X.; CARVALHO, B. C. L.; TABOSA, J. N.; LIRA, M. A.; ALBUQUERQUE, M. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares e híbridos de milho no Nordeste brasileiro no ano agrícola de 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 36, n. 4, p. 637-644, abr. 2002a.

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. L. S.; CARDOSO, M. J.; SANTOS, M. X.; TABOSA, J. N.; CARVALHO, B. C. L.; LIRA, M. A. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro no triênio 1998 a 2000. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 37, n. 11, p. 1581-1588. 2002b.

CHAVES, L. J.; VENCOSKY, L.; GERALDI, I. O. Modelo não linear aplicado ao estudo da interação genótipo x ambiente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 24, n. 2, p. 259-269, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, junho 2012**. Brasília-DF: Conab, 2012. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 5 jun. 2012.

CORREIA, W. R. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja em Minas Gerais**. 2007. 39 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

COSTA, A.F.S. **Influência das condições climáticas no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), avaliadas em diferentes épocas de plantio**. 1994. 109 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1994.

COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, n. 3, p. 489-496, 1996.

CROSSA, J. Statistical analysis of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, New York, v. 44, p. 55-85, 1990.

CROSSA, J.; GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 493-500, 1990.

CRUZ, C. D. **Programa Genes – Biometria**. Viçosa-MG: UFV, 2006. 382 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. rev. Viçosa-MG: UFV, 2006. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; PEREIRA FILHO; I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, n. 87).

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa-MG: UFV, 2004. v. 1, 480 p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 576-580, 1989.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipo x ambiente: uma introdução à análise "AMMI"**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monografias, 9).

DUNCAN, W. G. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 24, n. 6, p. 1141-1145, 1984.

EBERHART, S. A.; RUSSEL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília-DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 2000, Piracicaba. **Anais e palestras...** Piracicaba: Potafos, 2000. 1 CD-ROM.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, 1997. 174 p.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding program. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, v. 14, n. 6, p. 742-754, 1963.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotype x environment interaction. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. New York: Chapman and Hall, 1997. p. 117-138.

GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, A. C.; GUIMARÃES, P. E. O.; SANTOS, M. X. Estabilidade de produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 36, n. 6, p. 1143-1149, 2000.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. New York: CRC Press, 1996. p. 416-428.

GONÇALVES, F. M. A. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em "safrinha" no período de 1993 a 1995**. 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

GUIMARÃES, L. J. M.; GUIMARAES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P.; MACHADO, J. R. A.; MEIRELLES, W. F.; PARENTONI, S. N.; SILVA, A. R.; MENDES, F. F. Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na safrinha 2009 pela metodologia de modelos mistos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 10., 2009, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2009. p. 174-180.

HANSON, W. D. Distance statistics and interpretation of Southern states regional soybean tests. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 6, p. 1498-1504, 1994.

HEINRICH, G. M.; FRANCIS, C. A.; EASTIN, J. D. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 2, p. 209-212, 1983.

KAPPES, C.; ANDRADE J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011.

KUNZ, J.H. **Distribuição da radiação solar na cultura do milho em função de manejo do solo, arranjo de plantas e condição hídrica**. 2006. 135 f. Dissertação (Mestrado em em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

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

LAVORANTI, O. J. **Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da Reamostragem\Bootstrap" no modelo AMMI**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LETEY, J. Irrigation uniformity as related to optimum crop production - additional research is needed. **Irrigation Science**, New York, v. 6. n. 4, p. 253-263, 1985.

LEWIS, D. Gene-environment interaction. A relationship between dominance heterosis phenotype stability and variability. **Heredity**, London, v. 8, n. 3, p. 333-356, 1954.

LIANG, B. C.; REMILLARD, M.; MACKENZIE, A. F. Effects of híbridos, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L) in Quebec. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 72, n. 4, p. 1163-1170, 1992.

LIMA, T. S. O.; MOURA, G. M.; BRITO, P. F. A.; LODI, N. V. **Efeito de épocas de plantio na produção de cultivares de milho**. Rio Branco: Embrapa Uepae, 1980. 4 p. (Comunicado Técnico, 20).

LIN, C. S.; BINNS, M. R.; LEFKOVICHTH, L. P. Stability analysis: where do we stand? **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 5, p. 894-900, 1986.

LIN, C. S. Grouping genotypes by cluster method directly related to genotype-environment interaction mean square. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 62, n. 3, p. 277-280, 1982.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; FAHL, J. I.; ARRUDA, H. V.; SILVA, W. J.; TEIXEIRA, J. P. F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 17, n. 6, p. 825-833, 1992.

MAGALHÃES, P. C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção. In: CRUZ, J. C.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa, 1997. p. 85-89

MAGARI, R.; KANG, M. S. SAS STABLE: stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, New York, v. 89, n. 5, p. 929-932, 1997.

MARIOTTI, J. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Analisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de cana de azucar. Interacciones dentro de um localidad experimental. **Revista Agronômica Argentina**, Buenos Aires, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

MATZENAUER, R. Caracterização fenológica de cultivares de milho em avaliação no Estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 42.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO, 25., 1997, Erechim. **Anais...** Erechim: Cooperativa Tritícola Erechim, 1997. p. 334-341.

MOLIN, J. P. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Castro: Fundação ABC, 2000. 72 p.

MONTALVÁN, R.; MONTAÑO-VELASCO, J. C. Interação genotipo x ambiente: aspectos básicos. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. 818 p.

MOTA, F. S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: VERNETTI, F. de J. (Coord.) **Soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 463 p.

MUNDSTOCK, C. M. Efeitos de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas em milho (*Zea mays*) de tipo precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 13, n. 1, p. 13-18, 1978.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. **Manejo da cultura do milho**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. 76 p. (Boletim Técnico, 1).

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. **Manejo da cultura o milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 50 p.

MURAKAMI, D. M.; CRUZ, C. D. Proposta de metodologia para avaliação da representatividade de ambientes para discriminação genotípica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

NOLDIN, J. A.; MUNDSTOCK, C. M. Rendimento de grãos e componentes de rendimento de três cultivares de milho em duas épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 23, p. 615-620, 1988.

OLIVEIRA, M. D. X. **Comportamento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas de semeadura nas regiões centro e norte de Mato Grosso do Sul**. 1990. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F.; REIS, F. A.; SILVA, G. A.; ROSA FILHO, S. N.; SOUZA, J. J. R.; MOREIRA, F. M.; PEREIRA, J. A.; FIRMINOS, W. G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 45-50, 2007.

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA SOBRINHO, F. de; PEREIRA, R. C.; MIRANDA, J. M.; BANYS, V. L.; RUGGIERI, A. C.; PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; BOTREL, M. A.; AUAD, M. V. Potencial de utilização de híbridos comerciais de milho para silagem na região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 1, p. 62-71, 2003.

PACHECO, C. A. P.; GOMES; GAMA, E.E.; GUIMARÃES, P.E. de O dos, SANTOS; M. X.; FERREIRA, A. S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS -42 e CMS - 43 de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, 1998.

PACHECO, C. A. P. **Considerações sobre época de semeadura para milho em Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Uepae, 1982. 9 p. (Comunicado Técnico, 10).

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

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa-MG: UFV, 2005. p. 491-552.

PENDLETON, J. W.; EGLI, D. B.; PETERS, D. B. Response of *Zea mays* L. to a “light rich” field environmental. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 4, p. 395-397, 1967.

PENDLETON, J. W.; SMITH, G. E.; WINTER, S. R.; JOHNSTON, T. J. Field investigations of the relationships of leaf angle and apparent photosynthesis. Madison, v. 60, n. 4, p. 422-421, 1968.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Plantio. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 2. ed. Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2006. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/plantio.htm>. Acesso em: 12 jan. 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 468 p.

PINTHUS, M. J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v. 25, p. 208-263, 1973.

PISSAIA, A.; SCHOLZ, G. A.; YORINORI, N. A. Resposta ao rendimento de grãos de um híbrido a diferentes populações. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 12, p. 1-7, 1992.

PLAISTED, R. L.; PETERSON, L. C. A technique for evaluating the ability of selection the yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, New York, v. 36, n. 6, p. 381-385, 1959.

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

RAIZER, A. J.; VENCOVSKY, R. Estabilidade fenotípica de novas variedades de cana-de-açúcar para o estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 34, n. 12, p. 2241-2246, 1999.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R - a Language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <www.r-project.org.Version 2.15.1>. Acesso em: 10 out. 2011.

RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, 2000.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. v. 1, 57 p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafós, 2003. (Arquivo do Agrônomo, n.15). Encarte do Informações Agrônomicas, n. 103.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations: biometrical genetics**. New York: Pergamon Press, 1959. 186p.

ROSSE, L. N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 99-107, 2000.

SALEH, G. B.; ABDULLAH, D.; ANUAR, A. R. Performance, heterosis and heritability in selected tropical maize single, double and three-way cross hybrids. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 138, n. 1, p. 21-28, 2002.

SANGOI, L.; ALMEIDA, L. A.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 63-72, 2003.

SANGOI, L.; SILVA, P. R.; SILVA, A.; ERNANI, P.; HORN, D.; STRIEDER, M.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônomico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 218-231, 2006.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. Zooneamento agrícola. In: CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 2. ed. Embrapa Milho e Sorgo, dez. 2006. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/plantio.htm>. Acesso em: 20 dez. 2012.

SCAPIM, C. A.; CARVALHO, C. G. P.; CRUZ, C. D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 30, n. 5, p. 683-686, 1995.

SHELBOURNE, C. J. A.; CAMPBELL, R. K. The impact of genotype-environmental interaction on tree improvement strategy. In: IUFRO JOINT MEETING OF GENETIC WORKING PARTIES ON ADVANCED GENERATION BREEDING, 1976, Bordeaux. **Proceedings...** Bordeaux: IUFRO, 1976. p. 73-93.

SILVA, P. R. F.; ARGENTIA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63 p.

SILVA, J. G. C.; BARRETO, J. N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometrics**, Chichester, v. 41, n. 4, p. 1093, 1986.

SILVA, M. A. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 107-117, 2008.

SOUZA, F. R. S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio de Minas Gerais**. 1989. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1989.

SOUZA JÚNIOR, C. L. Contribuições da genética quantitativa para o melhoramento de milho: passado, presente e futuro. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS – GENÉTICA E MELHORAMENTO DO MILHO, 5., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. p. 26-34.

SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. 3. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1988. 986 p.

STORCK, L.; VENCOVSKY, R. Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 17, n. 1, p. 75-81, 1994.

SUBBARÃO, G. V.; JOHANSEN, C.; SLINKARD, A. E.; RAO, R. C. N.; SAXENA, N. P.; CHAUHA, Y. S. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 14, n. 6, p. 469-523, 1995.

TORRES, R. A. de A. **Estudo da estabilidade fenotípica de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 133 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1988.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R.; TORRES, R. A. A. Estabilidade geográfica e temporal de algumas cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1988, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: Embrapa CNPMS, 1988. p. 294-300.

VERMA, M. M.; CHAHAL, G. S.; MURTY, B. R. Limitations of conventional regression on analysis a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 89-91, 1978.

VIEIRA JÚNIOR, P. A.; MOLIN, J. P.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.; MASCARIN, L. S.; FAULIN, G. C.; DETOMINI, E. R. Relações entre população, distribuição espacial de plantas, atributos do solo e rendimento de grãos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – ConBAP, 2004, Piracicaba. **Relação de trabalhos...** Piracicaba: ESALQ, 2004. 1 CD-ROM.

YATES, F.; COCHRAN, W. G. The analysis of groups of experiments. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 28, n. 4, p. 556-580, 1938.

YUE, G. L.; ROOZEBOOM, K. L.; SCHAPAUGH JÚNIOR, W. T.; LIANG, G. H. Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. **Plant Breeding**, Malden, v. 116, n. 3, p. 271-275, 1997.

WRICKE, G.; WEBER, W. E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

WRICKE, G. Über eine methode zur erfassung der Okologischen streubreite in feldversuchen. **Zeitschrift fur Pflanzenzüchtung**, Berlin, v. 47, n. 1, p. 92-96, 1962.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 26, p. 1001-1016, 1991.

ZOBEL, R. W.; WRIGHT, M. J.; GAUCH, H. G. Statistical analysis of a yield trial. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 3, p. 388-393, 1988.