Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Interação testecrosses por épocas de semeadura e implicações para o melhoramento de milho

Thiago Ricielli de Paula Aragão

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2012

Thiago Ricielli de Paula Aragão
Engenheiro Agrônomo

Interação testecrosses por épocas de semeadura e implicações para o melhoramento de milho

Orientador:
Prof. Dr. **CLÁUDIO LOPES DE SOUZA JÚNIOR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2012

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

Aragão, Thiago Ricielli de Paula
Interação testecrosses por épocas de semeadura e implicações para o melhoramento de milho / Thiago Ricielli de Paula Aragão.- - Piracicaba, 2012.
101 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Interação genótipo-ambiente 2. Melhoramento genético vegetal 3. Milho 4. Safra 5. Safrinha 6. Seleção direta 7. Semeadura I. Título

CDD 633.15
A659i

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

Aos meus queridos pais, Avalderedo e Elaine
Pelo amor, exemplo de vida e princípios.
E ao meu irmão Wallace
Pelo apoio, incentivo e convívio fraterno.
Dedico.

À minha flor Vanessa
Pelo amor, paciência, compreensão
e por sempre estar ao meu lado
Ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me permitir esta conquista.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade de São Paulo e ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelo acolhimento e suporte acadêmico.

Ao Prof. Dr. Cláudio Lopes de Souza Júnior pela orientação dedicada e segura, pelos esmerados ensinamentos, amizade e paciência.

Aos professores e funcionários do Departamento de Genética pelos ensinamentos transmitidos e amizades conquistadas.

Aos funcionários do laboratório de Melhoramento de Milho II: Antônio Jocelino Desidério, Sr. Ariberto Soares de Oliveira e Guilherme dos Santos Diehl, pela amizade, ensinamentos e importante contribuição na condução dos experimentos.

Aos amigos do laboratório de Melhoramento de Milho II: Alexandre, Antônio, Diego, Gustavo, Luciana, Marcela, Mateus, Melina, Paolo, Pedro Mendoza e Rubén, pela amizade, alegrias, conhecimentos compartilhados e apoio em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho. Em particular aos amigos Diego e Luciana pela importante contribuição nas análises e redação deste trabalho.

Aos professores do curso de Agronomia da Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP/UEMG), em especial ao Prof. Dr. Antônio Paulino da Costa Netto pela minha formação inicial e por me motivar a seguir o caminho da pesquisa e ao Prof. Evandro Freire Lemos por me ensinar a estender a pesquisa ao produtor rural.

Aos moradores e ex-moradores da república Lesma Lerda-PG, em especial ao Diego, Endson, Guilherme, Hugo, Lucas, Mateus Figueiredo, Mateus Henrique, Otávio, Rafael, Rubén e Yuri, e a Dona Elza, pela amizade, companheirismo, alegrias compartilhadas e ensinamentos de vida.

A todos familiares que constantemente me motivaram, em especial aos meus avós Benedito e Divina pelo exemplo de luta e sucesso e à Tia Elizete que muitas vezes me proporcionou momentos de felicidade por me levar junto com ela à nossa terra natal, Itaú de Minas.

A todos os meus amigos da pós-graduação, graduação e da minha terra natal, por sempre me incentivaram.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado!

“O segredo para aprimorar o melhoramento de plantas,
além do conhecimento científico, é o amor.”

Luther Burbank

SUMÁRIO

RESUMO 11
ABSTRACT 13
1 INTRODUÇÃO 15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
2.1 Milho safra e safrinha e suas condições climáticas 17
2.2 Interação genótipos x ambientes 19
2.3 Seleção em ambientes de estresse abiótico 21
2.4 Resposta à seleção 23
3 MATERIAL E MÉTODOS 27
3.1 Material genético 27
3.2 Procedimento experimental 28
3.3 Análises de variância 29
3.4 Análises estatístico-genéticas 35
3.5 Decomposição da interação testecrosses x safras 37
3.6 Resposta à seleção, eficiência da seleção indireta e coincidência 38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 41
4.1 Médias e análises de variâncias conjuntas para safra e para safrinha 41
4.2 Médias e análises de variâncias conjuntas gerais 49
4.3 Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos 53
4.4 Decomposição da interação testecrosses x safras 64
4.5 Respostas à seleção 66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 75
REFERÊNCIAS 79
ANEXOS 89

RESUMO

Interação testecrosses por épocas de semeadura e implicações para o melhoramento de milho

O cultivo do milho safrinha tem se expandido consideravelmente nos últimos anos. Porém devido às condições ambientais contrastantes entre safra e safrinha, deve ocorrer pronunciada interação genótipos x safras, indicando que os genótipos selecionados para a safra podem não ser adequados para a safrinha. Assim, os objetivos deste trabalho foram investigar a magnitude e natureza da interação genótipos x safras e a necessidade de conduzir programas de melhoramento de milho distintos para o cultivo de safra e safrinha. Foram utilizadas 100 progênies S_1's derivadas do cruzamento entre as linhagens endogâmicas L08-05F e L38-05D, as quais foram retrocruzadas com ambas as linhagens genitoras e, posteriormente, estas foram cruzadas com a linhagem endogâmica L02-03D para obtenção de 200 testecrosses (100 TC_{RC1} e 100 TC_{RC2}). Os testecrosses obtidos foram avaliados nos ambientes de safra e safrinha em dois anos agrícolas no município de Piracicaba/SP no delineamento α-látice com duas repetições por ambiente por ano. Os caracteres analisados foram produção de grãos (PG), prolificidade (PROL), acamamento e quebramento de plantas (ACQ), altura de planta (AP) e de espiga (AE), posição relativa da espiga (PRE), florescimento masculino (FM) e feminino (FF) e intervalo entre florescimentos (IF). Diferenças entre as médias nas duas safras foram significativas para todos os caracteres, reduzindo significativamente a PG na safrinha devido à menor disponibilidade hídrica. A variância genética dos testecrosses para PG na safrinha foi inferior à da safra para os testecrosses TC_{RC2}, enquanto que para os testecrosses TC_{RC1} a variância genética não diferiu de zero na safrinha. Consequentemente, o coeficiente de herdabilidade na safrinha para os TC_{RC1} não diferiu de zero e os TC_{RC2} apresentaram coeficientes de herdabilidade de magnitudes similares nas duas safras. Para os demais caracteres as magnitudes das variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade diferiram entre as safras e os dois grupos de testecrosses. As magnitudes dos componentes da interação testecrosses x safras mostraram que o tipo complexa explica a maior parte da interação, sendo causada pelas baixas magnitudes de correlações entre os caracteres nas diferentes safras. As respostas diretas e indiretas à seleção mostraram que a seleção direta foi mais eficiente que a indireta em todas as situações, com exceção daquelas em que não foi detectada variância genética na safrinha. As respostas à seleção baseadas nas médias das safras resultaram em progressos na safra e na safrinha próximos aos observados pela seleção direta. Porém, a coincidência de testecrosses selecionados em ambas as safras foi muito baixa para os dois testecrosses. Assim, os resultados deste estudo sugerem que os programas de melhoramento de milho devem ser distintos para safra e safrinha.

Palavras-chave: *Zea mays*; Safra e safrinha; Seleção indireta; Interação genótipos x ambientes

ABSTRACT

Testcrosses by sowing dates interaction and implications for maize breeding

Maize second crop season, known as “safrinha”, has increased considerably in the last years in Brazil. However, because of the different environmental conditions between the two crop seasons strong genotype by environment interaction is expected to occur, and then maize genotypes selected in the first crop season (known as “safra”) could not be those ones that would be selected in the safrinha. Thus, objectives of this research were to investigate the magnitude and the nature of the genotype x crop season interaction and whether separate maize breeding programs for each crop season should be conducted. One hundred S_1´s progenies developed from a population produced from the cross of inbred lines L08-05F (P_1) and L38-05D (P_2), were backcrossed to both parental inbred lines and, subsequently, these backcrosses were crossed to the inbred line L02-03D giving rise to the 200 testcrosses, thereafter named as TBC_1 and TBC_2 for the backcrosses to P_1 and P_2, respectively. The testcrosses were evaluated in two crop seasons in two years at the Piracicaba city, São Paulo State, in the α-lattice designs with two replications per crop season and year. The traits analyzed were grain yield (GY), prolificacy (PROL), plant lodging (PL), plant (PH) and ear (EH) heights, ear placement (EP), days to anthesis (DA), days to silking (DS), and anthesis-silking interval (ASI). Significant differences for the means of all traits in the two crop seasons were detected, and GY reduced significantly in the safrinha because of the moisture stress. The magnitude of the genetic variance for GY in the safrinha was inferior to that in the safra for the TBC_2, and for the TBC_1 this parameter did not differ from zero in the safrinha. Consequently, the heritability coefficient in the safrinha for the TBC_1 did not differ from zero and the TBC_2 presented similar magnitudes of the heritability coefficients in both crop seasons. For the other traits, the magnitudes of the genetic variances and of the heritability coefficients were different between the crop seasons and for the two sets of testcrosses. The magnitudes of the components of the interactions testcrosses x crop seasons showed that the complex type i.e., the cross-over interaction type, accounted for the major part of the interactions, which were due to the low magnitudes of the correlations of the traits in the two crop seasons. Estimates of the direct and indirect responses to selection showed that the direct selections were more efficient than the indirect selections, except to that trait in which the genetic variance did not differ from zero in the safrinha. The responses to selection based on the means of the two crop seasons presented similar magnitudes of the direct responses in both crop seasons. However, the coincidence of testcrosses selected in the two crop seasons was very low for both sets of testcrosses. Therefore, the results of this study suggest that separate maize breeding programs should be conducted for each crop season.

Keywords: *Zea mays*; Crop seasons; Indirect selection; Genotype by environment interaction

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cerais mais importantes cultivados no mundo. No Brasil sua produção divide-se em duas principais épocas de plantio na região centro-sul, a safra ou primeira época e a safrinha ou segunda época, que juntas ocuparam uma área de aproximadamente 15,2 milhões de hectares com produção total de 72,7 milhões de toneladas na safra 2011/2012, em que o cultivo de safrinha foi responsável por 53,4% da produção e 50,1% da área plantada (CONAB, 2012a). Estes dados mostram a importância do milho safrinha, não sendo mais apenas uma opção de cultivo no inverno. No entanto, na safrinha, a cultura enfrenta condições ambientais desfavoráveis, resultando na redução da produtividade quando comparada com a safra em mesmo nível tecnológico. Essa redução, normalmente, não ocorre na mesma magnitude para todos os genótipos cultivados nesta época (RIBEIRO; SANTOS; RAMALHO, 1999). Assim, esforços devem ser direcionados para a maximização de sua eficiência produtiva.

Apesar disso, os agricultores têm sido limitados a plantar híbridos desenvolvidos apenas sob condições de safra, pois os programas de melhoramento genético de milho, até pouco tempo, concentravam-se nesta época para o desenvolvimento de cultivares e não vinham dando muita ênfase para a seleção de genótipos específicos para a safrinha (PINHO et al., 2002; HEINEMANN et al., 2009). Dessa forma, a maioria dos cultivares de milho disponíveis no mercado e cultivados na safrinha foram na realidade, desenvolvidos para a safra e apenas avaliados na safrinha (KVITSCHAL et al., 2004). Contudo, devido à grande diferença climática entre safra e safrinha, espera-se a ocorrência de uma pronunciada interação entre genótipos x safras, indicando que os cultivares desenvolvidos para as condições de safra podem não ser os melhores ou mais adaptados para as condições de safrinha. Logo, esta interação deve ser considerada cuidadosamente para otimizar os resultados de seleção, visto que seus efeitos podem retardar a identificação dos genótipos superiores (ALLARD; BRADSHAW, 1964). Segundo Falconer e Mackay (1996) a interação genótipos x ambientes é caracterizada pela resposta diferenciada dos genótipos frente às variações ambientais, o que pode ocasionar uma alteração da performance e da classificação dos genótipos nos diferentes ambientes. Uma das soluções para reduzir os efeitos desta interação seria selecionar genótipos estáveis que interagem menos com o ambiente e que apresentem também uma performance média desejável (EBERHART; RUSSEL, 1966), ou ainda selecionar genótipos adaptados a ambientes específicos podendo assim capitalizar o efeito da interação de acordo com sua natureza (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Uma das ferramentas que pode ser utilizada para indicar se há necessidade de desenvolver programas de melhoramento distintos para a safra e safrinha é a obtenção da estimativa da resposta à seleção em função do ambiente em que é realizada. Esta estimativa pode avaliar a eficiência do programa de melhoramento genético para os caracteres de interesse e também se uma dada população é adequada aos propósitos do melhoramento (HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010). Também a resposta correlacionada à seleção pode ser utilizada para verificar o que ocorre com certo caráter em uma dada época de semeadura quando realizamos a seleção em outra. Segundo Vencovsky e Barriga (1992) é possível que a seleção de genótipos superiores para uma das safras possa ser alcançada de forma mais eficiente quando é realizada em outra que permita a estimação de um coeficiente de herdabilidade maior que na safra alvo, desde que haja alta correlação entre a safra e safrinha. Assim, a seleção indireta em uma das safras pode ser mais eficiente, menos eficiente ou tão eficiente quanto a seleção direta, indicando, portanto, qual o melhor ambiente para a seleção de genótipos superiores para a safra e para a safrinha.

Deste modo, devido à importância da safra e safrinha para a cadeia produtiva do milho, a realização da seleção direta e indireta em safra e safrinha em função dos principais caracteres envolvidos com a produção de grãos e caracteres morfológicos da planta, a obtenção de parâmetros genéticos e o estudo da interação genótipos x safras, podem ser úteis para auxiliar os programas de melhoramento de milho com base na necessidade de desenvolver programas de melhoramento distintos para as condições de safra e safrinha. Com isso, os objetivos deste trabalho foram investigar a magnitude e natureza da interação genótipos x safras e a necessidade de conduzir programas de melhoramento de milho distintos para o cultivo de safra e safrinha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Milho safra e safrinha e suas condições climáticas

O plantio de milho nas regiões centro-oeste, sul e sudeste do Brasil pode ser dividido em duas grandes épocas de semeadura: safra e safrinha. Estas épocas de semeadura variam de maneira geral entre setembro e dezembro para a safra e janeiro a abril para a safrinha, assim denominada devido aos menores rendimentos em relação à safra em condições de mesmo nível tecnológico (ALFONSI, 1996). Em algumas regiões a época de plantio da safrinha é definida em função da colheita da soja precoce e em outras regiões após o milho safra ou o feijão.

A época de semeadura do milho é uma fonte de variação muitas vezes altamente significativa como constatado por diversos autores na literatura (SOUZA et al., 1991; RIBEIRO; SANTOS; RAMALHO, 1999; PINHO et al., 2002). Alguns trabalhos mostram que o plantio tardio, pode ocasionar a redução da produção de grãos, prolificidade, altura da planta e da espiga e pode elevar o número de dias para o florescimento masculino e feminino (PAIVA JUNIOR et al., 2001; BENTO; RAMALHO; SOUZA, 2003; FARINELLI et al., 2003; SILVA, 2011), a incidência de doenças de importância (BRASIL; CARVALHO, 1998; BRITO et al., 2007), e geralmente o número de plantas acamadas e quebradas (CANDIDO, 2005). Segundo Vilhegas et al. (2001) a diminuição na produção de grãos, à medida que se retarda a semeadura do milho, é relatada por diversos autores como resultado da variação nos elementos climáticos, tais como precipitação, radiação solar e temperatura.

Brunini et al. (2001), relatam que a disponibilidade hídrica é a principal causa de redução na produção vegetal. De acordo com Fritsche-Neto e Borém (2011), as perdas relacionadas ao déficit hídrico têm sido o principal desafio para a produção de grãos em diversas culturas. Para a cultura do milho, a deficiência hídrica pode ocasionar perdas na produção de grãos de 66% a 93% em períodos prolongados de seca (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). O efeito da precipitação na produtividade, segundo Çakir (2004), está principalmente relacionado com a época em que ocorre e a distribuição das chuvas durante o ciclo da cultura. De acordo com Couto e Sans (2002) a necessidade hídrica da cultura do milho gira em torno de 600 mm durante seu ciclo. Com isso, a deficiência hídrica no cultivo de safra não é o principal impedimento ao seu desenvolvimento (HEINEMANN et al., 2009).

Na média dos anos, à medida que se avança para o período de inverno, as precipitações diminuem e se tornam mais irregulares, aumentando a probabilidade de períodos prolongados de seca ou mesmo de veranicos, consequentemente, quanto mais tarde for o plantio, como no caso da safrinha, maior será o risco de perdas pela seca, resultando em queda na produção (SHIOGA; GERAGE, 2010). De acordo com Vilela e Bull (1999) e Pereira et al. (2009), o veranico é um dos fatores que mais restringe a produção do milho no Brasil, principalmente pela redução da produção de grãos na safrinha, quando comparada com a safra.

A temperatura, é também um dos principais fatores do ambiente que, ao longo do ciclo da cultura, exerce influência considerável nas etapas do seu desenvolvimento, podendo acelerar ou prolongá-las, através do acúmulo de calor. Segundo Cardoso, Faria e Folegatti (2004) o ciclo fenológico da cultura na safrinha pode ser afetado drasticamente por temperaturas baixas, em que a duração do ciclo tende a se alongar, o que pode resultar em maior estresse hídrico, pois como relatado, à medida que se avança para o período de inverno as precipitações diminuem e se tornam mais irregulares. Shioga e Gerage (2010), avaliando diferentes épocas de semeadura em milho safrinha, relatam que a temperatura decresce ao longo do ciclo da cultura, inversamente ao que ocorre no cultivo do milho na safra normal, submetendo as plantas de milho a maior condição de estresse. De acordo com Pereira et al. (2009) a escolha do genótipo para o cultivo na safrinha deve ser fundamentada na adequação de suas necessidades térmicas à época de semeadura e à região considerada. Os mesmos autores comentam que em diversos trabalhos foi verificado um melhor desempenho na safrinha de cultivares de ciclo precoce e superprecoce. Sabe-se que os genótipos de milho de ciclo superprecoce, precoce, normal e tardio, apresentam exigências térmicas distintas, diretamente proporcionais ao seu ciclo (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003).

A luz é outro fator limitante no desenvolvimento do milho. Segundo Fancelli e Dourado Neto (2004), a redução de 30% a 40% da intensidade de luz induz o atraso na maturação dos grãos, principalmente em cultivares tardios mais sensíveis à carência de luz, podendo afetar a produtividade. A quantidade de radiação incidente disponível reduz de acordo com a época de semeadura da cultura (FORSTHOFER et al., 2006), e deste modo, na safrinha, a cultura do milho pode ter sua produtividade afetada pelas limitações de radiação solar na fase de enchimento de grãos.

Todavia o plantio de safrinha, apesar de apresentar uma condição ambiental não favorável, é responsável atualmente por 53,4% da produção e 50,1% da área total plantada com milho no Brasil e está em crescente expansão (CONAB, 2012a). Este cultivo teve início

em 1980, quando representava apenas 1,25% da área plantada; em 1990 representava 4,3%, em 2000 já representava 22,8%, e na safra 2010/2011 a safrinha contribuiu com 42,8% da área plantada no país (CONAB, 2012b). Além disso, segundo Landers (1994), o cultivo na safrinha apresenta como vantagens, o aproveitamento racional de máquinas, equipamentos e mão de obra; maior proteção do solo devido à sua cobertura vegetal em maior período do ano; antecipação de receitas, com a obtenção de preços mais compensadores; sucessão de culturas dentro do mesmo período agrícola; melhoramento das condições biofísicoquímicas do solo; melhor controle de plantas invasoras para a cultura subsequente, dentre outras. Portanto, é evidente a importância do milho safrinha, que deixou de ser apenas opção de cultivo no inverno para se tornar uma atividade agrícola rentável e expressiva.

Diante destes fatores, para condições de deficiência hídrica severa, como no caso do milho safrinha, há necessidade de adotar procedimentos de escape da seca, pela seleção de híbridos superprecoces ou precoces, e/ou implantar programas de melhoramento para o desenvolvimento de genótipos com tolerância à seca e a baixas temperaturas, que sejam adaptados à safrinha. Apesar disso, muitos produtores cultivam híbridos desenvolvidos para o cultivo de safra, devido à falta de híbridos melhorados especificamente para as condições de safrinha, visto que os programas de melhoramento genético de milho concentravam-se na época de safra para o desenvolvimento de cultivares e não vinham dando muita ênfase para a seleção de genótipos específicos para a safrinha, apesar desta apresentar condições ambientais distintas à da safra. No entanto, esse quadro está mudando, em função do crescimento em importância e da área plantada com milho safrinha. Hoje, praticamente todas as empresas estão investindo em seus programas de melhoramento visando identificar genótipos eficientes para o ambiente de safrinha (MAGALHÃES; DUARTE; GUIMARÃES, 2007; HEINEMANN et al., 2009).

2.2 Interação genótipos x ambientes

Considerações a respeito da interação de genótipos com ambientes (G x E) são essenciais para a eficiência dos processos de melhoramento de plantas devido à maioria dos caracteres de importância para o melhoramento serem quantitativos (CHAVES, 2001). O valor fenotípico, quando avaliado em um ambiente, é o resultado da ação do efeito genotípico sob a influência do meio ao qual é submetido. No entanto, ao avaliar o mesmo genótipo em vários ambientes, surge, frequentemente, um componente adicional que influencia o seu valor fenotípico, que é denominado interação entre os efeitos genotípicos e os ambientais (CRUZ;

CARNEIRO, 2006). A interação G x E ocorre todas as vezes que a resposta fenotípica é diferenciada frente às variações ambientais, ou seja, as performances dos genótipos em um determinado ambiente podem diferir em outros ambientes (FALCONER; MACKAY, 1996).

Segundo Vencovsky e Barriga (1992) a interação G x E é composta por duas partes, uma devida à diferença na variabilidade genética dos genótipos dentro dos ambientes, denominada de interação simples, e outra devida à falta de correlação genética entre os genótipos de um ambiente para outro, denominada interação complexa. Quando há predomínio da parte simples, o trabalho de seleção é facilitado, pois a classificação genotípica nos diferentes ambientes não se altera, logo, a seleção pode ser feita com base na média dos ambientes e a recomendação dos cultivares ser de maneira generalizada. Entretanto, quando a interação complexa é mais expressiva, torna-se a parte problemática da interação, pois uma correlação baixa pode significar que um material superior num ambiente pode não ser superior em outro, aumentando a complexidade no melhoramento, uma vez que indica a inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variação ambiental (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Isso impede que a recomendação de cultivares possa ser feita de maneira generalizada, acarretando maiores dificuldades e exigindo a adoção de medidas que controlem ou minimizem os efeitos dessa interação, para então se proceder à recomendação mais segura.

No caso específico do milho, grande esforço tem sido dedicado na atenuação do efeito da interação. Uma das alternativas utilizadas é a identificação de genótipos com maior estabilidade frente às variações ambientais (EBERHART; RUSSEL, 1966), esse procedimento tem sido alvo de muitos estudos e a literatura é ampla a esse respeito. Contudo, a vantagem de haver interação G x E manifestando-se, é que podemos capitalizar as interações selecionando ou recomendando genótipos em função do seu grau de adaptação aos ambientes, ou seja, específicos para cada ambiente. Portanto, a magnitude relativa da natureza dessas interações fornecem subsídios ao melhorista quanto à estratégia de escolher genótipos de adaptação ampla ou de adaptação restrita a ambientes específicos (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Ainda, segundo Resende (1989) a interação acarreta a manutenção da variabilidade genética, contribuindo assim, para evitar a erosão genética e a vulnerabilidade genética do germoplasma a doenças, pragas e a condições de estresse abiótico.

A detecção do efeito da interação genótipos x épocas de semeadura para a produção de grãos em milho é relatada por diversos autores (SOUZA et al., 1991; RIBEIRO; RAMALHO; FERREIRA, 2000; PAIVA JUNIOR et al., 2001; VILHEGAS et al., 2001; PINHO et al., 2002). Gomes (1990), avaliando diferentes genótipos de milho em dez épocas de semeadura distribuídas entre safra e safrinha, encontrou interação genótipos x épocas de semeadura

altamente significativa para produção de grãos, mostrando que os genótipos não mantêm o mesmo comportamento relativo nas diferentes épocas estudadas. No mesmo trabalho também foi observado que subdivisões no conjunto de épocas reduziram a magnitude da interação genótipos x épocas de semeadura, quando comparada com a interação geral, indicando que as condições climáticas prevalecentes em períodos adjacentes são mais semelhantes. Oliveira (1990) encontrou interação genótipos x épocas de semeadura superior a de genótipos x locais, sugerindo que as recomendações generalizadas de cultivares de milho seriam mais eficientes se os ensaios de avaliação de cultivares fossem conduzidos num maior número de épocas de semeadura em detrimento do número de locais.

Desse modo, seria adequado conduzir programas de seleção específicos para cada época e assim concluir com base em sua natureza, se a interação é expressiva ou não para que haja programas de melhoramento separados para safra e safrinha. Portanto, um bom entendimento da interação genótipos com ambientes poderá contribuir para o aproveitamento de seus efeitos benéficos, bem como para contornar seus efeitos indesejáveis sobre a avaliação de genótipos e recomendação de cultivares (CHAVES, 2001).

2.3 Seleção em ambientes de estresse abiótico

Para que o melhoramento seja eficiente é importante a escolha de métodos adequados. Esforços têm sido feitos no sentido de entender e explorar a variabilidade nas características relacionadas aos diversos tipos de tolerância a estresses abióticos e eficiência no uso de recursos, o que tem se mostrado tarefa complexa, devido ao fato de a herança desses caracteres ser, em geral, poligênica e muito influenciada pelo ambiente (FRITSCHE-NETO; BORÉM, 2011). Para o melhoramento visando aumentar a produção sob condições de estresse hídrico, uma questão chave é como escolher o melhor ambiente de avaliação para identificar os genótipos mais produtivos. Deve-se decidir se os genótipos serão selecionados diretamente na presença do estresse ou indiretamente na ausência deste (CALHOUN et al., 1994; BRANCOURT-HULMEL et al., 2005).

A seleção para produtividade sob estresse, como ocorre na safrinha, quando comparada com a seleção sob condições ideais, tem sido considerada menos eficiente devido às elevadas magnitudes dos coeficientes de variação experimental e, também, a proporção da variância ambiental ser superior em relação à genética, resultando em uma redução na estimativa do coeficiente de herdabilidade para a produtividade dificultando a seleção de genótipos superiores (BOLAÑOS; EDMEADES; MARTINEZ, 1993; RIBAUT et al., 1996).

Assim, poucos programas de melhoramento aplicam a seleção em condições de estresse, porém há na literatura resultados contrários aos relatados, em que as estimativas dos coeficientes de herdabilidade foram superiores em condições de estresse em relação a condições mais favoráveis a cultura do milho (SELMANI; WASSOM, 1993; LAFITTE; EDMEADES, 1994; AGRAMA et al., 1999).

Apesar das dificuldades descritas por alguns autores para o melhoramento da produção de grãos na cultura do milho sob condições de estresse (BOLAÑOS; EDMEADES; MARTINEZ, 1993; RIBAUT et al., 1996), o uso de caracteres secundários associados às estimativas de rendimento de grãos tem, em alguns casos, promovido resultados satisfatórios no desenvolvimento de material tolerante devido ao aumento da eficiência da seleção, desde que tenham bom valor adaptativo sob estresse, alta herdabilidade e sejam fáceis de mensurar, além de apresentarem correlação genética alta e significativa com a produção de grãos e outros caracteres agronômicos (KAMARA et al., 2003; CÂMARA, 2006). Ainda, se observados antes da maturidade, estes caracteres secundários podem ser usados como critério de seleção precoce (BÄNZIGER et al., 2000).

Assim, no caso específico do déficit hídrico, principal fator limitante para o cultivo de safrinha, a seleção não deve ser feita com base apenas na produtividade, mas também em caracteres associados à tolerância ao estresse hídrico (CHEN et al., 1996). Vários autores relatam que os principais caracteres associados ao déficit hídrico a serem considerados em programas de melhoramento de milho são a prolificidade, intervalo entre florescimentos masculino e feminino, florescimento feminino, número de ramificações do pendão e *stay green*. Estes caracteres apresentam, geralmente, herdabilidade elevada, são correlacionados com a produção de grãos, e são passíveis de serem avaliados fenotipicamente em larga escala (GUEI; WASSOM, 1992; RIBAUT et al., 1996; BÄNZIGER et al., 2000; KAMARA et al., 2003; SANTOS et al., 2003; CÂMARA et al., 2007). Duvick e Cassman (1999) associam o aumento no potencial produtivo com mudanças nas características do milho, como aumento no número de espigas por planta, de *stay green*, do ângulo da folha (estatura mais ereta), redução do tamanho do pendão, da quebra do colmo abaixo da espiga e do intervalo entre florescimentos, e sugerem que estas mudanças têm contribuído para aumentar a produção em condições de estresses.

Alguns autores reportam que os híbridos de milho apresentaram uma melhoria de rendimento devido principalmente ao aumento da tolerância a estresses abióticos (DUVICK; CASSMAN, 1999; TOLLENAAR; WU, 1999; BRUCE; EDMEADES; BARKER, 2002). De acordo com Tollenaar e Lee (2002), o melhoramento genético na produção de milho não está

associado com o potencial produtivo *per se* e nem com a heterose *per se*, mas sim com a tolerância ao estresse, o que é consistente com a redução na interação genótipos x manejos. De fato, durante os ensaios de melhoramento é difícil alcançar uma completa ausência de estresse ao longo do período de desenvolvimento da cultura, o que não é possível na maioria das condições de campo e com isso o aumento da tolerância ao estresse pode ser resultado, em parte, da tendência dos programas de melhoramento comercial de testar e desenvolver híbridos de ampla adaptação (DUVICK; CASSMAN, 1999; TOLLENAAR; LEE, 2002).

Para aumentar a produtividade do milho sob condições de estresse pela seleção dos genótipos mais tolerantes ou eficientes no uso de recursos, pode-se optar por aplicar a seleção direta sob condições de estresse, seleção indireta em condições favoráveis ou seleção combinada, utilizando ambas as condições de estresse e favoráveis (BYRNE et al., 1995). Na seleção combinada é possível identificar genótipos com alta estabilidade diante das variações ambientais, já na seleção direta a interação genótipos por ambientes pode ser capitalizada pela seleção de genótipos altamente adaptados à condição de estresse (SOUZA; PIMENTEL; RIBEIRO, 2011). A seleção indireta, caso seja eficiente, possibilita a otimização do programa de melhoramento suprindo a necessidade de programas separados para ambientes contrastantes (LORENZANA; BERNARDO, 2008).

2.4 Resposta à seleção

As expressões da resposta direta à seleção permitem ao melhorista julgar com base em critérios essencialmente objetivos e técnicos, que método deve ser o mais eficiente nas condições de seu trabalho, além de ajudar a encontrar os motivos pelo qual um dado método empregado pelo melhorista não estar dando os resultados esperados (VENCOVSKY, 1987). Já a resposta correlacionada ou indireta à seleção é estimada para permitir ao melhorista conhecer as mudanças que ocorrem em um determinado caráter em função da seleção praticada em outro caráter, que é correlacionado a ele, ou até mesmo praticando a seleção no próprio caráter, porém selecionando-o em outro ambiente, contribuindo assim, com o programa de melhoramento (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993).

A existência de caracteres correlacionados e seu emprego no melhoramento genético constituem um dos meios que o melhorista dispõe para economizar tempo e trabalho (GOLDENBERG, 1968). A seleção indireta pode ser superior à seleção direta caso a herdabilidade do caráter a ser selecionado seja menor no ambiente alvo (como por exemplo, na safrinha) do que no ambiente onde a seleção indireta é praticada (como por exemplo, na

safra), e que a correlação genética entre a performance do caráter nos dois ambientes seja alta, ou a menos que a intensidade de seleção, no ambiente em que se pratica a seleção, possa ser superior a do ambiente em que se pretende obter a resposta (FALCONER; MACKAY, 1996). Segundo Vencovsky e Barriga (1992) a seleção indireta geralmente é pouco eficiente confrontada com a seleção direta, porém a seleção combinada pode ser uma estratégia útil.

A interação G x E influencia diretamente a resposta à seleção, podendo mascarar a variabilidade genética e conduzir a variâncias genéticas superestimadas, o que leva a discrepâncias entre respostas esperadas e observadas com a seleção, principalmente nas etapas preliminares do processo de seleção, em que geralmente os genótipos são avaliados em um só ambiente. Já nas fases finais, como os ensaios são conduzidos em vários ambientes (locais, anos e/ou épocas), é possível o isolamento deste componente da variabilidade, muito embora, neste momento a intensidade de seleção seja baixa, o que já minimizaria seus efeitos sobre previsões da resposta à seleção (ALLARD, 1971; DUARTE; VENCOVSKY, 1999). Também, a interação G x E pode influenciar a resposta à seleção devido à baixa correlação existente entre as médias dos genótipos nos ambientes de avaliação (FERREIRA et al., 2006). Assim sendo, quando a seleção é feita em um ambiente e a resposta é observada em outro, a resposta esperada com a seleção, na presença de uma forte interação, tende a ser reduzida. Na literatura há alguns trabalhos que evidenciam esta tendência. Pacheco, Ramalho e Magnavaca (1998) avaliando progênies de milho em dois locais contrastantes, observaram que as respostas diretas à seleção foram sempre superiores às respostas indiretas para todos os caracteres avaliados, reforçando a presença acentuada da interação genótipos por ambientes. Neste mesmo trabalho, a seleção realizada na média dos ambientes com resposta esperada em ambientes individuais proporcionou respostas mais próximas das respostas diretas à seleção. Arboleda-Rivera e Compton (1974) avaliando ciclos de seleção massal para produtividade de grãos de milho em condição favorável (época das águas, com precipitação média de 600mm) e outra desfavorável (época de seca, com precipitação média de 300mm), relataram que a resposta à seleção direta na época da seca foi cerca de três vezes superior à resposta à seleção indireta, quando se praticou seleção na época das águas e obteve a resposta na época das seca. Resende et al. (1997), trabalhando com milho em condições de solo fértil e ácido, constaram que a seleção indireta (seleção em ambiente favorável e resposta em ambiente com estresse) foi cerca de 42% inferior a seleção direta, porém a seleção com base na média dos ambientes apresentou melhores resultados.

Estes relatos corroboram com Edmeades et al. (2006), os quais sugerem que quando a queda na produtividade em condições de estresse abiótico é maior que 50% a 60% em relação

a condição favorável de cultivo, é mais eficiente realizar a seleção no próprio ambiente de estresse. Ainda segundo o mesmo autor, uma produtividade inferior geralmente é o preço pago pela tolerância de genótipos a ambientes de estresse, porém a seleção conjunta sob condições de estresse e favoráveis permite combinar alta produtividade com estabilidade.

Por outro lado, Lorenzana e Bernardo (2008), estudando a necessidade de desenvolver programas de melhoramento de milho distintos para o sistema de produção convencional e orgânico, sugeriram, com base na eficiência da resposta à seleção direta e correlacionada, que linhagens e híbridos podem ser obtidos sob o sistema convencional e posteriormente apenas avaliados sob condições orgânicas, não havendo, portanto, necessidade de se desenvolver programas de melhoramento separados para cada um destes sistemas de produção. Brun e Dudley (1989) relatam que a seleção para o aumento da produtividade de milho quando realizada em condições favoráveis (alta disponibilidade de nitrogênio) para obter resposta em condições desfavoráveis (baixa disponibilidade de nitrogênio) foi similar à resposta obtida pela seleção direta em condições desfavoráveis, indicando que a seleção indireta foi tão eficiente quando a seleção direta. Entretanto Gallais, Coque e Bertin (2008), relatam que o aumento da produtividade de milho para condições de baixa disponibilidade de nitrogênio foi aproximadamente quatro vezes maior quando praticada a seleção indireta em condições de alta disponibilidade em relação à seleção direta. Weber et al. (2012) relatam que a seleção indireta de híbridos de milho sob condições abióticas favoráveis foi mais eficiente que a seleção direta sob condições de estresse abiótico.

Baseado nestes relatos, a seleção indireta pode ser mais eficiente (GALLAIS; COQUE; BERTIN, 2008; WEBER et al., 2012), menos eficiente (ARBOLEDA-RIVERA; COMPTON, 1974; RESENDE et al., 1997; PACHECO; RAMALHO; MAGNAVACA, 1998) ou tão eficiente quanto a seleção direta no ambiente alvo (BRUN; DUDLEY, 1989; LORENZANA; BERNARDO, 2008), não havendo, portanto, consenso sobre como selecionar genótipos para cultivo sob condições de estresse. Diante do exposto, a seleção para caracteres quantitativos em ambientes como a safrinha, merece estudos mais aprofundados e que possibilitem a identificação do melhor ambiente para seleção de genótipos superiores adaptados a estas condições.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Foram utilizadas 100 progênies $F_{2:3}$ (progênies S_1's) derivadas do cruzamento entre as linhagens endogâmicas L-08-05F e L-38-05D as quais foram retrocruzadas para ambas as linhagens genitoras e posteriormente cruzadas com a linhagem endogâmica elite L-02-03D para obtenção de 200 testecrosses. A linhagem L-08-05F apresenta grãos duros de coloração alaranjada e foi obtida da população IG-1 e a linhagem L-38-05D possui grãos dentados de coloração amarelada e foi extraída do híbrido simples utilizado como genitor feminino do híbrido duplo BR 201. As linhagens genitoras pertencem a grupos heteróticos distintos, apresentam divergência genética para diversos caracteres e alta capacidade específica de combinação para produção de grãos e prolificidade (AGUIAR et al., 2003). A linhagem L-02-03D possui grãos dentados de coloração amarelada e foi extraída da população IG-2. Esta linhagem é considerada elite por apresentar boa performance *per se* e em cruzamentos (SANTOS, 2008). As linhagens genitoras (L-08-05F e L-38-05D), a linhagem testadora (L-02-03D) e as populações IG-1 e IG-2 foram desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento de Milho do Departamento de Genética da ESALQ/USP.

Para a obtenção das progênies S_1's, a geração F_1 do cruzamento entre as linhagens L-08-05F e L-38-05D foi autofecundada obtendo-se a população F_2, da qual uma amostra de 100 plantas foi autofecundada gerando 100 progênies S_1's. Estas foram retrocruzadas com cada uma das linhagens genitoras para a obtenção de 200 progênies de retrocruzamento em dois lotes isolados de despendoamento na Estação Experimental Anhembi pertencente ao Departamento de Genética da ESALQ/USP, no ano agrícola 2007/2008, em que as progênies S_1's foram utilizadas como fêmeas e as linhagens genitoras como machos, as quais foram semeadas em linhas de 6 m, que após o desbaste, continham 30 plantas espaçadas a cada 0,2 metros. Foi utilizada uma proporção de três linhas de fêmeas para uma linha de macho, em cada lote isolado. Para que houvesse coincidência entre florescimentos, as linhas de machos foram semeadas em três épocas, cinco dias antes, no dia e cinco dias após a semeadura das linhas de fêmeas, sendo semeados dois metros para cada época de semeadura.

No inverno de 2008, as 200 progênies de retrocruzamento foram cruzadas com a linhagem elite L-02-03D em lote isolado de despendoamento na Estação Experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP dando origem a 200 testecrosses. Estes cruzamentos foram realizados de maneira análoga àquela usada para obter as progênies de

retrocruzamento, em que as progênies de retrocruzamento foram utilizadas como fêmeas e a linhagem testadora L-02-03D como macho. As sementes de cada linha de fêmea foram colhidas separadamente, misturadas e identificadas para montagem dos experimentos com os 200 testecrosses.

3.2 Procedimento experimental

Os 200 testecrosses foram avaliados em duas épocas de semeadura (safra e safrinha) nos anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010 na Estação Experimental Caterpillar pertencente ao Departamento de Genética da ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba/SP, totalizando quatro experimentos (Anexo A). Os 200 testecrosses foram plantados em um mesmo experimento, utilizando o delineamento experimental α-látice 10 x 20 com duas repetições. Cada parcela foi constituída de uma linha de 4 metros semeada com 40 sementes, restando após o desbaste 20 plantas em cada parcela. O espaçamento entre plantas foi de 0,20 metros e entre parcelas de 0,80 metros, correspondendo a uma população de 62.500 plantas ha^{-1}. O preparo do solo e demais tratos culturais foram realizados seguindo recomendações técnicas.

Foram coletados dados dos seguintes caracteres: florescimento masculino e feminino: número de dias transcorridos desde a data do plantio até que 50% das plantas da parcela apresentassem antese e estilos-estigmas visíveis, respectivamente; altura da planta e espiga: em cm, obtidos após o florescimento, em que, cinco plantas competitivas foram mensuradas a partir do nível do solo à altura da folha bandeira e à inserção da primeira espiga, respectivamente; estande: número total de plantas em cada parcela na época da colheita; plantas acamadas: obtido na época da colheita, em número total de plantas apresentando, no mínimo, um ângulo de inclinação em relação ao vertical maior que 30º; plantas quebradas: número total de plantas com o colmo quebrado abaixo da primeira espiga; número de espigas: total de espigas em cada parcela, em que, espigas pequenas, mal formadas, com poucos grãos e fora dos padrões da parcela foram reunidas em grupos de duas ou mais e consideradas como uma única espiga; produção de grãos: obtido pelo peso de grãos da parcela, em gramas $parcela^{-1}$; e umidade de grãos: em %, mensurada em amostras retiradas de cada parcela.

Os caracteres utilizados nas análises para avaliação foram: produção de grãos (PG) em t ha^{-1} e ajustada para 15,5% de umidade; prolificidade (PROL), obtido pela divisão entre o número de espigas e o estande, expresso em espigas $planta^{-1}$; acamamento e quebramento de plantas (ACQ), obtido pela divisão entre o somatório de plantas acamadas e quebradas e o

estande, expresso em porcentagem; altura da planta (AP) em cm; altura da espiga (AE) em cm; posição relativa da espiga (PRE), obtida pela divisão entre a altura da espiga e a altura da planta; florescimento feminino (FF) em dias; florescimento masculino (FM) em dias; e intervalo entre florescimentos (IF) em dias, obtido por FF menos FM. Os caracteres PG, PROL e ACQ foram ajustados para o estande médio utilizando análise de covariância. O caráter ACQ foi transformado para $\sqrt{x\% + 0{,}5}$, em que $x\%$ é a porcentagem de plantas acamadas e quebradas na parcela.

3.3 Análises de variância

Todas as análises foram realizadas utilizando o PROC GLM do programa computacional SAS® 9.2 (SAS INSTITUTE INC., 2008). A distribuição dos dados foi testada para normalidade dos resíduos utilizando o teste de *Shapiro-Wilk* (SHAPIRO; WILK, 1965) e as variâncias dos erros foram testadas para homogeneidade utilizando o teste de *Hartley* (HARTLEY, 1950) antes de proceder as análises.

As análises de variâncias individuais foram realizadas para cada experimento utilizando o modelo matemático para experimento em látice (COCHRAN; COX, 1966), eq. (1):

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ijk} \qquad (1)$$

em que Y_{ijk} é o valor referente ao *i ésimo* testecross, no *k ésimo* bloco, na *j ésima* repetição; μ é o efeito da média geral; t_i é o efeito aleatório do testecross *i*, sendo *i* = 1, ..., 200; r_j é o efeito aleatório da repetição *j*, sendo *j* = 1, 2; $b_{k(j)}$ é o efeito aleatório do bloco *k* dentro da repetição *j*, sendo *k* = 1, ..., 20; e_{ijk} é o erro experimental associado à observação Y_{ijk}.

A fonte de variação testecrosses foi decomposta em TC_{RC1}, TC_{RC2} e $TC_{RC1vsRC2}$, que referem-se aos testecrosses originados do grupo de 100 progênies S_1's retrocruzadas com a linhagens L08-05F, com a linhagem L38-05D e ao contraste entre os TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Resumo da análise de variância individual com as esperanças dos quadrados médios e testes *F*

FV	GL	QM	E(QM)	*F*
Repetições (R)	$(J-1)$	QM_R	----	----
Blocos/R	$J(K-1)$	$QM_{B/R}$	----	----
Testecrosses (TC)	$I-1$	QM_{TC}	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC}^2$	QM_{TC}/QM_e
TC_{RC1}	$P-1$	$QM_{TC_{RC1}}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC1}}^2$	$QM_{TC_{RC1}}/QM_e$
TC_{RC2}	$Q-1$	$QM_{TC_{RC2}}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC2}}^2$	$QM_{TC_{RC2}}/QM_e$
$TC_{RC1vsRC2}$	1	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}}$	$\sigma_e^2 + J\sum(TC_{RC1vsRC2})^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}}/QM_e$
Resíduo	$I(J-1)-(JK-1)$	QM_e	σ_e^2	----

J, *K*, *I*, *P* e *Q* referem-se ao número de repetições, blocos, testecrosses, TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente.

Posteriormente foram realizadas análises de variâncias conjuntas para a safra (safra de 2008/09 e 2009/10) e conjuntas para a safrinha (safrinha de 2008/09 e 2009/10) utilizando as médias ajustadas e os quadrados médios dos erros efetivos das análises individuais com base no seguinte modelo matemático, eq. (2):

$$Y_{il} = \mu + t_i + a_l + (ta)_{il} + e_{il} \tag{2}$$

em que Y_{il} é o valor referente ao *i ésimo* testecross, no *l ésimo* ano; μ é o efeito da média geral; t_i é o efeito aleatório do testecross *i*, sendo *i* = 1, ..., 200; a_l é o efeito aleatório do ano *l*, sendo *l* = 1, 2; $(ta)_{il}$ é o efeito aleatório da *il ésima* interação testecrosses x anos; e_{il} é o erro efetivo médio associado à observação Y_{il}. A fonte de variação testecrosses foi decomposta em TC_{RC1}, TC_{RC2} e $TC_{RC1vsRC2}$, assim como a interação testecrosses x anos foi decomposta em $TC_{RC1}xAn$, $TC_{RC2}xAn$ e $TC_{RC1vsRC2}xAn$ (Tabela 2).

As análises de variâncias conjuntas gerais (safra e safrinha de 2008/09 e 2009/10) foram realizadas utilizando as médias ajustadas e os quadrados médios dos erros efetivos das análises individuais com base no seguinte modelo misto, em que o efeito de safras (s_m) foi considerado fixo e os demais aleatórios, eq. (3):

$$Y_{ilm} = \mu + t_i + a_l + s_{m(l)} + (ta)_{il} + (ts/a)_{im(l)} + e_{ilm} \tag{3}$$

em que Y_{ilm} é o valor referente ao *i ésimo* testecross, na *m ésima* safra no *l ésimo* ano; μ é o efeito da média geral; t_i é o efeito aleatório do testecross *i*, sendo *i* = 1, ..., 200; a_l é o efeito aleatório do ano *l*, sendo *l* = 1, 2; $s_{m(l)}$ é o efeito fixo da safra *m* dentro do ano *l*, sendo *m* = 1, 2 (safra e safrinha); $(ta)_{il}$ é o efeito aleatório da *il ésima* interação testecrosses x anos; $(ts/a)_{im(l)}$ é o efeito aleatório da *im ésima* interação testecrosses x safras dentro do ano *l*; e_{ilm} é o erro efetivo médio associado à observação Y_{ilm}. A fonte de variação testecrosses foi decomposta em TC_{RC1}, TC_{RC2} e $TC_{RC1vsRC2}$, assim como as interações testecrosses x anos e testecrosses x safras foram decompostas em $TC_{RC1}xAn$, $TC_{RC2}xAn$, $TC_{RC1vsRC2}xAn$ e $TC_{RC1}xS/An$, $TC_{RC2}xS/An$, $TC_{RC1vsRC2}xS/An$, respectivamente. A fonte de variação safras

dentro de anos foi decomposta nos contrastes $S_a vs S_b / An_1$ e $S_a vs S_b / An_2$, que referem-se ao contraste entre a safra (S_a) e a safrinha (S_b) dentro do ano agrícola 2008/2009 (An_1) e 2009/2010 (An_2), respectivamente (Tabela 3).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância conjunta para cada safra, com as esperanças dos quadrados médios e testes *F*

FV	GL	QM	E(QM)	F^a
Anos (An)	$L-1$	QM_{An}	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TCxAn}^2 + IJ\sigma_{An}^2$	QM_{An}/QM_{TCxAn}
Testecrosses (TC)	$I-1$	QM_{TC}	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TCxAn}^2 + JL\sigma_{TC}^2$	QM_{TC}/QM_{TCxAn}
TC_{RC1}	$P-1$	$QM_{TC_{RC1}}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC1}xAn}^2 + JL\sigma_{TC_{RC1}}^2$	$QM_{TC_{RC1}}/QM_{TC_{RC1}xAn}$
TC_{RC2}	$Q-1$	$QM_{TC_{RC2}}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC2}xAn}^2 + JL\sigma_{TC_{RC2}}^2$	$QM_{TC_{RC2}}/QM_{TC_{RC2}xAn}$
$TC_{RC1vsRC2}$	1	$QM_{TC_{RC1vsRC2}}$	$\sigma_e^2 + J\sum(TC_{RC1vsRC2}xAn)^2 + JL\sum(TC_{RC1vsRC2})^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}}/QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}$
TC x An	$(I-1)(L-1)$	QM_{TCxAn}	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TCxAn}^2$	QM_{TCxAn}/QM_e
$TC_{RC1}xAn$	$(P-1)(L-1)$	$QM_{TC_{RC1}xAn}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC1}xAn}^2$	$QM_{TC_{RC1}xAn}/QM_e$
$TC_{RC2}xAn$	$(Q-1)(L-1)$	$QM_{TC_{RC2}xAn}$	$\sigma_e^2 + J\sigma_{TC_{RC2}xAn}^2$	$QM_{TC_{RC2}xAn}/QM_e$
$TC_{RC1vsRC2}xAn$	1	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}$	$\sigma_e^2 + J\sum(TC_{RC1}vs_{RC2}xAn)^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}/QM_e$
Erro efetivo médio	$L[I(J-1)-(JK-1)]$	QM_e	σ_e^2	----

L, *J*, *K*, *I*, *P* e *Q* referem-se ao número de anos, repetições, blocos dentro de repetições, testecrosses, TC_{RC1} e TC_{RC2} respectivamente. [a] No teste *F* realizado para a fonte de variação testecrosses e seus respectivos desdobramentos, o QM_e foi considerado como divisor apropriado para essas fontes de variação quando a respectiva fonte de variação TC x An e/ou desdobramentos não foram significativas.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância conjunta geral, com as esperanças dos quadrados médios e testes *F*

FV	GL	QM	E(QM)	F^a
Anos (An)	$L-1$	QM_{An}	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TCxAn}^2 + IJM\sigma_{An}^2$	QM_{An}/QM_{TCxAn}
Safras/A (S/An)	$L(M-1)$	$QM_{S(An)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TCxS(An)}^2 + JL\frac{\sum[S(An)]^2}{M-1}$	$QM_{S(An)}/QM_{TCxS(An)}$
$S_a vs S_b / An_1$	1	$QM_{S_a vs S_b(An_1)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TCxS(An)}^2 + JL\sum[S_a vs S_b(An_1)]^2$	$QM_{S_a vs S_b(An_1)}/QM_{TCxS(An)}$
$S_a vs S_b / An_2$	1	$QM_{S_a vs S_b(An_2)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TCxS(An)}^2 + JL\sum[S_a vs S_b(An_2)]^2$	$QM_{S_a vs S_b(An_2)}/QM_{TCxS(An)}$
Testecrosses (TC)	$I-1$	QM_{TC}	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TCxAn}^2 + JLM\sigma_{TC}^2$	QM_{TC}/QM_{TCxAn}
TC_{RC1}	$P-1$	$QM_{TC_{RC1}}$	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TC_{RC1}xAn}^2 + JLM\sigma_{TC_{RC1}}^2$	$QM_{TC_{RC1}}/QM_{TC_{RC1}xAn}$
TC_{RC2}	$Q-1$	$QM_{TC_{RC2}}$	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TC_{RC2}xAn}^2 + JLM\sigma_{TC_{RC2}}^2$	$QM_{TC_{RC2}}/QM_{TC_{RC2}xAn}$
$TC_{RC1vsRC2}$	1	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}}$	$\sigma_e^2 + JM\sum(TC_{RC1vsRC2}xAn)^2 + JLM\sum(TC_{RC1vsRC2})^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}}/QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}$
TC x An	$(I-1)(L-1)$	QM_{TCxAn}	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TCxAn}^2$	QM_{TCxAn}/QM_e
$TC_{RC1}xAn$	$(P-1)(L-1)$	$QM_{TC_{RC1}xAn}$	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TC_{RC1}xAn}^2$	$QM_{TC_{RC1}xAn}/QM_e$
$TC_{RC2}xAn$	$(Q-1)(L-1)$	$QM_{TC_{RC2}xAn}$	$\sigma_e^2 + JM\sigma_{TC_{RC2}xAn}^2$	$QM_{TC_{RC2}xAn}/QM_e$
$TC_{RC1vsRC2}xAn$	1	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}$	$\sigma_e^2 + JM\sum(TC_{RC1vsRC2}xAn)^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xAn}/QM_e$
TC x S/An	$I-1)(M-1)$	$QM_{TCxS(An)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TCxS(An)}^2$	$QM_{TCxS(An)}/QM_e$
$TC_{RC1}xS/An$	$(P-1)(M-1)$	$QM_{TC_{RC1}xS(An)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TC_{RC1}xS(An)}^2$	$QM_{TC_{RC1}xS(An)}/QM_e$
$TC_{RC2}xS/An$	$(Q-1)(M-1)$	$QM_{TC_{RC2}xS(An)}$	$\sigma_e^2 + J\frac{M}{M-1}\sigma_{TC_{RC2}xS(An)}^2$	$QM_{TC_{RC2}xS(An)}/QM_e$
$TC_{RC1vsRC2}xS/An$	1	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xS(An)}$	$\sigma_e^2 + J\sum[TC_{RC1vsRC2}xS(An)]^2$	$QM_{TC_{RC1}vsTC_{RC2}xS(An)}/QM_e$
Erro efetivo médio	$LM[I(J-1)-(JK-1)]$	QM_e	σ_e^2	----

L, M, J, K, I, P e Q referem-se ao número de anos, safras dentro de anos, repetições, blocos dentro de repetições, testecrosses, TC_{RC1} e TC_{RC2} respectivamente. [a] No teste *F* para testecrosses e seus desdobramentos, o QM_e foi considerado como divisor apropriado quando a interação TC x An e/ou desdobramentos não foram significativas.

3.4 Análises estatístico-genéticas

A partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios das análises de variâncias conjuntas para a safra, conjuntas para a safrinha e conjuntas gerais, foram estimados os componentes de variância de acordo com os procedimentos sugeridos por Searle, Casela e McCulloch (1992). Foram estimados para cada caráter e obtidos para os TC_{RC1} e TC_{RC2} os seguintes componentes da variância, eq. (4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

Variância fenotípica com base em médias de testecrosses ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$):

Conjunta para safra e para safrinha: $$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}} = \frac{(QM_{TC})}{JL} \quad (4)$$

Conjunta geral: $$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}} = \frac{(QM_{TC})}{JLM} \quad (5)$$

em que, J é o número de repetições, L é o número de anos e M é o número de safras.

Variância genética entre testecrosses ($\hat{\sigma}^2_{TC}$):

Conjunta para safra e para safrinha: $$\hat{\sigma}^2_{TC} = \frac{\left(QM_{TC} - QM_{TCxAn}\right)}{JL} \quad (6)$$

Conjunta geral: $$\hat{\sigma}^2_{TC} = \frac{\left(QM_{TC} - QM_{TCxAn}\right)}{JLM} \quad (7)$$

Variância da interação testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$):

Conjunta para safra e para safrinha: $$\hat{\sigma}^2_{TCxAn} = \frac{(QM_{TCxAn} - QM_e)}{J} \quad (8)$$

Conjunta geral: $$\hat{\sigma}^2_{TCxAn} = \frac{(QM_{TCxAn} - QM_e)}{JM} \quad (9)$$

Variância da interação testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$):

Conjunta geral: $$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)} = \frac{(QM_{TCxS(An)} - QM_e)}{J\left[\frac{M}{(M-1)}\right]} \quad (10)$$

Foram estimados os coeficientes de herdabilidade em nível de médias de testecrosses ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) para TC_{RC1} e TC_{RC2} mediante a eq. (11):

Conjunta para safra, para safrinha e geral: $$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}} = \frac{\hat{\sigma}^2_{TC}}{\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}} \quad (11)$$

Os intervalos de confiança para as estimativas dos componentes de variância foram calculados seguindo os procedimentos apresentados por Burdick e Graybill (1992) segundo a eq. (12).

$$IC_{(\hat{\sigma}^2)_{0,95}} = \left[\frac{n_t \hat{\sigma}^2}{\chi^2_{n_t;\,0,975}} \leq \hat{\sigma}^2 \leq \frac{n_t \hat{\sigma}^2}{\chi^2_{n_t;\,0,025}} \right] \quad (12)$$

em que $IC_{(\hat{\sigma}^2)_{0,95}}$ é o intervalo de confiança dos parâmetros genéticos ao nível de 95 % de probabilidade; $\hat{\sigma}^2$ é a estimativa do componente da variância para o parâmetro considerado ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$, $\hat{\sigma}^2_{TC}$, $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ e $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$); n_t é o número de graus de liberdade associado à estimativa do componente de variância; $\chi^2_{n_t;0,975}$ e $\chi^2_{n_t;0,025}$ referem-se ao valor tabelado de χ^2 com n_t graus de liberdade e 97,5% e 2,5% de probabilidade, respectivamente.

Para as estimativas do coeficiente de herdabilidade os intervalos de confiança foram obtidos segundo Knapp, Stroup e Ross (1985), eq. (13).

$$IC_{(\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}})_{0,95}} = \left\{ 1 - \frac{1}{\left(\frac{QM_{TC}}{QM_{TCxAn}}\right) F_{0,975;GL_{TC};GL_{TCxAn}}} \leq \hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}} \leq 1 - \frac{1}{\left(\frac{QM_{TC}}{QM_{TCxAn}}\right) F_{0,025;GL_{TC};GL_{TCxAn}}} \right\} \quad (13)$$

em que $IC_{(\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}})_{0,95}}$ é o intervalo de confiança para o coeficiente de herdabilidade de testecrosses ao nível de 95% de probabilidade; $F_{0,975;GL_{TC};GL_{TCxAn}}$ e $F_{0,025;GL_{TC};GL_{TCxAn}}$ referem-se ao valor tabelado de F a 97,5% e 2,5% de probabilidade, respectivamente, com os graus de

liberdade de testecrosses (GL_{TC}) e da interação entre testecrosses x anos (GL_{TCxAn}); e $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ é a estimativa do coeficiente de herdabilidade em nível de médias de testecrosses.

Os intervalos de confiança foram utilizados na comparação das estimativas dos componentes de variância e dos coeficientes de herdabilidade, sendo que duas estimativas foram consideradas diferentes entre si ($P \leq 0,05$), somente quando uma estimativa não estiver dentro do intervalo de confiança da outra e vice-versa. Foi adotada a expressão de Sattethrwaite (1946) para estimar o número de graus de liberdade associados aos componentes de variância genética.

3.5 Decomposição da interação testecrosses x safras

A decomposição da interação testecrosses x safras nos seus componentes simples e complexo foi realizada por meio do método descrito por Vencovsky e Barriga (1992) para TC_{RC1} e TC_{RC2}, eq. (14).

$$QM_{TCxS(An)} = \left[\left(\frac{1}{2}\right)\left(\sqrt{QM_{TCa}} - \sqrt{QM_{TCb}}\right)^2\right] + \left[\left(1 - \hat{r}_{S_aS_b}\right)\sqrt{QM_{TCa}QM_{TCb}}\right] \qquad (14)$$

em que $QM_{TCxS(An)}$ é o quadrado médio da interação testecrosses x safras; QM_{TCa} é o quadrado médio de testecrosses na safra; QM_{TCb} é o quadrado médio de testecrosses na safrinha; $\hat{r}_{S_aS_b}$ é a estimativa da correlação entre testecrosses na safra e safrinha.

Na eq. (14) a primeira parte refere-se ao componente simples e a segunda ao componente complexo da interação. Foi quantificada em valores percentuais a participação de cada componente, simples e complexo, na interação testecrosses x safras, bem como o respectivo valor da $\hat{r}_{S_aS_b}$ para os TC_{RC1} e TC_{RC2} de acordo com Merilä e Fry (1998), eq. (15).

$$\hat{r}_{S_aS_b} = \frac{(QM_{TCa} - QM_{TCb})/2 - QM_{TCxS(An)}}{\sqrt{QM_{TCa}QM_{TCb}}} \qquad (15)$$

Foram calculados os desvios padrões das correlações utilizando o teste *t* de Student para testar a significância das estimativas de correlações, seguindo os procedimentos sugeridos por Vencovsky e Barriga (1992), eq. (16).

$$t = \frac{\hat{r}_{S_a S_b}}{s_{\hat{r}_{S_a S_b}}} \tag{16}$$

em que, $s_{\hat{r}_{S_a S_b}}$ é o desvio padrão associado a $\hat{r}_{S_a S_b}$.

3.6 Resposta à seleção, eficiência da seleção indireta e coincidência

Estimativas de resposta direta à seleção e resposta correlacionada à seleção foram calculadas de acordo com Resende et al. (1997) para a safra (*a*), safrinha (*b*) e com base na média das safras ou conjunta geral (*ab*) para TC_{RC1} e TC_{RC2}. As respostas diretas e correlacionadas à seleção foram baseadas em uma intensidade de seleção de 10% e seleção truncada. As estimativas das respostas diretas à seleção foram calculadas mediante a eq. (17).

$$\hat{R}s_{a/a} = \frac{i}{\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_a}}} \hat{\sigma}^2_{TC_a} \tag{17}$$

em que $\hat{R}s_{a/a}$ é a estimativa da reposta à seleção na safra realizando a seleção na mesma; i é o coeficiente de seleção estandardizado, sendo i = 1,76; $\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_a}}$ é a estimativa do desvio padrão fenotípico entre médias de testecrosses na safra; e $\hat{\sigma}^2_{TC_a}$ é a estimativa da variância genética entre testecrosses na safra. As respostas diretas à seleção para a safrinha e na média das safras ($\hat{R}s_{b/b}$ e $\hat{R}s_{ab/ab}$, respectivamente) foram obtidas seguindo o mesmo procedimento.

As estimativas das repostas correlacionadas à seleção, em que a seleção é praticada em um ambiente e a resposta é obtida em outro, foram calculadas mediante as eq. (18, 19 e 20).

$$\hat{R}s_{b/a} = \frac{i}{\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_a}}} (\hat{\sigma}^2_{TC_{ab}} - \hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}) \tag{18}$$

em que $\hat{R}s_{b/a}$ é a estimativa da reposta à seleção na safrinha realizando a seleção na safra; $\hat{\sigma}^2_{TC_{ab}}$ é a estimativa da variância genética entre testecrosses obtida das análises de variâncias

conjuntas gerais; $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ é a estimativa da variância da interação testecrosses x safras. Foi obtida a estimativa da resposta à seleção na safra realizando a seleção na safrinha ($\hat{R}s_{a/b}$) seguindo os mesmos procedimentos.

$$\hat{R}s_{ab/a} = \frac{i}{2\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_a}}}(\hat{\sigma}^2_{TC_{ab}} - \hat{\sigma}^2_{TCxS(An)} + \hat{\sigma}^2_{TC_a}) \tag{19}$$

em que $\hat{R}s_{ab/a}$ é a estimativa da reposta à seleção na média das safras realizando a seleção na safra. Foi obtida a estimativa da resposta à seleção na média das safras realizando a seleção na safrinha ($\hat{R}s_{ab/b}$) seguindo os mesmos procedimentos.

$$\hat{R}s_{a/ab} = \frac{i}{2\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_{ab}}}}(\hat{\sigma}^2_{TC_{ab}} - \hat{\sigma}^2_{TCxS(An)} + \hat{\sigma}^2_{TC_a}) \tag{20}$$

em que $\hat{R}s_{a/ab}$ é a estimativa da reposta à seleção na safra realizando a seleção na média das safras; $\hat{\sigma}_{\bar{F}_{TC_{ab}}}$ é a estimativa do desvio padrão fenotípico entre médias de testecrosses obtida das análises de variâncias conjuntas gerais. Foi obtida a estimativa da resposta à seleção na safrinha realizando a seleção na média das safras ($\hat{R}s_{b/ab}$) seguindo os mesmos procedimentos.

Posteriormente, foi calculada a eficiência da seleção indireta em relação à seleção direta para cada caráter e ambos os TC_{RC1} e TC_{RC2}, por meio de um índice de eficiência ($I_{Rs\%}$), eq. (21).

$$I_{Rs_{b/a}\%} = \left(\frac{\hat{R}s_{b/a}}{\hat{R}s_{b/b}} - 1\right)100 \tag{21}$$

em que $I_{Rs_{b/a}\%}$ é o índice de eficiência expresso em porcentagem quando se realiza a seleção em um dado ambiente (*a* – safra) para melhorar a performance dos testecrosses em outro (*b* – safrinha), em relação a resposta direta à seleção no ambiente *b*. O $I_{Rs\%}$ foi obtido para todas

as relações entre respostas correlacionadas e respostas diretas à seleção na safra, safrinha e na média das safras seguindo o mesmo procedimento.

Foram selecionados os 10 TC_{RC1} e TC_{RC2} superiores para cada caráter na safra, safrinha e na média das safras e calculada a porcentagem de coincidência ($\hat{C}o\%$) entre os testecrosses selecionados em um dado ambiente e os selecionados em outro, pela eq. (22).

$$\hat{C}o_{a-b\%} = \left(\frac{n^{o}\, de\ TC\ \ selecionados\ \ coincidentes}{n^{o}\, de\ TC\ \ selecionados} \right) 100 \qquad (22)$$

em que $\hat{C}o_{a-b\%}$ é a estimativa da coincidência em porcentagem entre um dado ambiente de seleção (*a* – safra) e outro (*b* – safrinha); o numerador da equação refere-se ao número de testecrosses dentre os selecionados em *a* (safra) que coincidem com os selecionados em *b* (safrinha); o denominador da equação refere-se ao número de testecrosses selecionados. A $\hat{C}o\%$ foi obtida para todas as combinações entre safra, safrinha e média das safras seguindo o mesmo procedimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados para verificar se os dados atendem as pressuposições dos modelos matemáticos não foram significativos para todos os caracteres avaliados e, portanto, infere-se que há homocedasticidade das variâncias e distribuição normal dos resíduos. Atendidas as devidas pressuposições, foram realizadas as análises de variâncias individuais que se encontram no Anexo B.

4.1 Médias e análises de variâncias conjuntas para safra e para safrinha

As médias gerais dos testecrosses para PG na safra e na safrinha foram, respectivamente, de 9,39 t ha^{-1} e 4,03 t ha^{-1}, e variaram de 6,21 t ha^{-1} a 11,27 t ha^{-1} para a safra, e de 2,17 t ha^{-1} a 5,44 t ha^{-1} para a safrinha, mostrando que na safra houve maior amplitude de variação em relação a safrinha, 5,06 t ha^{-1} *versus* 3,27 t ha^{-1}, respectivamente (Anexo C). Como esperado, nota-se uma redução da produtividade de 57,08% da safra para a safrinha. Essa discrepância entre as duas safras para PG foi também relatada por diversos autores (SANGOI, 1993; RIZZARDI; WITECK; DEGGERONE, 1994; FARINELLI et al., 2003) e é atribuída as diferentes condições ambientais prevalecentes em cada uma das safras, sobretudo em relação a precipitação, a qual comumente conduz ao estresse hídrico em condições de safrinha. Para o caráter PROL, os testecrosses apresentaram-se mais prolíficos na safra do que na safrinha, com redução da média de 0,90 espigas $planta^{-1}$ para 0,77 espigas $planta^{-1}$ respectivamente, seguindo o que ocorreu com o caráter PG, o que também já era esperado, pois este caráter habitualmente apresenta correlação genética positiva e elevada com a produção de grãos (SOUZA JÚNIOR; GERALDI; ZINSLY, 1985; ARIAS; SOUZA JÚNIOR; TAKEDA, 1999; LIMA et al., 2006; CÂMARA et al., 2007). Houve redução da média da safra para a safrinha também para o caráter ACQ, em que na safra houve 13,16% de plantas acamadas e quebradas e na safrinha 6,28%, respectivamente, resultando em uma redução de 52,3%. Para os caracteres de estatura da planta (AP, AE e PRE) os testecrosses apresentaram maiores médias na safra em relação à safrinha. A média geral para AP, AE e PRE na safra foi de 227,49cm, 119,41cm e 0,52 *versus* 166,65cm, 76,71cm e 0,46 para a safrinha, com redução de 26,74%, 35,76% e 11,54%, respectivamente. Segundo Sangoi et al. (2002) e Campos et al. (2010), menor altura de planta e espiga reduz a quantidade de plantas acamadas e quebradas, como observado na safrinha. Diferente dos demais, para os caracteres FM e FF houve um aumento das médias da safra para a safrinha, de aproximadamente três

dias. A média geral para FM obtida nas condições de safra e de safrinha foi de 60,67 dias e 63,76 dias respectivamente, e para FF foi de 61,70 dias na safra e 65,09 dias na safrinha, resultando em um IF de 1,03 para a safra e 1,33 para a safrinha, indicando que a protandria se acentuou em condições de estresse hídrico (safrinha), principalmente devido ao atraso no início do florescimento feminino.

Pode-se observar pelos dados climáticos obtidos pela base de dados meteorológicos da ESALQ/USP (2012) durante o período de safra e safrinha, que na média dos anos, os padrões ambientais para a safra são mais adequados a cultura que os da safrinha, a qual apresenta diversos fatores ambientais estressantes ao cultivo do milho (Anexo D). Nota-se que a precipitação acumulada média durante o ciclo da cultura na safra foi aproximadamente duas vezes superior à da safrinha, com 660mm *versus* 345,5mm respectivamente, assim, seria necessário um aumento de 91% na precipitação da safrinha para atingir a necessidade hídrica da cultura, que gira em torno de 600mm (COUTO; SANS, 2002). Pode-se observar ainda que também no período crítico, a precipitação foi cerca de duas vezes maior na safra em relação à safrinha, apresentando precipitação acumulada neste período de 182,4mm *versus* 89,5mm respectivamente (Anexo D). Estes dados indicam que a disponibilidade hídrica foi satisfatória na safra, enquanto que na safrinha o estresse hídrico foi acentuado, visto que houve uma redução de 57,08% na produtividade (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Sob condições de estresse hídrico no período crítico da cultura do milho, foi observado um atraso no surgimento do estilo-estigma em relação à liberação do pólen, resultando no aumento do intervalo entre florescimentos, o qual está correlacionado com a menor produção de grãos, devido à redução do número de grãos fertilizados (BOLAÑOS; EDMEADES, 1996). Assim, a seleção de genótipos que tenham um intervalo entre florescimentos curto sob condições limitadas de água tem sido sugerida como uma estratégia útil para melhorar a tolerância à seca em milho (RIBAUT et al., 1996; EDMEADES; BÄNZIGER; RIBAUT, 2000). Pode-se notar também, que na safrinha há maior número de dias sem chuva e períodos de estiagem mais longos que na safra, o que é uma observação pertinente, pois segundo Vilela e Bull (1999), o veranico é um dos fatores que mais restringe a produção do milho no Brasil.

Outros fatores que podem ter contribuído com a redução da produtividade de grãos observada na safrinha em relação à safra estão relacionados à menor radiação solar global incidente, principalmente 10 a 15 dias após o florescimento, e à menor temperatura (DIDONET et al., 2002; FANCELLI; DOURADO NETO, 2004) na safrinha em relação à safra (Anexo D). De acordo com Shioga e Gerage (2010), na safrinha a temperatura decresce ao longo do ciclo da cultura, inversamente ao que ocorre no cultivo do milho na safra. Nas

condições ambientais dos experimentos, a temperatura média durante o ciclo da cultura na safra foi de 23,9ºC enquanto que na safrinha foi de 22,1ºC (ESALQ/USP, 2012), em relação à temperatura observada durante o período crítico da cultura, nota-se que na safra a temperatura média foi de 24,2ºC *versus* 22,8ºC na safrinha (Anexo D). Segundo Cardoso, Faria e Folegatti (2004) o ciclo fenológico da cultura na safrinha pode ser afetado por temperaturas baixas, em que a duração do ciclo tende a se alongar, como observado para as magnitudes das médias dos caracteres florescimentos masculino e feminino. Deve-se salientar ainda, que para um mesmo genótipo, a duração das fases fenológicas varia entre regiões, anos e épocas de semeadura, em razão das diferenças nas condições ambientais (RITCHIE; HANWAY; BENSON, 2003). Pode-se observar pela diferença da quantidade de graus-dias acumulados até o florescimento nas condições de safra e de safrinha, que na safrinha foi necessário um maior acúmulo de energia para que ocorresse o florescimento (Anexo D). Neste sentido Pereira et al. (2009) comentam que diversos autores verificaram um melhor desempenho na safrinha de cultivares de ciclo precoce e superprecoce. Estas considerações podem ilustrar a importância dos caracteres relacionados ao florescimento com a seleção de genótipos adaptados à safrinha.

Diante do exposto, as performances dos testecrosses para todos os caracteres se alteram, reduzindo ou aumentando sua magnitude, de acordo com a época (safra ou safrinha). Estes resultados estão de acordo com os reportados na literatura, que relatam uma redução da magnitude das médias da produção de grãos, prolificidade e dos caracteres de estatura da planta e aumento da média dos caracteres do florescimento (FM, FF e IF) na safrinha em relação à safra (PAIVA JUNIOR et al., 2001; BENTO; RAMALHO; SOUZA, 2003; FARINELLI et al., 2003; SILVA, 2011). Apesar de a literatura indicar que o problema de acamamento e quebramento de plantas é mais frequente na safrinha (CANDIDO, 2005), foi observado uma menor magnitude das médias de plantas acamadas e quebradas na safrinha em relação à safra.

Os coeficientes de variação experimental (CVs) para o caráter PG variaram de 11,76% na safra a 18,43% na safrinha e de modo geral, considerando todos os caracteres variaram de 1,50% a 92,36% na safra, correspondentes aos caracteres FF e IF respectivamente e de 2,02% a 74,92% na safrinha para os caracteres FM e IF respectivamente. É importante ressaltar que a baixa magnitude da média geral para PG na safrinha em relação à safra, pode explicar o valor mais elevado do CV nesta época, visto que o quadrado médio do erro obtido na safrinha é aproximadamente duas vezes menor que o da safra. De qualquer modo, os CVs com valores mais elevados foram detectados na safrinha, para todos os caracteres, exceto para FM e IF que apresentaram CV igual e menor ao CV da safra, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Entretanto,

para as devidas condições de avaliação, os CVs obtidos foram em geral de baixa magnitude, evidenciando boa precisão na condução dos experimentos e estão dentro dos limites observados em experimentação com milho tanto para PG, quanto para os demais caracteres avaliados (SILVA et al., 2004; LIMA et al., 2006; SANTOS, 2008; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; DÍAZ, 2011).

Nas análises de variâncias conjuntas para a safra, o efeito de anos foi altamente significativo ($P \leq 0,01$) para PG e demais caracteres, exceto para AE, indicando que houve diferenças ambientais entre os anos agrícolas de avaliação. Para o efeito de testecrosses foram constatadas diferenças altamente significativas para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} para o caráter PG, caracteres de estatura das plantas e do florescimento, porém não foram detectas diferenças para os caracteres PROL e ACQ, apesar de o caráter PROL ser considerado como um componente da produção de grãos. Estes resultados indicam que a população obtida a partir das linhagens genitoras L-08-05F e L-38-05D apresentou variabilidade genética para a maioria dos caracteres, e que a linhagem testadora L-02-03D contribuiu com a variabilidade detectada. O contraste $TC_{RC1vsRC2}$ não foi significativo para o caráter PG e demais caracteres, com exceção do caráter AP em que foi altamente significativo, indicando que na safra as médias dos TC_{RC1} e TC_{RC2} não diferiram significativamente para a maioria dos caracteres (Tabela 4).

Para a interação $TC_{RC1}xA$ na safra não foi detectada significância para PG, AE e caracteres do florescimento, portanto, infere-se que não houve performance diferencial destes testecrosses nos dois anos de avaliação para a maioria dos caracteres, exceto para PROL, AP e PRE, em que foram detectadas significâncias ($P \leq 0,05$) assim como para o caráter ACQ ($P \leq 0,01$). A interação $TC_{RC2}xA$ foi altamente significativa para PG, PROL, ACQ e AP, mostrando que os testecrosses apresentaram performance diferencial entre os anos agrícolas para estes caracteres. Observa-se pela magnitude dos quadrados médios que os TC_{RC2} apresentaram maior interação com anos em relação aos TC_{RC1} para a maioria destes caracteres. Para AE, PRE e caracteres do florescimento não foi detectada significância para esta fonte de variação. A interação do contraste $TC_{RC1vsRC2}xA$ foi altamente significativa para PG, ACQ, FM e IF, indicando que o contraste $TC_{RC1vsRC2}$ alterou-se nos diferentes anos. Para os demais caracteres este contraste foi consistente durante os anos agrícolas de avaliação.

Tabela 4 – Quadrados médios e respectivas significâncias, médias gerais e coeficientes de variação das análises de variâncias conjuntas para produção de grãos e caracteres da planta, em testecrosses de milho avaliados na safra de 2008/09 e 2009/10

FV	GL	Quadrados médios								
		PG	PROL[(a)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF	IF
Anos (A)	1	121,72 **	202,92 **	4396,94 **	7669,41 **	111,75 ns	6149,52 **	3523,80 **	2254,56 **	141,12 **
Testecrosses (TC)	199	2,81 **	13,58 *	3,60 ns	159,71 **	105,56 **	85,54 **	2,91 **	1,66 **	1,94 **
TC_{RC1}	99	2,69 **	12,53 ns	2,74 ns	134,79 **	95,87 **	88,72 **	2,34 **	1,45 **	1,70 **
TC_{RC2}	99	2,95 **	14,39 ns	4,25 ns	181,66 **	113,51 **	82,54 **	2,65 **	1,88 **	1,26 **
$TC_{RC1vsRC2}$	1	0,55 ns	37,09 ns	24,84 ns	454,51 **	277,30 ns	66,98 ns	85,15 ns	0,15 ns	92,48 ns
TC x A	199	1,60 **	10,73 **	3,30 **	82,80 **	46,90 ns	49,58 ns	1,82 ns	1,00 ns	1,20 **
$TC_{RC1}xAn$	99	1,29 ns	10,23 *	2,97 **	80,93 *	50,95 ns	54,44 *	1,75 ns	0,97 ns	1,12 ns
$TC_{RC2}xAn$	99	1,81 **	11,19 **	3,44 **	84,52 **	43,14 ns	45,22 ns	1,79 ns	1,04 ns	1,14 ns
$TC_{RC1vsRC2}xAn$	1	10,53 **	13,53 ns	22,56 **	98,70 ns	18,30 ns	0,58 ns	12,75 **	0,10 ns	15,13 **
Erro efetivo médio	322[(c)]	1,22	7,63	1,99	61,19	40,69	42,39	1,51	0,86	0,91
CV (%)		11,76	9,68	38,20	3,44	5,34	3,92	2,02	1,50	92,36
Média Geral		9,39	0,90	13,16[(d)]	227,49	119,41	0,52	60,67	61,70	1,03

ns, * e ** não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [(a)] QM multiplicados por 10^3; [(b)] QM multiplicados por 10^5; [(c)] Graus de liberdade do resíduo para PG, PROL e ACQ são 320; [(d)] Valor na escala original (não transformado).

Tabela 5 – Quadrados médios e respectivas significâncias, médias gerais e coeficientes de variação das análises de variância conjunta para produção de grãos e caracteres da planta, em testecrosses de milho avaliados na safrinha de 2008/09 e 2009/10

FV	GL	Quadrados médios								
		PG	PROL[(a)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF	IF
Anos (A)	1	45,77 **	480,11 **	1415,98 **	14441,50 **	760,50 **	247,09 **	95,22 **	1230,08 **	640,82 **
Testecrosses (TC)	199	1,18 *	1,92 **	1,78 **	191,23 **	100,57 **	11,66 *	4,39 **	5,55 **	2,01 **
TC_{RC1}	99	1,13 ns	2,06 ns	1,74 *	200,93 *	101,83 *	11,27 ns	4,41 *	6,50 **	1,92 **
TC_{RC2}	99	1,24 **	1,80 *	1,48 ns	183,16 **	100,23 **	12,06 ns	3,74 **	4,64 **	1,17 ns
$TC_{RC1vsRC2}$	1	0,05 ns	0,43 ns	35,23 ns	31,60 ns	9,68 ns	10,31 ns	66,13 **	2,42 ns	93,85 **
TC x A	199	0,93 **	1,42 **	1,41 ns	110,25 **	59,91 **	9,28 **	2,61 **	3,10 **	1,32 **
$TC_{RC1}xAn$	99	1,11 **	1,62 **	1,20 ns	135,69 **	69,16 **	9,22 **	3,08 **	3,34 **	1,17 ns
$TC_{RC2}xAn$	99	0,74 *	1,23 *	1,51 ns	85,93 ns	51,12 ns	9,39 **	2,16 *	2,88 ns	1,46 **
$TC_{RC1vsRC2}xAn$	1	2,20 *	0,13 ns	12,58 **	0,66 ns	14,58 ns	5,12 ns	1,45 ns	0,41 ns	3,38 ns
Erro efetivo médio	322[(c)]	0,55	0,93	1,32	83,12	44,18	6,46	1,66	2,30	1,00
CV (%)		18,43	12,55	44,10	5,47	8,67	5,53	2,02	2,33	74,92
Média Geral		4,03	0,77	6,28[(d)]	166,65	76,71	0,46	63,76	65,09	1,33

ns, * e ** não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [(a)] QM multiplicados por 10^2; [(b)] QM multiplicados por 10^4; [(c)] Graus de liberdade do resíduo para PG, PROL e ACQ são 320; [(d)] Valor na escala original (não transformado).

Nas análises de variâncias conjuntas para a safrinha, foram constatadas diferenças altamente significativas para o efeito de anos, para o caráter PG e demais caracteres avaliados mostrando que houve diferenças ambientais entre os anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010. Para os TC_{RC1}, não foram detectadas diferenças significativas para os caracteres PG, PROL e PRE. Para os caracteres ACQ, AP, AE e FM, houve diferenças significativas e para FF e IF diferenças altamente significativas, indicando a presença de variabilidade genética entre os testecrosses para esses caracteres (Tabela 5). Pode-se notar que para os TC_{RC1} foi detectada variabilidade genética para o caráter PG apenas na safra, sendo que o mesmo também ocorreu para o caráter PRE. Para o caráter PROL, não foi detectada variabilidade em nenhuma das safras, enquanto que para ACQ a detecção de variabilidade só foi possível na safrinha. Com base na magnitude das significâncias do teste *F*, verifica-se que para os caracteres AP, AE e FM, a detecção de variabilidade foi mais precisa em condições de safra em relação à safrinha. Neste mesmo sentido, a detecção de variabilidade para FF e IF foi similar entre a safra e a safrinha. A seleção para IF mais curtos tem sido sugerida com uma estratégia para melhorar a tolerância à seca em milho (EDMEADES; BÄNZIGER; RIBAUT, 2000), indicando que a seleção praticada neste caráter pode selecionar indiretamente genótipos com maior potencial para produção de grãos em condições de safrinha.

Para os TC_{RC2} foram constatadas diferenças altamente significativas na safrinha para os caracteres PG, AP, AE, FM e FF, diferenças significativas para o caráter PROL, enquanto que para os demais caracteres (ACQ, PRE e IF) não foram detectadas diferenças significativas. O contraste $TC_{RC1vsRC2}$ não foi significativo para PG, PROL, ACQ, caracteres de estatura da planta e FF, porém foi altamente significativo para os caracteres FM e IF, indicando que, assim como na safra, as médias dos TC_{RC1} e TC_{RC2} não diferiram significativamente para a maioria dos caracteres. Com base na magnitude das significâncias do teste *F*, nota-se que para os TC_{RC2} a detecção de variabilidade genética para os caracteres PG, AP, AE, FM e FF foi similar entre a safra e safrinha, porém a detecção de variabilidade para o caráter PROL só foi possível na safrinha, enquanto o inverso foi observado para os caracteres PRE e IF em que se detectou variabilidade somente na safra.

A interação $TC_{RC1}xA$ na safrinha foi altamente significativa para PG e demais caracteres, exceto para ACQ e IF, indicando que houve uma performance diferencial dos TC_{RC1} nos dois anos de avaliação para a maioria dos caracteres. Por outro lado, a interação

$TC_{RC2}xA$ foi significativa para os caracteres PG, PROL e FM, altamente significativa para PRE e IF, porém não foi significativa para ACQ, AP, AE e FF indicando que, com base nas magnitudes dos quadrados médios, para a maioria dos caracteres os TC_{RC2} apresentaram uma interação com anos inferior à apresentada pelos TC_{RC1}. A interação do contraste $TC_{RC1vsRC2}xA$ foi significativa para PG e altamente significativa para ACQ, não sendo significativa para os demais caracteres, indicando que o contraste $TC_{RC1vsRC2}$ alterou-se nos diferentes anos apenas para estes dois caracteres.

Diante dos resultados apresentados, é possível inferir que a não detecção de variabilidade genética para o caráter PG para TC_{RC1} na safrinha deve estar relacionada principalmente à magnitude do quadrado médio da interação $TC_{RC1}xA$ desta época, visto que esta interação apresentou maior magnitude para os TC_{RC1} em relação aos TC_{RC2}, e também às magnitudes dos quadrados médios de TC_{RC1} e TC_{RC2}, que apesar de similares, observa-se maior magnitude para os TC_{RC2}. Ainda é possível observar que as magnitudes das médias e amplitudes de variação dos TC_{RC1} e TC_{RC2} na safrinha foram muito próximas (Anexo C), o que sugere que estes parâmetros tiveram pouca influência na diferença da detecção de variabilidade apresentada pelos TC_{RC1} e TC_{RC2}. Porém, é possível notar que a amplitude de variação na safra foi relativamente maior que a da safrinha para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, reforçando que houve menor variabilidade no cultivo de safrinha em relação à safra, para este caráter.

Com relação ao caráter PROL, apesar de ser um componente da produção, não foi detectado variabilidade para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} na safra e para os TC_{RC1} na safrinha. Porém para os TC_{RC2} foi detectada variabilidade na safrinha. Alguns resultados da literatura mostram que o número de espigas por planta pode estar associado com a tolerância ao estresse hídrico (GUEI; WASSOM, 1992; SANTOS et al., 2003). Outros caracteres comumente associados à tolerância ao estresse hídrico são os caracteres do florescimento, em especial o FF e IF (GUEI; WASSOM, 1992; RIBAUT et al., 1996; CHAPMAN et al., 1997; EDMEADES; BÄNZIGER; RIBAUT, 2000), os quais apresentaram variabilidade em ambas as épocas (safra e safrinha) para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, exceto para IF na safrinha para TC_{RC2}.

Segundo Bänziger et al. (2000), a variabilidade genética para produção de grãos comumente decresce em condições de estresses abióticos, de tal modo que, diferenças entre genótipos são frequentemente não significativas, diferentemente do que ocorre em experimentos sob condições de alta produção, como na safra. No entanto, na literatura outros autores detectaram diferenças significativas para produção de grãos e caracteres agronômicos, quando avaliaram genótipos de milho no período de safrinha (TOZETTI; OSUNA; BANZATTO, 1995; CANDIDO; ANDRADE, 2008; FIDELIS; MIRANDA; ERASMO, 2009). Esses trabalhos foram conduzidos em experimentos que continham três repetições e/ou maior número de plantas por parcela, indicando que, em relação ao caráter produção de grãos para as condições de safrinha, possa ser necessário utilizar um maior número de repetições e/ou plantas por parcela para a detecção de variabilidade entre os genótipos, visto que este caráter é o mais importante para o melhoramento genético.

Neste sentido, Resende e Souza Júnior (1997) avaliaram o efeito do número de repetições e de plantas por parcela na resposta à seleção em ambientes com condições ambientais favoráveis e desfavoráveis para o caráter peso de espigas despalhadas em milho e verificaram que é indicado utilizar três repetições em ambas as condições e que se deve utilizar um maior número de plantas por parcela na condição desfavorável em relação à favorável, mostrando que há necessidades distintas do tamanho da parcela entre ambientes contrastantes.

4.2 Médias e análises de variâncias conjuntas gerais

A média geral para a PG dos testecrosses nas análises de variâncias conjuntas gerais foi de 6,71 t ha^{-1} e variou de 4,27 t ha^{-1} a 7,96 t ha^{-1}. As médias gerais para os caracteres PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, foram, respectivamente, de 0,84 espigas $planta^{-1}$, 9,72%, 197,07 cm, 98,06 cm, 0,49, 62,21 dias, 63,40 dias e 1,18 dias (Anexo C). Esses valores sugerem que, em geral, as populações apresentaram razoável produção de grãos, baixa prolificidade, resistência moderada ao acamamento e quebramento de plantas, comportamento protândrico e estatura satisfatória.

Os coeficientes de variação (CVs) das análises conjuntas gerais foram de magnitude mediana para PG (14,02%) e PROL (11,01%) e, de baixa magnitude para os demais caracteres avaliados, evidenciando boa precisão dos dados, exceto para os caracteres ACQ e IF, cujos valores do CV foram de 40,85% e 82,55%, respectivamente (Tabela 6). Resultados dessa natureza eram esperados uma vez que a média destes caracteres tende a ser baixa,

proporcionando assim, valores elevados de coeficiente de variação experimental. De qualquer forma, os valores de CVs para todos os caracteres estão dentro dos limites reportados na literatura (SILVA et al., 2004; LIMA et al., 2006; SANTOS, 2008; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; DÍAZ, 2011).

As análises de variâncias conjuntas gerais mostraram diferenças altamente significativos entre os anos para todos os caracteres, exceto para AE, indicando que os testecrosses foram avaliados sob condições distintas nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010 (Tabela 6). Como o cultivo de milho é afetado pelos fatores climáticos, era de se esperar que o efeito de anos fosse significativo e influenciasse a expressão dos caracteres, visto que as condições climáticas variaram consideravelmente de um ano para outro (Anexo D).

Para o efeito de safras dentro de anos, e dos contrastes $S_1 vs S_2 / A_1$ e $S_1 vs S_2 / A_2$ foram detectadas diferenças altamente significativas para PG e demais caracteres, exceto para ACQ no contraste $S_1 vs S_2 / A_2$. Tais resultados sugerem, respectivamente, que as safras diferem entre si, e que as médias dos caracteres na safra diferiram significativamente das médias na safrinha em ambos os anos de avaliação, exceto para o caráter ACQ no ano agrícola de 2009/2010. A diferença entre as safras reforça como visto nas análises conjuntas para safra e safrinha, que os testecrosses foram avaliados sob condições ambientais altamente distintas entre a safra e safrinha.

Para os TC_{RC1} e TC_{RC2} foram constatadas diferenças altamente significativas para PG e demais caracteres avaliados, com exceção do caráter ACQ que não apresentou diferenças significativas para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, do caráter FM em que foi detectada diferença significativa para TC_{RC1} e, do caráter IF em que não foi detectada diferença significativa para TC_{RC2}. Estes resultados indicam a presença de ampla variabilidade genética dos testecrosses para diversos caracteres. O contraste $TC_{RC1vsRC2}$ não foi significativo para PG e demais caracteres, exceto para AE, indicando que as médias dos TC_{RC1} e TC_{RC2} não diferiram na média das épocas de semeadura e anos para a maioria dos caracteres avaliados.

A interação dos testecrosses x anos mostrou significância ($P \leq 0,01$) para todos os caracteres. Porém, pela decomposição desta interação verificou-se que a interação $TC_{RC1}xA$ não foi significativa para os caracteres PG e ACQ, foi significativa para PROL e IF, e altamente significativa para os caracteres AP, AE, PRE, FM e FF, indicando que na média das

épocas (safra e safrinha) a performance dos TC_{RC1} foi diferencial nos dois anos de avaliação para a maioria dos caracteres. A interação $TC_{RC2}xA$ foi altamente significativa para os caracteres PG, ACQ, FM, FF e IF, e significativa para PROL e AP, mostrando que para a maioria dos caracteres os TC_{RC2} também apresentaram performance diferencial nos dois anos agrícolas de avaliação, exceto para os caracteres AE e PRE, para o quais não foram detectadas significâncias. Nota-se que os TC_{RC1} e TC_{RC2} não interagiram com anos de modo similar para os diferentes caracteres, sugerindo que para PG e ACQ, enquanto os TC_{RC1} apresentaram comportamento estável nos dois anos de avaliação, na média de safra e safrinha, os TC_{RC2} exibiram interação com anos altamente significativa. É possível inferir também que, para os caracteres de estatura da planta, os TC_{RC1} são mais sensíveis às variações climáticas dos anos em relação aos TC_{RC2}. A interação do contraste $TC_{RC1vsRC2}xA$ não foi significativa para PG e a maioria dos demais caracteres, porém foi altamente significativa para ACQ, FM e IF, indicando que o contraste $TC_{RC1vsRC2}$ alterou-se nos diferentes anos apenas para ACQ, FM e IF.

A interação testecrosses x safras foi altamente significativa para PG e demais caracteres, exceto para IF. As interações $TC_{RC1}xS/A$ e $TC_{RC2}xS/A$ foram altamente significativas para todos os caracteres, exceto para o caráter IF, o qual não apresentou diferença significativa para a interação $TC_{RC2}xS/A$. Estes resultados indicam que ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} apresentaram uma elevada interação com as safras e, portanto, infere-se que a performance dos mesmos foi diferencial entre a safra e a safrinha. A interação do contraste $TC_{RC1vsRC2}xS/A$ foi altamente significativa apenas para o caráter PG e significativa para AP, não sendo detectada significância para os demais caracteres. A interação dos genótipos com as safras pode ser considerada um problema para o melhoramento do milho, pois dependendo de sua natureza, pode ser dificultada a recomendação de cultivares com ampla adaptação, exigindo que os programas de melhoramento concentrem sua atenção para a safra e safrinha individualmente para que se possa capitalizar ou tirar proveito da interação, selecionando genótipos em função de seu grau de adaptação as safras. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), quanto mais avançado o programa de melhoramento de uma espécie, maior é a tendência em capitalizar as interações.

Tabela 6 – Quadrados médios e respectivas significâncias, médias gerais e coeficientes de variação das análises de variâncias conjuntas para produção de grãos e caracteres da planta, em testecrosses de milho avaliados na safra e safrinha de 2008/09 e 2009/10

FV	GL	Quadrados médios								
		PG	PROL[(a)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF	IF
Anos (A)	1	9,10 **	348,91 **	5.401,65 **	21.579,61 **	144,60 ns	820,81 **	1.230,26 **	77,00 **	691,69 **
Safras/A (S/A)	2	5.827,07 **	428,90 **	444,60 **	740.566,77 **	365.085,88 **	8.451,22 **	3.096,29 **	3.993,77 **	63,12 **
$S_1 vs S_2 / An_1$	1	4.477,72 **	756,02 **	887,95 **	768.614,01 **	388.124,56 **	9.285,03 **	81,92 **	43,24 **	6,13 **
$S_1 vs S_2 / An_2$	1	7.176,43 **	101,79 **	1,25 ns	712.519,53 **	342.047,20 **	7.617,41 **	6.110,65 **	7.944,30 **	120,12 **
Testecrosses (TC)	199	2,64 **	2,06 **	2,87 ns	248,53 **	126,50 **	11,12 **	4,79 **	4,75 **	2,72 **
TC_{RC1}	99	2,54 **	2,21 **	1,99 ns	242,91 **	130,43 **	12,67 **	4,24 *	5,37 **	1,97 **
TC_{RC2}	99	2,75 **	1,90 **	3,18 ns	255,42 **	121,88 **	9,51 **	3,87 **	4,15 **	1,61 ns
$TC_{RC1 vs RC2}$	1	0,45 ns	3,34 ns	59,62 ns	123,21 ns	195,30 *	16,81 ns	150,68 ns	1,89 ns	186,32 ns
TC x A	199	1,19 **	1,11 **	2,36 **	107,54 **	54,53 **	6,91 **	2,57 **	2,28 **	1,58 **
$TC_{RC1} xAn$	99	1,06 ns	1,10 *	1,97 ns	120,04 **	62,72 **	7,57 **	2,86 **	2,45 **	1,27 *
$TC_{RC2} xAn$	99	1,30 **	1,13 *	2,42 **	95,69 *	46,57 ns	6,30 ns	2,18 **	2,14 **	1,75 **
$TC_{RC1 vs RC2} xAn$	1	1,55 ns	0,33 ns	34,41 **	41,60 ns	32,78 ns	2,04 ns	11,39 **	0,46 ns	16,40 **
TC x S/A	398	1,35 **	1,30 **	2,43 **	93,97 **	65,95 **	8,21 **	2,19 **	2,14 **	1,08 ns
$TC_{RC1} xS / An$	198	1,31 **	1,32 **	2,34 **	94,70 **	62,33 **	7,28 **	2,24 **	2,22 **	1,33 **
$TC_{RC2} xS / An$	198	1,34 **	1,28 **	2,54 **	92,07 **	69,78 **	9,21 **	2,15 **	2,08 **	0,83 ns
$TC_{RC1 vs RC2} xS / An$	2	5,66 **	0,98 ns	0,59 ns	210,33 *	45,89 ns	1,66 ns	1,70 ns	0,37 ns	1,05 ns
Erro efetivo médio	644[(c)]	0,89	0,85	1,66	72,15	42,44	5,35	1,58	1,58	0,95
CV (%)		14,02	11,01	40,85	4,31	6,64	4,70	2,02	1,98	82,55
Média Geral		6,71	0,84	9,72[(d)]	197,07	98,06	0,49	62,21	63,40	1,18

ns, * e ** não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [(a)] QM multiplicados por 10^2; [(b)] QM multiplicados por 10^4; [(c)] Graus de liberdade do resíduo para PG, PROL e ACQ são 640; [(d)] Valor na escala original (não transformado).

4.3 Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos

Para o caráter PG na safra, as estimativas de variâncias genéticas dos testecrosses ($\hat{\sigma}^2_{TC}$) para ambos os TC_{RC1} e TC_{RC2} diferiram significativamente de zero ($P \leq 0,05$). No entanto, na safrinha as $\hat{\sigma}^2_{TC}$ diferiram de zero apenas para os TC_{RC2}, visto que não foi detectada variabilidade para os TC_{RC1} nas análises de variâncias para a safrinha. As $\hat{\sigma}^2_{TC}$ diferiram de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} quando obtidas pelas análises de variâncias conjuntas gerais. Para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} as $\hat{\sigma}^2_{TC}$ apresentaram maiores magnitudes na safra que na safrinha. (Tabela 7). Na literatura há relatos de que o componente de variância genética para produtividade em condições de estresse ambiental é comumente reduzido em relação a condições favoráveis (BLUM, 1982; RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997; SANTOS, 2008). As magnitudes das $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para os TC_{RC1} foram maiores na safra em relação aos TC_{RC2} (0,37 *versus* 0,28), apesar de não diferirem estatisticamente. O mesmo pôde ser observado para as magnitudes das $\hat{\sigma}^2_{TC}$ obtidas das análises de variâncias conjuntas gerais. Estes resultados podem estar relacionados à maior amplitude de variação das médias para PG na safra e na média das safras apresentada pelos TC_{RC1} em relação aos TC_{RC2} (Anexo C). Na safrinha, enquanto os TC_{RC2} apresentaram $\hat{\sigma}^2_{TC}$ de 0,12 (t ha^{-1})^2 os TC_{RC1} apresentaram $\hat{\sigma}^2_{TC}$ não diferente de zero.

As estimativas das variâncias da interação testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) para PG, para os TC_{RC1}, não diferiram de zero quando obtidas das análises da safra e da conjunta geral, e apresentou-se relativamente alta na safrinha. Para os TC_{RC2}, as magnitudes da $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ foram similares às estimativas de $\hat{\sigma}^2_{TC}$ em ambas as safras e inferiores na conjunta geral, indicando que os efeitos da interação entre a variância genética de testecrosses e os anos foram importantes na expressão desse caráter para os TC_{RC2} principalmente na safra e safrinha.

As estimativas das variâncias da interação testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$) para PG representaram aproximadamente 52% da magnitude da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para os TC_{RC1} e 61% para os TC_{RC2}, indicando que na conjunta geral as $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ foram mais expressiva do que as $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ para os TC_{RC1}, enquanto que para os TC_{RC2}, ambas as estimativas apresentaram magnitudes

similares, 0,11 (t ha^{-1})^2 e 0,10 (t ha^{-1})^2 para a $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ e $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ respectivamente, não diferindo entre si. Portanto infere-se que a interação de testecrosses com safras é um componente importante na variação desse caráter devido à grande diversidade das condições climáticas existentes entre a safra e a safrinha em que os testecrosses foram avaliados. Esses resultados reforçam que houve uma performance diferencial dos testecrosses entre as safras e sugerem uma expressão diferencial dos genes que controlam o caráter na safra e safrinha.

Para o caráter PG, as estimativas dos coeficientes de herdabilidade com base em média de testecrosses ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) diferiram significativamente de zero ($P \leq 0,05$) em ambas as safras e na conjunta geral para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, exceto para TC_{RC1} na safrinha, pois não detectou-se variância genética neste ambiente. Na safra os valores da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ foram de 0,55 e de 0,38 para os TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente. Essa diferença de magnitudes pode ser explicada em parte pela maior magnitude da variância genética encontrada para os TC_{RC1} em relação aos TC_{RC2} e ainda pela pronunciada variância da interação $TC_{RC2}xA$ que pode ter contribuído para uma menor magnitude do coeficiente de herdabilidade para os TC_{RC2}, por meio de sua participação na variância fenotípica. Na safrinha a $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ foi de 0,39 para os TC_{RC2} e não diferiu de zero para os TC_{RC1}. Na conjunta geral foram constatados valores mais elevados de $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ tanto para os TC_{RC1} (0,66) quanto para os TC_{RC2} (0,53). Estes resultados já eram esperados e decorrem da forma de como foi estimada a variância fenotípica ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$) para a safra e safrinha e para a conjunta geral, que resultou em uma considerável redução da magnitude da variância do erro ($\hat{\sigma}^2_e$) quando se avaliou os testecrosses na safra e safrinha conjuntamente, o que tornam próximos os valores das estimativas de variância fenotípica e genotípica, elevando consequentemente o coeficiente de herdabilidade na conjunta geral em relação à safra e à safrinha respectivamente.

Tabela 7 – Estimativas das variâncias fenotípicas com base em médias ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$), genéticas ($\hat{\sigma}^2_{TC}$), da interação com anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$), da interação com safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$), coeficientes de herdabilidade com base em médias ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) e respectivos intervalos de confiança (entre parênteses) de testecrosses para o caráter produção de grãos (PG), prolificidade (PROL) e acamamento e quebramento de plantas (ACQ)

Parâmetros[(a)(b)]		PG (t ha^{-1})			PROL[(c)] (espigas planta^{-1})			ACQ (%)		
		Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta
TC_{RC1}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	0,67 (0,52;0,91)	0,28 (0,22;0,38)	0,32 (0,25;0,43)	3,13 (2,41;4,23)	5,14 (3,96;6,94)	2,77 (2,13;3,73)	0,68 (0,53;0,92)	0,43 (0,33;0,59)	0,25 (0,19;0,34)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	0,37 (0,23;0,67)	0,00	0,21 (0,14;0,34)	0,00	0,00	1,39 (0,81;2,90)	0,00	0,10 (0,04;0,63)	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	0,00	0,28 (0,17;0,55)	0,00	1,30 (0,51;7,82)	3,42 (1,90;7,92)	0,63 (0,25;3,80)	0,49 (0,23;1,62)	0,00	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	0,11 (0,06;0,23)	-	-	1,18 (0,70;2,36)	-	-	0,17 (0,09;0,41)
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,55 (0,37;0,67)	0,00	0,66 (0,48;0,77)	0,00	0,00	0,50 (0,26;0,67)	0,00	0,23 (0,01;0,44)	0,00
TC_{RC2}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	0,74 (0,57;0,99)	0,31 (0,24;0,42)	0,34 (0,27;0,46)	3,60 (2,77;4,86)	4,51 (3,48;6,08)	2,38 (1,83;3,21)	1,06 (0,82;1,43)	0,37 (0,28;0,50)	0,40 (0,31;0,54)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	0,28 (0,14;0,82)	0,12 (0,06;0,34)	0,18 (0,11;0,36)	0,00	1,43 (0,63;5,94)	0,97 (0,50;2,64)	0,00	0,00	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	0,30 (0,14;0,99)	0,10 (0,04;0,47)	0,10 (0,05;0,32)	1,78 (0,84;5,94)	1,48 (0,58;8,92)	0,70 (0,29;3,39)	0,72 (0,40;1,67)	0,00	0,19 (0,09;0,63)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	0,11 (0,07;0,24)	-	-	1,08 (0,63;2,25)	-	-	0,22 (0,13;0,45)
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,38 (0,08;0,59)	0,39 (0,11;0,60)	0,53 (0,30;0,68)	0,00	0,32 (0,01;0,54)	0,41 (0,12;0,60)	0,00	0,00	0,00

[(a)] Intervalo de confiança a 0,95 de probabilidade; [(b)] A $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ foi estimada somente nas análises de variâncias conjuntas gerais; [(c)] Variâncias multiplicadas por 10^3.

As magnitudes das estimativas dos coeficientes de herdabilidade são difíceis de serem comparados com aqueles reportados na literatura, pois os mesmos tendem a variar, dentre outros fatores, com o tipo de progênie, o nível de endogamia das progênies, o número de repetições e o número de ambientes utilizados para a estimação deste parâmetro. Apesar disso é possível inferir que os valores obtidos para $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ foram de magnitude moderada em relação ao caráter PG. Rezende et al. (1997) obtiveram coeficiente de herdabilidade ao nível de média de progênies para o caráter peso de espigas despalhadas variando de 0,20 a 0,30 em condições desfavoráveis e favoráveis a cultura do milho, respectivamente, avaliadas em dois ambientes com duas repetições. Santos (2008) avaliando testecrosses em três ambientes com duas repetições cada relatou coeficiente de herdabilidade ao nível de médias variando de 0,21 para ambiente desfavorável (solo com alta acidez) a 0,69 para ambiente favorável (solo não ácido). Portanto, considerando o caráter e o número de ambientes de avaliação, os valores encontrados para $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ estão de acordo com os reportados na literatura.

Para o caráter PROL, as estimativas de variância genética dos testecrosses ($\hat{\sigma}^2_{TC}$) não diferiram de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} na safra e para os TC_{RC1} na safrinha. Entretanto, as $\hat{\sigma}^2_{TC}$ diferiram de zero para os TC_{RC2} na safrinha e para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} quando obtidos da análise conjunta geral. As estimativas das variâncias da interação de testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) foram significativamente diferentes de zero em ambas as safras e na conjunta geral para os TC_{RC1} e TC_{RC2}, em que as magnitudes desta interação indicam que a interação testecrosses x anos foi um componente importante na variação fenotípica deste caráter na safra, safrinha e na conjunta geral. As estimativas das variâncias da interação de testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$) representaram cerca de 85% da estimativa de variância genética de testecrosses para os TC_{RC1} e de 111% para os TC_{RC2}, sugerindo uma expressão diferencial dos genes que controlam o caráter na safra e safrinha. Com base nesses resultados, pode-se inferir ainda que a interação com safras resultou em maior expressão diferencial dos genes em relação à interação com anos para o caráter PROL. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) diferiram de zero apenas na safrinha para os TC_{RC2} e na conjunta geral para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, sendo constatados valores inferiores aos observados para o caráter PG (Tabela 7). Segundo Hallauer, Carena e Miranda Filho (2010) geralmente o coeficiente de herdabilidade para o caráter PROL é superior ao do caráter PG, porém,

diversos autores reportam estimativas do coeficiente de herdabilidade em nível de médias para prolificidade inferior as para peso de espigas despalhadas (PINTO; LIMA NETO; SOUZA JÚNIOR, 2000; BENTO; RAMALHO; SOUZA, 2003; ARAÚJO et al., 2005). Com relação às magnitudes dos valores de $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ para PROL, estas estão de acordo com Hallauer (1974), que estudando a herdabilidade deste caráter relatou valores variando de 0,00 a 0,72.

Para o caráter ACQ as estimativas das variâncias genéticas dos testecrosses diferiram de zero apenas para o TC_{RC1} nas condições de safrinha, visto que não foi detectada variabilidade genética em ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} nas condições de safra, na conjunta geral e para os TC_{RC2} na safrinha. As estimativas das variâncias da interação testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) foram significativamente diferentes de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} nas condições de safra, e para TC_{RC2} na conjunta geral. Com base nas magnitudes da $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ infere-se que nas condições de safra e na conjunta geral, há uma maior interação da expressão gênica com os anos de avaliação para os TC_{RC2} em relação aos TC_{RC1}. Nas condições de safrinha esta interação não diferiu de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}. As estimativas das variâncias da interação testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$) foram elevadas em relação às da interação com anos para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, indicando que a expressão dos genes que controlam o caráter ACQ é mais afetada pelas variações ambientais entre a safra e safrinha do que entre os anos agrícolas. A estimativa do coeficiente de herdabilidade dos testecrosses foi significativamente diferente de zero apenas para os TC_{RC1} nas condições de safrinha, apesar de apresentar baixa magnitude, 0,23 (Tabela 7). Estimativas desta ordem foram também reportadas por Santos (2008) e Silva (2011).

Para os caracteres de estatura da planta (AP, AE e PRE) as estimativas das variâncias genéticas diferiram de zero ($P \leq 0,05$) para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} em ambas as safras e conjunta geral, exceto para o caráter PRE nas condições de safrinha. Para o caráter AP, as estimativas das variâncias da interação testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) diferiam de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} em ambas as safras e na conjunta geral, exceto para os TC_{RC2} nas condições de safrinha. Com base na magnitude dos valores das $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ pode-se notar que, apesar de não diferirem das respectivas $\hat{\sigma}^2_{TC}$, os TC_{RC1} apresentaram uma proporção da $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ em relação à $\hat{\sigma}^2_{TC}$ superior a apresentada pelos TC_{RC2}, indicando que há uma maior

interação da expressão dos genes que controlam a AP com os anos de avaliação para os TC_{RC1} em relação aos TC_{RC2}. As $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$, para o caráter AE, foram significativas apenas para os TC_{RC1}, em condições de safrinha e na conjunta geral, evidenciando que a interação testecrosses x anos foi um componente importante da variação fenotípica deste caráter apenas para os TC_{RC1} nas referidas condições. Ainda com base nesses resultados, é possível inferir que a expressão dos genes que controlam o caráter AE são mais consistentes entre os anos em relação aos que controlam o caráter AP. Para o caráter PRE, os TC_{RC1} apresentaram $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ significativas em ambas as safras e na conjunta geral e também mostraram-se mais inconsistentes as variações entre os anos em relação aos TC_{RC2}, visto que estes apresentaram $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ não diferente de zero para a safra e conjunta geral, e diferente de zero para as condições de safrinha, em que a magnitude da $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ foi semelhante para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, não diferindo entre si (Tabela 8).

Para o caráter AP, as estimativas das variâncias da interação testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$) representaram cerca de 37% e 25% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para os TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente. Para o caráter AE, as $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ representaram aproximadamente 59% e 69% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente. Para o caráter PRE, as $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ representaram aproximadamente 76% e 185% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para TC_{RC1} e TC_{RC2}, respectivamente. Esses resultados sugerem que houve uma expressão diferencial dos genes que controlam os caracteres de estatura da planta na safra e safrinha. Ainda é possível inferir que, para os TC_{RC1}, com base no caráter AP, houve uma maior interação dos anos com a expressão gênica em relação às safras, e que para os caracteres AE e PRE, anos e safras interagiram de modo similar com a expressão gênica. No entanto, para TC_{RC2}, apesar da expressão dos genes que controlam o caráter AE e PRE não ter sido afetada significativamente pela $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$, esta apresentou alta interação com as safras. Para o caráter AP, anos e safras afetaram de modo similar a expressão gênica. Com base nessa abordagem, infere-se que, de modo geral, a expressão dos genes que controlam os caracteres de estatura da planta na safra e safrinha conjuntamente foi afetada pelas variações ambientais entre as safras e entre os anos agrícolas de forma diferente para TC_{RC1} e TC_{RC2} de acordo com o caráter em questão, visto que os

TC_{RC1} foram sensíveis às variações tanto de anos como de safras enquanto que os TC_{RC2} foram mais sensíveis às variações de safras, exceto para o caráter AP.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) para os caracteres AP e AE diferiram de zero para ambos testecrosses na safra, safrinha e nas conjuntas gerais, assim como na safra e na conjunta geral para o caráter PRE. No entanto nas condições de safrinha para o caráter PRE, a $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ não diferiu de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} devido a não detecção de variabilidade genética para este caráter na safrinha. Os TC_{RC2} apresentaram maiores magnitudes de $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ em relação aos TC_{RC1} em ambas as safras e na conjunta geral para todos os caracteres de estatura da planta, indicando que os TC_{RC2} sofreram menor influência do ambiente e que maior parte da variância fenotípica foi devida à variância genética. Portanto, a seleção para os caracteres de estatura da planta deve ser mais eficiente quando aplicada sobre os TC_{RC2} em relação aos TC_{RC1}. Desconsiderando o caráter PRE na safrinha em que a $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ não diferiu de zero, as magnitudes da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ variaram de 0,32 para AP e AE na safrinha a 0,58 para AE na safra para TC_{RC1} e de 0,44 para PRE a 0,65 para AE na conjunta geral para os TC_{RC2}. As $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ obtidas para os caracteres de estatura da planta foram relativamente baixas quando comparadas com as reportadas na literatura (SIBOV et al., 2003; SILVA et al., 2004; ANDRADE; MIRANDA FILHO, 2008; DÍAZ, 2011), porém para os caracteres AP e AE os valores observados apresentaram magnitudes próximas aquelas relatadas por Pinto, Lima Neto e Souza Júnior (2000) e Santos (2008).

Tabela 8 – Estimativas das variâncias fenotípicas com base em médias ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$), genéticas ($\hat{\sigma}^2_{TC}$), da interação com anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$), da interação com safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$), coeficientes de herdabilidade com base em médias ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) e respectivos intervalos de confiança (entre parênteses) de testecrosses para o caráter altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e posição relativa da espiga (PRE)

Parâmetros[(a)(b)]		AP (cm)			AE (cm)			PRE [(c)]		
		Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta
TC_{RC1}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	33,70 (25,98;45,48)	50,23 (38,72;67,79)	30,36 (23,41;40,98)	23,97 (18,48;32,35)	25,46 (19,62;34,35)	16,30 (12,57;22,00)	22,18 (17,10;29,93)	28,17 (21,71;38,01)	15,83 (12,20;21,37)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	13,47 (6,92;36,69)	16,31 (7,13;67,56)	15,36 (8,99;32,03)	13,80 (8,87;24,39)	8,17 (3,57;33,83)	8,46 (5,06;16,96)	8,57 (4,30;24,71)	0,00	6,37 (3,28;17,36)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	9,87 (3,85;59,38)	26,28 (13,81;68,22)	11,97 (6,53;28,68)	0,00	12,49 (6,27;36,00)	5,07 (2,48;15,62)	6,03 (2,16;49,76)	13,76 (6,28;50,51)	5,54 (2,53;20,34)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	5,64 (2,75;17,36)	-	-	4,97 (2,84;10,88)	-	-	4,83 (2,48;13,15)
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,40 (0,11;0,60)	0,32 (0,01;0,55)	0,51 (0,27;0,67)	0,58 (0,37;0,71)	0,32 (0,01;0,54)	0,52 (0,29; 0,68)	0,39 (0,09;0,59)	0,00	0,40 (0,11;0,60)
TC_{RC2}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	45,41 (35,01;61,29)	45,79 (35,30;61,79)	31,93 (24,61;43,09)	28,38 (21,88;38,29)	25,06 (19,32;33,82)	15,23 (11,74;20,56)	20,64 (15,91;27,85)	30,15 (23,24;40,69)	11,89 (9,16;16,04)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	24,29 (14,67;47,79)	25,01 (15,75;45,74)	19,97 (13,06;34,27)	18,20 (12,22;30,02)	14,01 (8,89;25,32)	9,93 (6,72;16,15)	10,04 (6,01;20,11)	0,00	5,20 (2,97;11,36)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	11,66 (4,84;56,56)	0,00	5,89 (2,44;28,54)	0,00	0,00	0,00	0,00	14,61 (6,67;53,62)	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	4,98 (2,27;18,27)	-	-	6,84 (4,27;12,67)	-	-	9,64 (6,20;17,05)
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,53 (0,31;0,69)	0,55 (0,37;0,67)	0,63 (0,44;0,75)	0,64 (0,47;0,76)	0,56 (0,34;0,70)	0,65 (0,52;0,74)	0,49 (0,28;0,62)	0,00	0,44 (0,23;0,58)

[(a)] Intervalo de confiança a 0,95 de probabilidade; [(b)] A $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ foi estimada somente nas análises de variâncias conjuntas gerais; [(c)] Variâncias multiplicadas por 10^5.

Quanto aos caracteres do florescimento (FM, FF e IF), as estimativas das variâncias genéticas de testecrosses ($\hat{\sigma}^2_{TC}$) diferiram de zero para ambos os testecrosses na safra, safrinha e nas conjuntas gerais, exceto para o caráter IF na safrinha e na conjunta geral para os TC_{RC2}. Para o caráter FF, as $\hat{\sigma}^2_{TC}$ foram estatisticamente superiores na safrinha em relação à safra e à conjunta geral para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}. De modo geral, as magnitudes da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ foram maiores nas condições de safrinha para todos os caracteres do florescimento, indicando maior expressão de variabilidade sob estas condições em relação à safra e à conjunta geral, exceto para TC_{RC2} para o caráter IF. Na safra, as estimativas das variâncias da interação testecrosses x anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) foram nulas para todos os caracteres do florescimento para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}. Na safrinha, para o caráter FM, a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ foi significativamente diferente de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, porém foi mais expressiva para TC_{RC1}, pois esta representou cerca de 215% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$, enquanto que para TC_{RC2} a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ representou 64% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$. Para o caráter FF, a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ representou cerca de 66% da $\hat{\sigma}^2_{TC}$ para os TC_{RC1} e não diferiu de zero para os TC_{RC2}, na safrinha. Contrariamente ao FF, para o caráter IF, a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ não diferiu de zero para os TC_{RC1} e obteve magnitude de 0,92 (dias)^2 para os TC_{RC2}. Com relação às $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ obtidas nas análises conjuntas gerais, estas diferiram de zero para todos os caracteres do florescimento e para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, e apresentaram de modo geral, magnitudes mais elevadas para os TC_{RC1} em relação aos TC_{RC2}, exceto para o caráter IF em que ocorreu o inverso. Estes resultados indicam que a interação testecrosses x anos foi um componente importante da variação fenotípica destes caracteres na conjunta geral e na safrinha. As magnitudes das estimativas das variâncias da interação testecrosses x safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$) para os TC_{RC1} apresentaram-se inferiores as das $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ para o caráter FM e similares para FF e IF na conjunta geral, porém não diferiram estatisticamente. Para os TC_{RC2} as $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ e $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ apresentaram magnitudes similares para os caracteres FM e FF, porém para o caráter IF a $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ não diferiu de zero (Tabela 9). Estes resultados sugerem que a expressão dos genes que controlam os caracteres do florescimento foi, de modo geral, tão afetada pelas variações ambientais entre os anos agrícolas quanto entre as safras, mostrando a importância em avaliar genótipos de milho em vários anos agrícolas.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) para os caracteres do florescimento diferiram de zero para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} na safra, safrinha e nas conjuntas gerais, exceto para o caráter IF para TC_{RC2} na safrinha e na conjunta geral. Para o caráter FM, as magnitudes da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ foram de modo geral similares em ambas as safras e na conjunta geral, variando de 0,30 a 0,36 para os TC_{RC1} na safrinha e safra respectivamente e de 0,41 a 0,44 para os TC_{RC2} na safrinha e conjunta geral, respectivamente. Nota-se que os TC_{RC2} apresentaram maiores valores da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ em relação aos TC_{RC1} e que apesar das maiores magnitudes da variância genética na safrinha em relação à safra, para as $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ ocorreu o inverso devido aos elevados valores da variância fenotípica na safrinha em relação à safra.
Para o caráter FF, houve um aumento dos valores das $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ para os TC_{RC1} da safra para a safrinha e desta para a conjunta geral, com $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ variando de 0,42 na safra a 0,54 na conjunta geral, como era de se esperar. No entanto, para os TC_{RC2} foi observado o inverso, em que houve uma redução dos valores das $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ da safra para a safrinha e desta para a conjunta geral, com $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ variando de 0,48 na conjunta geral a 0,53 na safra. Esta redução da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ na conjunta geral em relação às safras foi provavelmente devido à contribuição da variância da interação dos testecrosses com os anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$) na variância fenotípica do caráter, visto que para as safras a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ não diferiu de zero, enquanto que na conjunta geral, esta estimativa foi significativa ($P \leq 0,05$), indicando que a interação testecrosses x anos foi um componente que contribuiu para a redução da $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ na conjunta geral. Esta abordagem, também se aplica para o caráter IF, em que, para os TC_{RC1} a $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ em ambas as safras apresentou magnitudes de 0,48 *versus* 0,36 para a conjunta geral, pois nota-se que da mesma forma que para o caráter FF, a $\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$ não diferiu de zero nas safras, no entanto, foi significativa na conjunta geral. Para os TC_{RC2}, somente nas condições de safra a $\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$ foi significativa porém de baixa magnitude (0,28). Os valores obtidos para os caracteres FM e FF foram relativamente baixos quando comparados com os reportados na literatura (CÂMARA et al., 2007; HALLAUER; CARENA; MIRANDA FILHO, 2010; MÔRO, 2011), porém para o caráter IF os valores observados apresentaram magnitudes similares às repostadas por Santos (2008) e Silva (2011).

Tabela 9 – Estimativas das variâncias fenotípicas com base em médias ($\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$), genéticas ($\hat{\sigma}^2_{TC}$), da interação com anos ($\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$), da interação com safras ($\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$), coeficientes de herdabilidade com base em médias ($\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$) e respectivos intervalos de confiança (entre parênteses) de testecrosses para o caráter florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e intervalo entre florescimentos (IF)

Parâmetros[(a)(b)]		FM (dias)			FF (dais)			IF (dias)		
		Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta
TC_{RC1}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	0,59 (0,45;0,79)	1,10 (0,85;1,49)	0,53 (0,41;0,71)	0,36 (0,28;0,49)	1,62 (1,25;2,19)	0,67 (0,52;0,91)	0,42 (0,33;0,57)	0,48 (0,37;0,65)	0,25 (0,19;0,33)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	0,21 (0,10;0,60)	0,33 (0,14;1,62)	0,17 (0,07;0,71)	0,15 (0,08;0,36)	0,79 (0,46;1,68)	0,36 (0,22;0,71)	0,20 (0,11;0,41)	0,23 (0,14;0,47)	0,09 (0,04;0,29)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	0,00	0,71 (0,41;1,51)	0,32 (0,19;0,68)	0,00	0,52 (0,24;1,91)	0,22 (0,11;0,59)	0,00	0,00	0,08 (0,03;0,38)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	0,16 (0,09;0,39)	-	-	0,16 (0,09;0,40)	-	-	0,09 (0,05;0,23)
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,36 (0,10;0,53)	0,30 (0,01;0,53)	0,32 (0,01;0,55)	0,42 (0,17;0,56)	0,49 (0,24;0,65)	0,54 (0,32;0,69)	0,48 (0,25;0,61)	0,48 (0,27;0,62)	0,36 (0,04;0,57)
TC_{RC2}	$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}_{TC}}$	0,66 (0,51;0,89)	0,94 (0,72;1,26)	0,48 (0,37;0,65)	0,47 (0,36;0,63)	1,16 (0,89;1,57)	0,52 (0,40;0,70)	0,32 (0,24;0,43)	0,29 (0,22;0,39)	0,20 (0,16;0,27)
	$\hat{\sigma}^2_{TC}$	0,29 (0,16;0,64)	0,39 (0,21;1,02)	0,21 (0,11;0,53)	0,25 (0,16;0,47)	0,58 (0,36;1,13)	0,25 (0,14;0,55)	0,09 (0,04;0,36)	0,00	0,00
	$\hat{\sigma}^2_{TCxAn}$	0,00	0,25 (0,10;1,52)	0,15 (0,07;0,62)	0,00	0,00	0,14 (0,06;0,67)	0,00	0,23 (0,11;0,77)	0,20 (0,12;0,41)
	$\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$	-	-	0,14 (0,07;0,39)	-	-	0,12 (0,06;0,38)	-	-	0,00
	$\hat{h}^2_{\bar{X}_{TC}}$	0,44 (0,21;0,58)	0,41 (0,14;0,61)	0,44 (0,16;0,62)	0,53 (0,36;0,66)	0,50 (0,31;0,63)	0,48 (0,24;0,65)	0,28 (0,01;0,47)	0,00	0,00

[(a)] Intervalo de confiança a 0,95 de probabilidade; [(b)] A $\hat{\sigma}^2_{TCxS(An)}$ foi estimada somente nas análises de variâncias conjuntas gerais.

As estimativas de variância genética, variância da interação genótipos x ambientes e do coeficiente de herdabilidade são importantes para a escolha adequada da estratégia de melhoramento, além de possibilitar a obtenção de estimativas das respostas diretas e indiretas à seleção. Essas informações auxiliam na identificação de genótipos superiores, com base em valores fenotípicos e permitem adquirir máximo ganho genético com o uso mínimo de tempo e recursos.

4.4 Decomposição da interação testecrosses x safras

Segundo Vencovsky e Barriga (1992) é muito importante avaliar a magnitude das interações, como por exemplo, a interação testecrosses x safras. Uma vez que a interação foi detectada, é igualmente importante que se determine sua natureza. Dessa forma, a interação $TC_{RC1}xS/A$ e $TC_{RC2}xS/A$ foi decomposta em seus componentes simples e complexos. Verificou-se para o caráter PG que a parte complexa foi responsável por 87,19% e 86,52% do total para $TC_{RC1}xS/A$ e $TC_{RC2}xS/A$, respectivamente. Decompondo estas interações para os demais caracteres, verifica-se que a parte complexa representou mais que 85% destas interações para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, exceto para o caráter FF para TC_{RC1}, em que a parte complexa foi responsável por 59,41% do total da interação $TC_{RC1}xS/A$. Como a interação $TC_{RC2}xS/A$ não foi significativa para o caráter IF esta não foi decomposta (Tabela 10).

Tais resultados sugerem o predomínio da parte complexa em relação a simples, para todos os caracteres em ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, indicando que a maioria da interação foi atribuída a baixa correlação entre as médias dos testecrosses de uma safra para outra e pode-se inferir que ocorreu reclassificação dos genótipos dentre os ambientes. Segundo Muir, Nyquist e Xu (1992) se a maioria da interação for devida à parte simples, ou seja, variação devida à magnitude das diferenças entre genótipos diferir dentre os ambientes, a interação pode ser considerada sem importância, visto que a classificação dos genótipos se mantém constante nos diferentes ambientes. Contudo, se a interação for principalmente devida à parte complexa, ou seja, desvios de uma perfeita correlação da classificação de genótipos entre os ambientes, uma recomendação de melhoramento específico pode ser feita e genótipos especializados devem ser desenvolvidos para cada ambiente.

Tabela 10 – Estimativas das correlações entre testecrosses de milho na safra e safrinha ($\hat{r}_{S_aS_b}$) e decomposição da interação testecrosses x safras em seus componentes simples (S) e complexo (C) em porcentagem, para produção de grãos e caracteres da planta

Caráter	TC_{RC1}			TC_{RC2}		
	$\hat{r}_{S_aS_b}$	S (%)	C (%)	$\hat{r}_{S_aS_b}$	S (%)	C (%)
PG	0,35**	12,81	87,19	0,39**	13,48	86,52
PROL	0,21**	3,76	96,24	0,21**	0,80	99,20
ACQ	-0,05^{ns}	2,44	97,56	0,13**	14,06	85,94
AP	0,44**	3,47	96,53	0,50**	0,01	99,99
AE	0,37**	0,07	99,93	0,35*	0,30	99,70
PRE	0,28**	0,98	99,02	0,10^{ns}	1,95	98,05
FM	0,35**	7,27	92,73	0,33**	2,18	97,82
FF	0,57**	40,59	59,41	0,40**	14,79	85,21
IF$^{(a)}$	0,26*	0,25	99,75	-	-	-

^{ns}, * e ** não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste *t* de Student, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas planta^{-1}), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; $^{(a)}$ A interação $TC_{RC2}xS/A$ não foi significativa para o caráter IF e portanto, não foi decomposta.

Deve-se ressaltar que a decomposição da interação deve ser examinada com cuidado, pois se as magnitudes dos quadrados médios dentre as safras apresentarem valores similares, mesmo com um valor médio elevado da correlação, esta irá atribuir proporções elevadas à parte complexa da interação, como ocorreu para o caráter AP para os TC_{RC1} e TC_{RC2}, em que a estimativa da correlação foi de 0,44 e 0,50 respectivamente, e altamente significativa para ambos, porém a parte complexa explicou 96,53% e 99,99% da interação, respectivamente.

As correlações foram de modo geral de baixas ($\hat{r}_{S_aS_b}$ < 0,30) a moderadas (0,30 ≤ $\hat{r}_{S_aS_b}$ < 0,60), entre os mesmos caracteres na safra e safrinha para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, o que reforça que programas específicos de melhoramento para safra e safrinha devem apresentar resultados mais satisfatórios do que um único programa de melhoramento abrangendo as duas safras. Para o caráter PG, a $\hat{r}_{S_aS_b}$ foi moderada para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} (0,35 e 0,39 respectivamente) e altamente significativa. Os caracteres PROL e ACQ foram os que de modo geral apresentaram as menores estimativas de correlação entre safra e safrinha para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}. As $\hat{r}_{S_aS_b}$ obtidas para o caráter PG neste trabalho são inferiores a reportada por Guimarães et al. (2005), que relatam correlação média entre safra e safrinha em vários

municípios brasileiros de 0,63. Porém, Silva et al. (2008) relatam correlações entre ambientes com déficit hídrico e sem déficit hídrico de 0,23 e 0,04 para duas populações. De acordo com Brancourt-Hulmel et al. (2005), o nível de correlação entre dois ambientes, sendo um favorável e outro desfavorável, varia de acordo com o material genético e com o tipo e intensidade de estresse presente no ambiente desfavorável. Presterl et al. (2003) consideram que com correlações inferiores a 0,65 entre ambientes, a estratégia mais apropriada aos programas de melhoramento de milho é a seleção específica para cada ambiente.

As correlações obtidas neste trabalho estão de certa forma em concordância com a natureza das interações obtidas, indicando que a metodologia utilizada é apropriada, apesar de suas limitações, devendo como dito ser examinada com cuidado. Visto que, é de se esperar que se a correlação genética entre os ambientes estiver muito próxima de um, a parte complexa da interação estará próxima de zero e a interação testecrosses x safras devida a esta fonte não implicará em grandes complicações para o melhorista. Por outro lado, à medida que a correlação entre a performance dos testecrosses nas diferentes safras decresce, haverá um aumento correspondente na parte complexa da interação, que passa a aplicar uma forte influência na seleção. Porém, nem sempre uma maior correlação resultou em menor contribuição da parte complexa da interação, como pôde ser observado para o caráter AP, em que a magnitude dos quadrados médios foi similar na safra e safrinha, o que reduziu a contribuição da parte simples da interação e consequentemente resultou na elevada contribuição da parte complexa.

De qualquer modo, é evidente a importância de se conhecer o tipo de interação em programas de melhoramento de milho, pois de acordo com o tipo de interação predominante são requeridas diferentes estratégias de seleção. Enquanto a interação simples permite que mesmos genótipos sejam selecionados para os diferentes ambientes, a interação complexa implica na seleção de genótipos específicos para cada ambiente. Assim, há uma forte evidência com base na natureza sugerida da interação testecrosses x safras observada para os diferentes caracteres avaliados, da necessidade de programas de melhoramento de milho distintos para a safra e safrinha.

4.5 Respostas à seleção

As respostas à seleção (*Rs*) diretas apresentaram diferentes magnitudes para os testecrosses dos diferentes retrocruzamentos (TC_{RC1} e TC_{RC2}) para a maioria dos caracteres.

Para o caráter produção de grãos a *Rs* direta para os TC_{RC1} foi de 0,79 t ha^{-1}, 0,00 t ha^{-1} e 0,65 t ha^{-1} e para os TC_{RC2} foi de 0,58 t ha^{-1}, 0,39 t ha^{-1} e 0,54 t ha^{-1} na safra, safrinha e na média das safras, respectivamente. Para os TC_{RC2} verifica-se que a *Rs* obtida na safra foi superior a da safrinha em 32,8% (Tabela 11). Como a intensidade de seleção aplicada sobre os TC_{RC1} e TC_{RC2} foi a mesma (10%), a superioridade dos TC_{RC1} para a *Rs* na safra e na média das safras em relação aos TC_{RC2} e, dos TC_{RC2} na safrinha em relação aos TC_{RC1}, foi devida à maior herdabilidade apresentada por estas populações nas respectivas condições de seleção, uma vez que a *Rs* é função linear do coeficiente de herdabilidade do caráter (FALCONER; MACKAY, 1996).

Com relação às respostas correlacionadas à seleção para TC_{RC1}, quando se efetuou a seleção na safra e a resposta foi obtida na safrinha houve uma *Rs* de 0,22 t ha^{-1}, o que corresponde a 5,4%. Quando a seleção foi praticada na média das safras e a resposta obtida na safrinha a *Rs* foi estimada em 0,16 t ha^{-1} correspondente a 3,9%. Nota-se que a seleção indireta foi eficiente em selecionar genótipos superiores na safrinha, conduzindo a melhores resultados comparados à própria seleção direta na safrinha, onde a *Rs* foi nula. Porém, a seleção indireta para a safra e a média das safras foi inferior à seleção direta. Para os TC_{RC2} a seleção indireta não superou a direta em nenhuma das safras e na média das safras. Apesar disso, a seleção com base na média das safras resultou em *Rs* na safra e na safrinha próximas as observadas pela seleção direta, levando a maior resposta média nas duas safras. Com base no índice de eficiência da seleção indireta para os TC_{RC2}, verifica-se que a seleção na média dos ambientes e resposta na safra e na safrinha, apresentou eficiência inferior em 9,7% e 27,1% que a seleção direta respectivamente. Enquanto que, a seleção na safra para obter resposta na safrinha e na média das safras apresentou eficiência inferior em 65,3% e 34,1% que as seleções diretas nas respectivas condições e a seleção na safrinha para resposta na safra e na média das safras apresentou eficiência inferior em 63,8% e 44,5% que as seleções diretas nas respectivas condições (Anexo E). Esses resultados indicam que a estratégia dos programas de melhoramento de milho em selecionar genótipos superiores na safra e apenas testá-los na safrinha não se mostra como a melhor alternativa em populações onde a variabilidade genética na condição de safrinha é significativa.

Tabela 11 – Respostas à seleção (*Rs*) direta (diagonal em negrito) e respostas correlacionadas à seleção (fora da diagonal) para os caracteres produção de grãos (PG), prolificidade (PROL) e acamamento e quebramento de plantas (ACQ) de testecrosses avaliados em safra, safrinha e na média das safras (conjunta)

SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
PG (t ha^{-1})	TC_{RC1}	Safra	**0,79 (8,4)**[(a)]	0,22 (5,4)	0,50 (7,5)
		Safrinha	-[(b)]	-	-
		Conjunta	0,73 (7,8)	0,16 (3,9)	**0,65 (9,7)**
	TC_{RC2}	Safra	**0,58 (6,2)**	0,14 (3,4)	0,36 (5,3)
		Safrinha	0,21 (2,2)	**0,39 (9,7)**	0,30 (4,5)
		Conjunta	0,52 (5,6)	0,29 (7,1)	**0,54 (8,1)**
SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
PROL (espigas planta^{-1})	TC_{RC1}	Safra	-	-	-
		Safrinha	-	-	-
		Conjunta	0,00 (0,4)	0,00 (0,5)	**0,05 (5,6)**
	TC_{RC2}	Safra	-	-	-
		Safrinha	-0,00 (-0,3)[(c)]	**0,04 (4,9)**	0,02 (2,1)
		Conjunta	-0,00 (-0,2)	0,02 (3,1)	**0,03 (4,2)**
SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
ACQ (%)	TC_{RC1}	Safra	-	-	-
		Safrinha	-0,46 (-11,8)	**0,28 (9,9)**	-0,09 (-2,7)
		Conjunta	-	-	-
	TC_{RC2}	Safra	-	-	-
		Safrinha	-	-	-
		Conjunta	-	-	-

[(a)] Entre parênteses a resposta à seleção em porcentagem; [(b)] Valores nulos devido a não detecção de variabilidade no ambiente de seleção; [(c)] Valores negativos atuam no sentido contrário ao desejado com a seleção.

Porém, é importante ressaltar que apesar da presença de uma elevada interação testecrosses x safras e com indicações de que esta é predominantemente do tipo complexa, não impede por completo a seleção de genótipos com adaptação ampla a safra e safrinha. Observa-se uma coincidência de 30% entre os TC_{RC2} selecionados na safra e na safrinha, ou seja, três, dos testecrosses selecionados na safra também o foram na safrinha para PG (Anexo E). Estes resultados não discordam da indicação de predominância de interação complexa

encontrada para o caráter PG, advinda da baixa correlação entre os testecrosses de uma safra para outra, e que resulta em reclassificação dos genótipos dentre os ambientes, visto que mesmo os TC_{RC2} coincidentes entre a safra e a safrinha sofreram alterações no ranking de classificação (Anexo F).

Portanto, de acordo com os resultados obtidos para o caráter PG, quando se detecta variabilidade genética, a seleção direta no próprio ambiente de estresse (safrinha) conduz a melhores respostas no mesmo do que a seleção indireta praticada na safra ou na média das safras, porém, quando a variabilidade genética não é detectada, a seleção indireta realizada na média das safras pode resultar em *Rs* favorável à safrinha, sendo assim uma alternativa aos programas de melhoramento.

Para o caráter PROL, apesar de este ser um componente da produção, a *Rs* direta foi nula na safra para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, em função da estimativa do coeficiente de herdabilidade não diferir de zero na safra para este caráter. Na safrinha os TC_{RC2} apresentaram uma *Rs* superior (4,9%) aos TC_{RC1}, visto que estes não apresentaram resposta à seleção nesta condição, porém, quando a seleção foi praticada na média das safras, os TC_{RC1} apresentaram uma *Rs* de 5,6% e os TC_{RC2} de 4,2%, indicando que para este caráter a seleção praticada na média das safras resultou em maior resposta para os TC_{RC1} em relação aos demais ambientes de seleção. Porém, apesar da seleção com base na média das safras resultar em uma maior resposta média nas duas safras, quando se pratica a seleção indireta na média das safras para obter resposta especificamente em uma das safras (safra ou safrinha), a resposta observada para os TC_{RC1} foi muito pequena, próxima de zero, correspondendo a 0,4% e 0,5% para safra e safrinha respectivamente. Para os TC_{RC2}, também realizando seleção na média das safras, a resposta observada na safra foi contrária ao desejado, resultando em redução do número de espigas por planta, porém, a resposta observada na safrinha foi considerável, com índice de eficiência de -36,5, ou seja, a resposta obtida na safrinha quando a seleção foi praticada na média das safras correspondeu a 63,5% da resposta atingida com a seleção direta na safrinha (Anexo E). Quanto à seleção praticada na safrinha para obter resposta na safra, esta também resultou em resposta indesejável. Portanto, com base nesses resultados, tanto a seleção direta como indireta não resultaram em respostas expressivas para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} na safra.

Para o caráter ACQ, apenas os TC_{RC1} na safrinha apresentaram *Rs* direta diferente de zero, sendo a *Rs* nula nas demais condições (safra e média das safras). A seleção indireta,

praticada na safrinha para resposta na safra não resultou em *Rs* positiva, ocorrendo o mesmo para a *Rs* na média das safras para os TC_{RC1}. Assim, para o caráter ACQ houve *Rs* favorável apenas com a seleção direta na safrinha, visto que a seleção indireta não se mostrou promissora. Os TC_{RC2} não expressaram variabilidade genética em nenhuma das safras ou na média destas e, portanto, não houve resposta à seleção.

Para os caracteres de estatura da planta, a *Rs* direta obteve sempre magnitudes superiores para os TC_{RC2} em relação aos TC_{RC1} em ambas as safras e na média das safras, exceto para o caráter PRE, em que ambos os testecrosses apresentaram resposta à seleção similares na safra e na média das safras, não havendo resposta à seleção na safrinha para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2} devido a não detecção de variabilidade genética para este caráter nesta condição (Tabela 12). Portanto, com base também nas médias destes caracteres (Anexo C), infere-se que os TC_{RC2} são mais promissores para a seleção visando reduzir a estatura das plantas em relação aos TC_{RC1}.

A reposta à seleção indireta para o caráter AP entre safra e safrinha, foi sempre inferior à resposta obtida pela seleção direta, porém quando a seleção foi praticada na média das safras para resposta na safra ou safrinha os resultados obtidos foram muito similares às respostas diretas. Esse resultado pode ser mais bem visualizado observando o índice de eficiência da seleção indireta, o qual mostra que a resposta correlacionada, quando a seleção foi praticada na média das safras, foi apenas 9,3% e 3,6% inferior a *Rs* direta na safra para os TC_{RC1} e TC_{RC2} respectivamente, enquanto que a *Rs* direta na safrinha, a resposta obtida pela seleção indireta praticando a seleção na média das safras foi 2,3% superior para TC_{RC1} e 4,2% inferior para TC_{RC2}. Assim, com base nestes resultados, para o caráter AP a seleção deve ser praticada preferencialmente no próprio ambiente em que se deseja obter resposta, porém caso não se detecte variabilidade em alguma das condições de safra ou de safrinha, a seleção indireta com base na média das safras pode ser eficiente. É importante salientar que a coincidência entre os genótipos selecionados na média das safras e na safra foram relativamente satisfatórias, com 60% de coincidentes para os TC_{RC1} e 40% para os TC_{RC2}. A coincidência entre os genótipos selecionados na média das safras e na safrinha foi ainda mais satisfatória com 70% e 60% de coincidentes para TC_{RC1} e TC_{RC2} respectivamente (Anexo E).

Tabela 12 – Respostas à seleção (*Rs*) direta (diagonal em negrito) e respostas correlacionadas à seleção (fora da diagonal) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e posição relativa da espiga (PRE) de testecrosses avaliados em safra, safrinha e na média das safras (conjunta)

SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
AP (cm)	TC_{RC1}	Safra	**4,08 (1,8)**[(a)]	2,95 (1,8)	3,52 (1,8)
		Safrinha	2,41 (1,4)	**4,05 (2,4)**	3,23 (1,6)
		Conjunta	3,70 (1,6)	4,16 (2,5)	**4,91 (2,5)**
	TC_{RC2}	Safra	**6,34 (2,8)**	3,91 (2,4)	5,13 (2,6)
		Safrinha	3,90 (2,3)	**6,50 (3,9)**	5,20 (2,6)
		Conjunta	6,12 (2,7)	6,23 (3,7)	**6,22 (3,2)**
SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
AE (cm)	TC_{RC1}	Safra	**4,96 (4,2)**	1,25 (1,6)	3,11 (3,2)
		Safrinha	1,22 (1,0)	**2,85 (3,7)**	2,03 (2,1)
		Conjunta	3,77 (3,2)	2,54 (3,3)	**3,69 (3,8)**
	TC_{RC2}	Safra	**6,01 (5,0)**	1,02 (1,3)	3,52 (3,6)
		Safrinha	1,09 (0,9)	**4,93 (6,4)**	3,01 (3,1)
		Conjunta	4,80 (4,0)	3,86 (5,0)	**4,48 (4,5)**
SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
PRE	TC_{RC1}	Safra	**0,01 (1,9)**	0,00 (0,4)	0,01 (1,2)
		Safrinha	-[(b)]	-	-
		Conjunta	0,01 (1,4)	0,00 (0,2)	**0,01 (1,8)**
	TC_{RC2}	Safra	**0,01 (2,3)**	-0,01 (-1,2)[(c)]	0,00 (0,7)
		Safrinha	-	-	-
		Conjunta	0,00 (0,9)	-0,00 (-0,8)	**0,01 (1,7)**

[(a)] Entre parênteses a resposta à seleção em porcentagem; [(b)] Valores nulos devido a não detecção de variabilidade no ambiente de seleção; [(c)] Valores negativos atuam no sentido contrário ao desejado com a seleção.

Para o caráter AE, as respostas correlacionadas obtidas pela seleção indireta foram sempre inferiores às respostas à seleção diretas para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, porém assim como para os demais caracteres a seleção com base na média das safras apresentou respostas próximas as obtidas pela seleção direta na safra e na safrinha. No entanto para o caráter PRE, a seleção indireta visando obter resposta na safrinha apresentou-se mais eficiente do que a própria seleção direta na safrinha para os TC_{RC1}, visto que não foi detectada variabilidade

genética neste ambiente. Porém, para os TC_{RC2} a seleção indireta visando obter resposta na safrinha não foi eficiente, resultando inclusive em uma resposta no sentido contrário ao desejado. As demais respostas correlacionadas à seleção foram sempre inferiores às respostas obtidas pela seleção direta.

A resposta à seleção direta em valores absolutos para os caracteres do florescimento foi superior em ambas as safras e na média das safras para os TC_{RC2} em relação aos TC_{RC1} para o caráter FM e na safra para o caráter FF, ocorrendo o inverso nas demais condições de seleção para os caracteres FF e IF, em que os TC_{RC1} apresentaram *Rs* direta superior no sentido de reduzir em número de dias a expressão de cada caráter. Estes resultados corroboram com as magnitudes dos coeficientes de herdabilidade de cada população. Nota-se ainda que de modo geral, as seleções realizadas na safra e na safrinha permitiram *Rs* similares para os caracteres do florescimento, indicando que ambos os ambientes são promissores para a seleção destes caracteres (Tabela 13). Quanto à resposta correlacionada, a seleção com base na média das safras apresentou respostas próximas as obtidas pela seleção direta na safra e na safrinha. Porém de modo geral as respostas correlacionadas, foram sempre inferiores às respostas obtidas pela seleção direta para ambos TC_{RC1} e TC_{RC2}, reforçando que para os caracteres do florescimento a seleção deve ser praticada no ambiente em que os genótipos serão destinados para cultivo. Pode-se observar pela coincidência entre os testecrosses selecionados em safra e safrinha que para o caráter FM apenas 10% dos TC_{RC1} e também dos TC_{RC2} foram coincidentes, para o caráter FF 40% foram coincidentes para os TC_{RC1} e apenas 20% para os TC_{RC2}, enquanto que para o caráter IF nenhum dos testecrosses coincidiu entre os selecionados para os TC_{RC1}. Não foi estimada a coincidência entre as safras para os TC_{RC2} devido a não detecção de variabilidade para este caráter na safrinha (Anexo E).

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que a seleção indireta com base na média das safras ou seleção combinada, pode ser uma alternativa aos programas de melhoramento de milho, pois como observado para os TC_{RC2} para o caráter PG, a seleção combinada selecionou seis dos testecrosses selecionados para a safra e cinco dos selecionados para a safrinha sendo que destes, três são comuns entre as safras (Anexo F), selecionando, portanto, além dos testecrosses mais estáveis, alguns adaptados especificamente à safra e outros à safrinha. Essa estratégia permitiria ao final do programa de melhoramento obter tanto genótipos estáveis como adaptados a ambientes específicos, que seriam diferenciados nos testes comparativos de produtividade realizados tanto para a safra como para a safrinha.

Porém, para maximizar a eficiência deste processo, pode-se aplicar uma menor intensidade de seleção, visto que, com uma intensidade de 15%, foram selecionados, além dos mesmos três TC_{RC2} estáveis, cinco adaptados a safra e sete a safrinha, reduzindo assim a chance de eliminar genótipos superiores adaptados especificamente à safra ou à safrinha (Anexo G). Nota-se que mesmo com uma intensidade de seleção de 20%, o número de testecrosses coincidentes entre a safra e a safrinha não se alterou, corroborando com a inferência de natureza complexa da interação. Assim, devido à natureza complexa da interação testecrosses x safras ser predominante, não é aconselhável aos programas de melhoramento que em um mesmo ano agrícola conduzam dois ciclos de seleção, sendo um ciclo de seleção na safra e o ciclo seguinte na safrinha, pois, com a seleção praticada exclusivamente na safra, os genótipos selecionados como superiores provavelmente não o serão quando submetidos ao próximo ciclo de seleção na safrinha. Dependendo da intensidade de seleção praticada, muitos genótipos que poderiam ser superiores na safrinha já estariam eliminados do programa pela seleção praticada no ciclo anterior, ou seja, na safra. Portanto, de modo geral, para os caracteres analisados, a resposta à seleção direta foi sempre superior à resposta correlacionada quando se detectou variabilidade genética no ambiente em que se deseja obter respostas, porém quando não se detecta variabilidade em um dado ambiente a seleção indireta realizada na média das safras pode ser eficiente, como ocorreu para o caráter PG para os TC_{RC1} quando não foi detectada variabilidade na safrinha. As respostas à seleção obtidas foram distintas entre os TC_{RC1} e TC_{RC2} para diversos caracteres, o que pode ser atribuído principalmente às diferenças de magnitudes das variâncias genéticas e, consequentemente, dos coeficientes de herdabilidade apresentados pelos testecrosses. Assim, infere-se que para se elevar a resposta à seleção nos programas de melhoramento de milho, além de uma elevada média dos caracteres, é importante que a variância genética dos testecrosses também seja elevada. De modo geral as *Rs* diretas observadas neste estudo estão de acordo com as obtidas por Santos (2008) e Chapman e Edmeades (1999) que aplicaram uma intensidade de seleção de 10% e 8% respectivamente e, indicam que para os caracteres em que foi detectada variabilidade, a seleção foi promissora para obtenção de genótipos superiores.

Tabela 13 – Respostas à seleção (*Rs*) direta (diagonal em negrito) e respostas correlacionadas à seleção (fora da diagonal) para os caracteres florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF) e intervalo entre florescimentos (IF) de testecrosses avaliadas em safra, safrinha e na média das safras (conjunta)

SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
FM (dias)	TC_{RC1}	Safra	**0,48 (0,8)**[(a)]	0,02 (0,0)	0,25 (0,4)
		Safrinha	0,01 (0,0)	**0,56 (0,9)**	0,29 (0,5)
		Conjunta	0,26 (0,4)	0,41 (0,6)	**0,41 (0,7)**
	TC_{RC2}	Safra	**0,62 (1,0)**	0,15 (0,2)	0,38 (0,6)
		Safrinha	0,13 (0,2)	**0,72 (1,1)**	0,42 (0,7)
		Conjunta	0,45 (0,7)	0,59 (0,9)	**0,54 (0,9)**

SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
FF (dias)	TC_{RC1}	Safra	**0,43 (0,7)**	0,60 (0,9)	0,51 (0,8)
		Safrinha	0,28 (0,4)	**1,09 (1,7)**	0,69 (1,1)
		Conjunta	0,38 (0,6)	1,07 (1,6)	**0,78 (1,2)**
	TC_{RC2}	Safra	**0,65 (1,1)**	0,33 (0,5)	0,49 (0,8)
		Safrinha	0,21 (0,3)	**0,96 (1,5)**	0,58 (0,9)
		Conjunta	0,47 (0,8)	0,87 (1,3)	**0,62 (1,0)**

SELEÇÃO			Resposta à seleção (*Rs*)		
			Rs_{safra}	$Rs_{safrinha}$	$Rs_{conjunta}$
IF (dias)	TC_{RC1}	Safra	**0,53 (38,7)**	-0,02 (-1,2)[(b)]	0,26 (16,8)
		Safrinha	-0,02 (-1,3)	**0,58 (34,9)**	0,28 (18,6)
		Conjunta	0,34 (24,5)	0,40 (23,6)	**0,31 (20,3)**
	TC_{RC2}	Safra	**0,28 (39,8)**	0,00[(c)]	0,14 (16,4)
		Safrinha	-[(d)]	-	-
		Conjunta	-	-	-

[(a)] Entre parênteses a resposta à seleção em porcentagem; [(b)] Valores negativos atuam no sentido contrário ao desejado com a seleção; [(c)] Valores nulos devido a covariância igual a zero; [(d)] Valores nulos devido a não detecção de variabilidade no ambiente de seleção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve redução das médias dos caracteres PG, PROL, ACQ e caracteres da estatura da planta da safra para a safrinha, sendo que o inverso foi observado para os caracteres do florescimento, sugerindo que as condições de safra são mais apropriadas ao cultivo do milho em relação à safrinha para a maioria destes caracteres, devido principalmente às diferenças de disponibilidade hídrica, térmica e de radiação solar, observadas entre estas duas safras. De acordo com os dados climáticos obtidos, em condições de safrinha o estresse hídrico se mostra como o principal fator determinante na queda da produção.

Assim como para a média, a variância genética dos testecrosses reduz em condições de safrinha para o caráter PG e aumenta para os caracteres do florescimento em comparação à safra. Segundo Bänziger et al. (2000), a variabilidade genética para produção de grãos comumente decresce em condições de estresses abióticos, de tal modo que, diferenças entre genótipos são frequentemente não significativas. Deste modo, o componente de variância genética para produtividade em condições de estresse ambiental é comumente reduzido em relação a condições favoráveis (BLUM, 1982; RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997; SANTOS, 2008). A alteração da variância genética dos testecrosses entre a safra e safrinha afeta a resposta à seleção de testecrosses, assim como o coeficiente de herdabilidade. Portanto, para o caráter PG em condições de safrinha pode ser necessária a utilização de um maior número de repetições e/ou plantas por parcela para reduzir a variação ambiental e elevar o coeficiente de herdabilidade permitindo melhores estimativas da resposta à seleção em condições de estresse, possibilitando assim capitalizar as respostas em programas de melhoramento para essa condição. Esta inferência pode se estender aos demais caracteres em que houve redução da variância genética de testecrosses, visto que, de modo geral, na safrinha os coeficientes de variação experimentais foram mais elevados em relação à safra. Estes resultados indicam que há necessidades distintas do número de repetições e tamanho da parcela quando se trata de ambiente desfavorável, como a safrinha, em comparação ao adotado em ambiente favorável, como na safra (RESENDE; SOUZA JÚNIOR, 1997). No entanto, é possível obter estimativas do coeficiente de herdabilidade similares entre safra e safrinha para o caráter produção de grãos, como foi observado para os TC_{RC2} apesar desta estimativa ser comumente relatada como inferior em condições de estresse abiótico em relação a condições favoráveis (RESENDE et al., 1997; SANTOS, 2008). As estimativas das variâncias observadas para a interação testecrosses x anos também foram componentes

importantes na estimativa do coeficiente de herdabilidade e trazem implicações para os programas de melhoramento de milho tanto em safra como em safrinha, devendo os ensaios ser conduzidos em vários anos agrícolas.

Houve uma elevada interação testecrosses x safras para o caráter PG e demais caracteres, resultando na alteração da classificação dos testecrosses entre safra e safrinha e infere-se que esta seja predominantemente do tipo complexa para todos os caracteres. As magnitudes das correlações entre safra e safrinha variaram de baixas a moderadas. Estes resultados sugerem que programas específicos de melhoramento para safra e safrinha devem apresentar resultados mais satisfatórios do que um único programa de melhoramento abrangendo as duas safras, por capitalizar a interação e selecionar genótipos específicos à safra e safrinha separadamente.

Quando se detectou variabilidade, a seleção direta superou a indireta em todas as safras e na média das safras para todos os caracteres, exceto para o caráter AP para os TC_{RC1}. Assim, a seleção direta no próprio ambiente de estresse, ou seja, na safrinha, conduz a melhores respostas no mesmo, do que a seleção indireta praticada na safra ou na média das safras, quando a população apresentar variabilidade genética detectável, como ocorreu para o caráter PG para os TC_{RC2}. Porém, quando não foi possível detectar variabilidade no ambiente em que se quer obter resposta, a seleção indireta foi eficiente em selecionar genótipos superiores, como ocorreu para o caráter PG na safrinha para os TC_{RC1}. Esses resultados indicam que a estratégia dos programas de melhoramento de milho em selecionar genótipos superiores na safra e apenas testá-los na safrinha, não se mostra como a melhor alternativa em populações onde a variabilidade genética na condição de safrinha é significativa. Apesar disso, a seleção indireta com base na média das safras resultou em respostas na safra e na safrinha próximos as observadas pela seleção direta, levando a maior resposta média nas duas safras para PG e demais caracteres. A seleção indireta quando pratica na média das safras permitiu a identificação de genótipos com adaptação ampla a safra e safrinha, mesmo na presença de uma elevada interação testecrosses x safras e com indicações de que esta é predominantemente do tipo complexa.

A seleção indireta, praticada em caracteres secundários, pode ser uma estratégia útil para o melhoramento de milho para as condições de safrinha. Dentro desta abordagem, o caráter IF, é frequentemente relatado na literatura como promissor para a seleção de genótipos de milho tolerantes ao déficit hídrico, principal determinante da queda de produtividade na

safrinha (GUEI; WASSOM, 1992; RIBAUT et al., 1996; CHAPMAN et al., 1997; EDMEADES; BÄNZIGER; RIBAUT, 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho são importantes para o melhoramento de milho para as condições de safrinha, entretanto novos trabalhos são necessários para complementar e expandir os resultados obtidos, visto que as estimativas de variâncias genéticas, coeficientes de herdabilidade e de correlações genéticas são influenciadas pelas frequências alélicas das populações (FALCONER; MACKAY, 1996) e, portanto, estes resultados não devem ser transferidos para outras populações. Entretanto, os resultados deste trabalho e daqueles reportados na literatura, sugerem que devem ser conduzidos programas de melhoramento individuais para as condições de safra e safrinha, porém deve-se procurar alternativas que permitam aumentar a detecção de variabilidade na safrinha para que a seleção seja mais eficiente.

REFERÊNCIAS

AGRAMA, H.A.S.; ZAKARIA, A.G.; SAID. F.B.; TUINSTRA, M. Identification of quantitative trait loci for nitrogen use efficiency in maize. **Molecular Breeding,** Dordrecht, v. 5, n. 2, p. 187-195, 1999.

AGUIAR, A.M.; CARLINI-GARCIA, L.A.; SILVA, A.R. da; SANTOS, M.F.; GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Combining ability of inbred lines of maize and stability of their respective single-crosses. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 83-89, 2003.

ALFONSI, R.R. **Épocas de semeadura para a cultura do milho (*Zea mays* L.) no estado de São Paulo, baseadas na probabilidade do atendimento hídrico em fases fenológicas críticas.** 1996. 141 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ALLARD, R.W'. **Princípios do melhoramento genético das plantas.** São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381 p.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotypes-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science,** Madison, v. 4, n. 5, p. 503-508, 1964.

ANDRADE, J.A.C.; MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative variation in the tropical maize population, ESALQ-PB1. **Scientia Agricola,** Piracicaba, v. 65, n. 2, p. 174-182, 2008.

ARAÚJO, P.A.; SANTOS, V.S.; BISON, O.; SOUZA, J.C. de. Avaliação de famílias de meios-irmãos de milho em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 428-435, 2005.

ARBOLEDA-RIVERA, F.; COMPTON, W.A. Differential response of maize (*Zea mays* L.) to mass selection in diverse selection environments. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 44, p. 77-81, 1974.

ARIAS, C.A.A.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de; TAKEDA, C. Path coefficient analyses of ear weight in different types of progeny in maize. **Maydica,** Bergamo, v. 44, n. 3, p. 251-262, 1999.

BÄNZIGER, M.; EDMEADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize:** from theory to practice. Ciudad de México: CIMMYT, 2000. 68 p.

BENTO, D.A.V.; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA, J.C. de. Seleção massal para prolificidade em milho na época normal e na "safrinha". **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 78-87, 2003.

BLUM, A. Evidence for genetic variability in drought resistance and its implications for plant breeding. In: VEGA, M.R. (Ed.). **Drought resistance in crops, with emphasis on rice**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1982. chap. 4, p. 53-68.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research,** Amsterdam, v. 48, p. 65-80, 1996.

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O.; MARTINEZ, L. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. III. Responses in drought adaptive physiological and morphological traits. **Field Crops Research,** Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 269-286, 1993.

BRANCOURT-HULMEL, M.; HEUMEZ, E.; PLUCHARD, P.; BEGHIN, D.; DEPATUREAUX, C.; GIRAUD, A.; LE GOUIS, J. Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. **Crop Science,** Madison, v. 45, n. 4, p. 1427-1431, 2005.

BRASIL, E.M.; CARVALHO, Y. de. Comportamento de híbridos de milho em relação a *Phaeosphaeria maydis* em diferentes épocas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 33, n. 12, p. 1977-1981, 1998.

BRITO, A.H.; PINHO, R.G. Von; POZZA, E.A.; PEREIRA, J.L.A.R.; FARIA FILHO, E.M. Efeito da cercosporiose no rendimento de híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira,** v. 32, n. 6, p. 472-479, 2007.

BRUCE, W.B.; EDMEADES, G.O.; BARKER, T.C. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. **Journal of Experimental Botany,** Oxford, v. 53, n. 366, p. 13-25, 2002.

BRUN, E.L.; DUDLEY, J.W. Nitrogen response in the USA and Argentina of corn populations with different proportions of flint and dent germplasm. **Crop Science,** Madison, v. 29, n. 3, p. 565-569, 1989.

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

BURDICK, R.K.; GRAYBILL, F.A. **Confidence intervals on variance components.** New York: Marcel Dekker, 1992. v. 127, 211 p.

BYRNE, P.F.; BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O.; EATON, D.L. Gains from selection under drought *versus* multilocation testing in related tropical maize populations. **Crop Science,** Madison, v. 35, n. 1, p. 63-69, 1995.

ÇAKIR, R. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. **Field Crops Research,** Amsterdam, v. 89, p. 1-16, 2004.

CALHOUN, D.S.; GEBEYEHOU, G.; MIRANDA, A.; RAJARAM, S.; GINKEL, M. van. Choosing evaluation environments to increase wheat grain yield under drought conditions. **Crop Science,** Madison, v. 34, n. 3, p. 673-678, 1994.

CÂMARA, T.M.M. **Mapeamento de QTLs de caracteres relacionados à tolerância ao estresse hídrico em milho tropical.** 2006. 177 p. Tese (Dourado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CÂMARA, T.M.M.; BENTO, D.A.V.; ALVES, G.F.; SANTOS, M.F.; MOREIRA, J.U.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia,** Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CAMPOS, M.C.C.; SILVA, V.A. DA; CAVALCANTE, I.H.L.; BECKMANN, M.Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais,** Curitiba, v. 8, n. 1, p. 77-84, 2010.

CANDIDO, L.S. **Potencial do composto flintisa anão de milho para melhoramento em condições de espaçamento reduzido e na safrinha.** 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

CANDIDO, L.S.; ANDRADE, J.A.C. Breeding potential of maize composite Isanão VF1 in small spacing in the second growing season. **Crop Breeding and Applied Biotechnology,** Londrina, v. 8, n. 1, p. 56-64, 2008.

CARDOSO, C.O.; FARIA, R.T. de; FOLEGATTI, M.V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina - PR, utilizando o modelo CERES-MAIZE. **Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2004.

CHAPMAN, S. C.; EDMEADES, G.O. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: II. Direct and correlated responses among secondary traits. **Crop Science,** Madison, v. 39, p. 1315-1324, 1999.

CHAPMAN, S.C.; CROSSA, J.; BASFORD, K.E.; KROONENBERG, P.M. Genotype by environment effects and selection for drought tolerance in tropical maize. II. Three-mode pattern analysis. **Euphytica,** Wageningen, v. 95, p. 11-20, 1997.

CHAVES, L.J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. de; VALADARES-INGLIS, M.C. (Eds.). **Recursos genéticos e melhoramento:** plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap. 22, p. 673-713.

CHEN, Z.H.; LOGROÑO, M.L.; CARPENA, A.L.; LALES, J. Genetics of characters associated with drought resistance in maize (*Zea mays* L.). **Philippine Journal of Crop Science,** Lungsod ng San Pablo, v. 21, n. 3, p. 71-75, 1996.

COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental design.** 2. ed. New York: John Wiley, 1966. 611 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira:** grãos, décimo segundo levantamento, setembro 2012. Brasília, 2012a. 30 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas:** Milho. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 17 nov. 2012b.

COUTO, L. SANS, L.M.A. **Requerimento de água das culturas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 10 p. (Circular Técnica, 20).

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

DÍAZ, R.J.S. **Epistasia para a produção de grãos e caracteres da planta em milho.** 2011. 97 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

DIDONET, A.D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J.L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 37, n. 7, p. 933-938, 2002.

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

DUVICK, D. N.; CASSMAN, K.G. Post–green revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. **Crop science,** Madison, v. 39, n. 6, p. 1622–1630, 1999.

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

EDMEADES, G.O.; BÄNZIGER, M.; RIBAUT, J.M. Maize improvement for drought-limited environments. In: OTEGUI, M.E.; SLAFER, G.A. (Eds.). **Physiological bases for maize improvement.** New York: Food Products Press, 2000. chap. 6, p. 75-111.

EDMEADES, G.O; BÄNZIGER, M; CAMPOS, H; SCHUSSLER, J. Improving tolerance to abiotic stresses in staple crops: a random or planned process? In: LAMKEY, K.; LEE, M. (Eds.). **Plant Breeding:** The Arnel R. Hallauer International Symposium. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. chap. 21, p. 293-309.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ", UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Base de dados meteorológicos.** Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/base.html>. Acesso em: 26 abr. 2012.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics.** 4. ed. London: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agronômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia,** Campinas, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.

FERREIRA, D.F.; DEMÉTRIO, C.G.B.; MANLY, B.F.J.; MACHADO, A.A.; VENCOVSKY, R. Statistical models in agriculture: biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding. **Cerne,** Lavras, v. 12, n. 4, p. 378-388, 2006.

FIDELIS, R.R.; MIRANDA, G.V.; ERASMO, E.A.L. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** Goiânia, v. 39, n. 4, p. 285-293, 2009.

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F. da; STRIEDER, M.L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E.; SILVA, A.A da. Desempenho agronômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 41, n. 3, p. 399-407, 2006.

FRITSCHE-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. 250 p.

GALLAIS, A.; COQUE, M.; BERTIN, P. Response to selection of a maize population for adaptation to high or low nitrogen fertilization. **Maydica,** Bergamo, v. 53, p. 21-28, 2008.

GOLDENBERG, J.B. El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. **Fitotecnia Latinonamericana,** Bogotá, v. 5, n. 2, p. 1-8, 1968.

GOMES, L.S. **Interação genótipos x épocas de plantio em milho (*Zea mays L.*) em dois locais do Oeste do Paraná.** 1990. 148 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhorramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

GUEI, R.G.; WASSOM, C.E. Inheritance of some drought adaptive traits in maize. I. Interrelationships between yield, flowering and ears per plant. **Maydica,** Bergamo, v. 37, n. 2, p. 157-164, 1992.

GUIMARÃES, P.E.O.; MEIRELLES, W.F.; RIBEIRO, P.H.E.; PACHECO, C.A.P.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X. DOS; FERREIRA, A.S.; CASELA, C.R.; OLIVEIRA, A.C. DE; DUARTE, A.P.; CECCON, G.; CARDOSO, M.; MACHADO, A.T.; SIMIONATO, A.A.; VILARINHO, A.; DONÁ, A.D.; MARCHI, S.L.; RAMALHO, A.R. Correlação entre ambientes baseadas na produtividade de híbridos de milho avaliados na safra e safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 8., 2005, Assis. **Anais…** Campinas: IAC, 2005. p. 273-278.

HALLAUER, A.R. Heritability of prolificacy in maize. **The Journal of Heredity,** Oxford, v. 65, n. 3, p. 163-168, 1974.

HALLAUER, A.R.; CARENA, M.J.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding.** 3. ed. New York: Springer, 2010. 663 p.

HARTLEY, H.O. The use of range in analysis of variance. **Biometrika,** London, v. 37, n. 3-4, p. 271-280, 1950.

HEINEMANN, A.B.; ANDRADE, C.L.T. de; GOMIDE, R.L.; AMORIM, A.O.; PAZ, R.L. da. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no Estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2012.

KAMARA, A. Y.; MENKIR, A.; BADU-APRAKU, B.; IBIKUNLE, O. Reproductive and stay-green trait responses of maize hybrids, improved open-pollinated varieties and farmers' local varieties to terminal drought stress. **Maydica,** Bergamo, v. 48, n. 1, p. 29-37, 2003.

KNAPP, S.J.; STROUP, W.W.; ROSS, W.M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science,** Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, 1985.

KVITSCHAL, M.V.; SCAPIM, C.A.; TONET, A.; PINTO, R.J.B.; RETUCI, V.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; BRACCINI, A.L. Análise dialélica de populações de milho na região Nordeste do Paraná, na "safrinha". **Revista Ceres,** Viçosa, v. 51, n. 293, p. 19-32, 2004.

LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria. **Field Crops Research,** Amsterdam, v. 39, p. 1-14, 1994.

LANDERS, J.N. **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado.** Goiânia: APDC, 1994. 261 p.

LIMA, J.L.; SOUZA, J.C. de; MACHADO, J.C.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia,** Campinas, v. 67, n. 1, p. 127-131, 2008.

LIMA, M.L.A.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de; BENTO, D.A.V.; SOUZA, A.P. de; CARLINI-GARCIA, L.A. Mapping QTL for grain yield and plant traits in a tropical maize population. **Molecular Breeding,** Dordrecht, v. 17, n. 3, p. 227-239, 2006.

LORENZANA, R.E.; BERNARDO, R. Genetic correlation between corn performance in organic and conventional production systems. **Crop Science,** Madison, v. 48, n. 3, p. 903-910, 2008.

MAGALHÃES, P. C.; DUARTE, A. P.; GUIMARÃES, P. E. O. Tecnologias para desenvolvimento de milho em condições de safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p. 108-120.

MERILÄ, J.; FRY, J.D. Genetic variation and causes of genotype-environment interaction in the body size of blue tit (*Parus caeruleus*). **Genetics,** Austin, v. 148, p. 1233-1244, 1998.

MÔRO, G.V. **Uso da seleção genômica e fenotípica em linhagens para a predição de testecrosses em milho.** 2011. 116 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

MUIR, W.; NYQUIST, W.E.; XU, S. Alternative partitioning of the genotype-by-environment interaction. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 84, n. 1-2, p. 193-200, 1992.

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

PACHECO, C.A.P.; RAMALHO, M.A.P.; MAGNAVACA, R. Interação genótipos x ambientes na avaliação de progênies de meios-irmãos de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira,** Brasília, v. 33, n. 4, p. 433-439, 1998.

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

PEREIRA, J.L.A.R.; PINHO, R.G. Von; BORGES, I.D.; PEREIRA, A.M.A.R.; LIMA, T.G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 33, n. 3, p. 676-683, 2009.

PINHO, R.G. Von; ALTUNA, J.G.G.; PINHO, E.V.R. Von; SOUZA, L.O.V. de. Efeito de métodos de adubação e épocas de semeadura em características agronômicas de cultivares de milho cultivadas na "safrinha". **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 26, n. 4, p. 719-730, 2002.

PINTO, R.M.C.; LIMA NETO, F.P.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Estimativa do número apropriado de progênies S_1 para a seleção recorrente em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 35, n. 1, p. 63-73, 2000.

PRESTERL, T.; SEITZ, G.; LANDBECK, M.; THIEMT, E.M.; SCHMIDT, W.; GEIGER, H.H. Improving nitrogen-use efficiency in European maize: Estimation of quantitative genetic parameters. **Crop Science,** Madison, v. 43, p. 1259-1265, 2003.

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.

RESENDE, M.D.V. **Seleção de genótipos de milho (*Zea mays,* L.) em solos contrastantes.** 1989. 212 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

RESENDE, M.D.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Número de repetições e tamanho da parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 32, n. 8, p. 781-788, 1997.

RESENDE, M.D.V.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. Análise quantitativa da seleção envolvendo progênies de milho (*Zea mays* L.) em solos sob cerrado e fértil. I. Progressos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 32, n. 5, p. 495-507, 1997.

RIBAUT, J.M.; HOISINGTON, D.A.; DEUTSCH, J.A.; JIANG, C.; GONZALEZ-DE-LEON, D. Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 1. Flowering parameters and the anthesis-silking interval. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 92, n. 7, p. 905-914, 1996.

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, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, 2000.

RIBEIRO, P.H.E.; SANTOS, M.X dos; RAMALHO, M.A.P. Interação cultivares de milho x épocas de semeadura em diferentes ambientes do Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 46, n. 267, p. 531-542, 1999.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **Como a planta de milho se desenvolve.** Piracicaba: POTAFOS, 2003. 20 p. (Informações Agronômicas, 103).

RIZZARDI, M.A.; WITECK, D.; DEGGERONE, I. Rendimento de grãos e componentes do rendimento de cultivares de milho em duas épocas de semeadura. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 477-482, 1994.

SANGOI, L. Aptidão dos campos de Lages (SC) para produção de milho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 28, n. 1, p. 51-63, 1993.

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

SANTOS, M.F. **Mapeamento de QTLs em testecrosses de milho com diferentes testadores e níveis de acidez do solo.** 2008. 167 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

SANTOS, M.X. dos; ANDRADE, C.L.T. de; OLIVEIRA, A.C. de; LEITE, C.E.P.; CARVALHO, H.W.L.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P.; GUMARÃES, P.E.O.; PARENTONI, S.N. Comportamento de híbridos de milho selecionados e não selecionados para ASI sob estresse de água no florescimento e no enchimento de grãos. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p.71-81, 2003.

SAS INSTITUTE INC. **Statistical analysis software:** SAS 9.2. Cary, 2008.

SATTERTHWAITE, F.E. An approximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics Bulletim,** Washington, v. 2, p. 110-114, 1946.

SEARLE, R.S.; CASELLA, G.; McCULLOCH, C.E. **Variance components**. New York: John Wiley & Sons, 1992. 501 p.

SELMANI, A.; WASSOM, C.E. Daytime chlorophyll fluorescence measurement in field-grown maize and its genetic variability under well-watered and water-stressed conditions. **Field Crops Research,** Amsterdam, v. 31, p. 173-184, 1993.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika,** London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

SHIOGA, P.S.; GERAGE, A.C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 236-253, 2010.

SIBOV, S.T.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de; GARCIA, A.A.F.; SILVA, A.R.; GARCIA, A.F.; MANGOLIN, C.A.; BENCHIMOL, L.L.; SOUZA, A.P. de. Molecular mapping in tropical maize (*Zea mays* L.) using microssatellite markers. 2. Quantitative trait loci (QTL) for grain yield, plant heigth, ear heigth and grain moisture. **Hereditas,** Lund, v. 139, n. 2, p. 107-115, 2003.

SILVA, A.R.; SOUZA JÚNIOR, C.L. de; AGUIAR, A.M.; SOUZA, A.P. de. Estimates of genetic variance and level of dominance in tropical maize population. I. Grain yield and plant traits. **Maydica,** Bergamo, v. 49, n. 2, p. 65-71, 2004.

SILVA, D.V.F. **Epistasia em testecrosses de milho.** 2011. 88 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2011.

SILVA, R.G.; MIRANDA, G.V.; CRUZ, C.D.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, D.G. Estimativas de parâmetros genéticos da produção de grãos das populações de milho UFVM 100 e UFVM 200, submetidas a déficit hídrico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 7, n. 1, p. 57-67, 2008.

SOUZA, F.R.S de; RAMALHO, M.A.P.; OLIVEIRA, A.C. de; SANS, L.M.A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 26, n. 6, p. 885-892, 1991.

SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHE-NETO, R.; BORÉM, A (Eds.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos.** Visconde de Rio Branco: Suprema, 2011. cap. 9, p. 199-226.

SOUZA JÚNIOR, C.L. de; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Influence of tassel size on the expression of prolificacy in maize (*Zea mays* L.). **Maydica,** Bergamo, v. 30, n. 3, p. 321-328, 1985.

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

TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield Improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science,** Madison, v. 39, n. 6, p. 1597-1604, 1999.

TOZETTI, A.D.; OSUNA, J.A.; BANZATTO, D.A. Avaliação genotípica de progênies de meios-irmãos do composto dentado (*Zea mays* L.) para condições de safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 30, n. 12, p. 1411-1416, 1995.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P (Eds.). **Melhoramento e produção do milho.** 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 5, p. 137-214.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica aplicada ao fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VILELA, E.F.; BÜLL, L.T. Avaliação do crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 23, p. 281-289, 1999.

VILHEGAS, A.C.G.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; BRACCINI, A.L.; SAGRILO, E. Efeito de épocas de semeadura e estabilidade de híbridos de milho em plantios de safrinha no Nordeste do Paraná. **Bragantia,** Campinas, v. 60, n. 1, p. 45-51, 2001.

WEBER, V.S.; MELCHINGER, A.E.; MAGOROKOSHO, C.; MAKUMBI, D.; BÄNZIGER, M.; ATLIN, G.N. Efficiency of managed-stress screening of elite maize hybrids under drought and low nitrogen for yield under rainfed conditions in Southern Africa. **Crop Science,** Madison, v. 52, p. 1011-1020, 2012.

WEISMANN, M. Fases de desenvolvimento da cultura do milho. In: FUNDAÇÃO MS (Org.). **Tecnologia e produção:** culturas - safrinha e inverno. Maracajú: Fundação MS, 2007. p. 13-20.

ANEXOS

Anexo A – Características dos quatro experimentos para avaliação dos testecrosses realizados na Estação Experimental Caterpillar, localizada no município de Piracicaba, SP

Experimento	Data de plantio	Safra	Ano agrícola	Fertilidade do solo
1	10/12/2008	Safra	2008/09	moderada
2	14/01/2009	Safrinha	2008/09	moderada
3	10/11/2009	Safra	2009/10	moderada
4	11/02/2010	Safrinha	2009/10	moderada

Anexo B – Quadrados médios e respectivas significâncias, médias gerais e coeficientes de variação das análises de variâncias individuais para produção de grãos e caracteres da planta, em testecrosses de milho avaliados na safra de 2008/09, safrinha de 2008/09, safra de 2009/10 e safrinha de 2009/10

FV	GL	Quadrados médios - Safra de 2008/09								
		PG	PROL[(b)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF[(c)]	IF
Testecrosses	199	1,77 **	9,72 **	3,22 ns	68,68 **	52,54 **	0,54 **	0,77 **	10,89 **	0,60 ns
TC_{RC1}	99	1,52 **	10,19 **	2,77 ns	60,82 **	51,20 **	0,56 **	0,57 ns	9,81 **	0,53 ns
TC_{RC2}	99	2,00 **	9,33 *	3,69 ns	83,75 **	54,94 **	0,52 *	0,88 **	12,23 **	0,48 ns
$TC_{RC1vsRC2}$	1	7,66 **	46,05 **	45,71 **	64,80 ns	76,56 ns	0,40 ns	16,00 **	0,03 ns	16,40 **
Erro	161[(a)]	1,05	6,99	2,85	39,02	32,99	0,37	0,56	6,17	0,50
CV (%)		11,39	9,42	27,92	2,78	4,79	3,59	1,19	1,24	115,77
Média geral		9,00	0,89	35,99[(f)]	224,39	119,79	0,53	62,77	63,38	0,61

FV	GL	Quadrados médios - Safrinha de 2008/09								
		PG	PROL[(d)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF	IF
Testecrosses	199	0,92 *	1,46 **	1,55 ns	113,37 **	69,97 **	0,84 *	2,17 **	2,39 *	0,94 **
TC_{RC1}	99	1,09 **	1,67 **	1,29 ns	145,19 **	86,52 **	0,89 *	2,27 **	2,86 **	0,99 **
TC_{RC2}	99	0,86 ns	1,41 **	1,38 ns	99,30 ns	66,55 *	0,92 *	2,16 **	1,99 ns	0,58 ns
$TC_{RC1vsRC2}$	1	0,78 ns	0,04 ns	43,44 **	11,56 ns	0,25 ns	0,04 ns	24,01 **	0,42 ns	30,80 **
Erro	161[(a)]	0,70	0,98	1,64	80,99	48,55	0,65	1,49	1,82	0,62
CV (%)		19,57	14,28	32,58	5,54	9,20	5,46	1,93	2,11	179,31
Média geral		4,27	0,69	14,98[(f)]	162,40	75,74	0,47	63,41	63,85	0,44

FV	GL	Quadrados médios - Safra de 2009/10								
		PG	PROL[(b)]	ACQ	AP	AE	PRE[(e)]	FM	FF	IF
Testecrosses	199	1,67 **	9,06 ns	1,14 **	110,92 **	65,73 **	5,58 ns	2,94 **	1,05 ns	2,00 **
TC_{RC1}	99	1,61 *	8,07 ns	1,24 **	104,03 *	65,71 **	5,82 ns	2,73 ns	0,99 ns	1,75 *
TC_{RC2}	99	1,85 **	10,19 ns	1,11 *	125,21 **	69,61 **	5,39 ns	2,47 ns	1,14 ns	1,34 ns
$TC_{RC1vsRC2}$	1	3,11 ns	2,89 ns	0,03 ns	488,41 **	219,04 *	2,76 ns	81,90 **	0,25 ns	91,20 **
Erro	161[(a)]	1,19	8,21	0,79	73,93	41,71	4,56	2,13	0,93	1,21
CV (%)		11,18	9,86	66,08	3,73	5,43	4,14	2,49	1,61	75,86
Média geral		9,78	0,92	1,31[(f)]	230,59	119,04	0,52	58,57	60,03	1,45

FV	GL	Quadrados médios - Safrinha de 2009/10								
		PG	PROL[(d)]	ACQ	AP	AE	PRE[(b)]	FM	FF	IF
Testecrosses	199	0,50 **	0,81 ns	0,97 *	103,60 **	43,09 **	0,68 ns	2,87 **	3,86 **	1,68 *
TC_{RC1}	99	0,45 *	0,95 ns	0,98 ns	114,74 **	44,55 *	0,68 ns	3,30 **	4,57 **	1,43 ns
TC_{RC2}	99	0,56 **	0,70 ns	0,95 ns	103,52 **	45,78 **	0,70 ns	2,11 ns	3,50 *	1,37 ns
$TC_{RC1vsRC2}$	1	1,35 *	0,48 ns	2,68 ns	20,70 ns	24,01 ns	1,50 ns	43,56 **	2,40 ns	66,42 **
Erro	161[(a)]	0,33	0,81	0,76	68,81	31,27	0,65	1,60	2,53	1,32
CV (%)		15,24	10,64	68,60	4,85	7,20	5,59	1,97	2,40	51,63
Média geral		3,79	0,85	1,12[(f)]	170,90	77,69	0,45	64,10	66,33	2,23

ns, * e ** não significativo, significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste *F*, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [(a)] Graus de liberdade do resíduo para PG, PROL e ACQ são 160; [(b)] QM multiplicados por 10^3; [(c)] QM multiplicados por 10^1; [(d)] QM multiplicados por 10^2; [(e)] QM multiplicados por 10^4; [(f)] Valor na escala original (não transformado).

Anexo C – Médias ($\bar{x}$) dos testecrosses (TC_{RC1}, TC_{RC2} e média geral), intervalos de variação (IV) e amplitude de variação (AV) para produção de grãos e caracteres da planta em safra, safrinha e na média das safras (conjunta)

Caráter		TC_{RC1}			TC_{RC2}			Geral		
		Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta	Safra	Safrinha	Conjunta
PG	$\bar{x}$	9,36	4,02	6,69	9,42	4,04	6,73	9,39	4,03	6,71
	IV	(6,21; 10,84)	(2,34; 5,44)	(4,27; 7,80)	(7,15; 11,27)	(2,17; 5,32)	(4,98; 7,96)	(6,21;11,27)	(2,17; 5,44)	(4,27; 7,96)
	AV	4,63	3,10	3,52	4,12	3,15	2,92	5,06	3,27	3,69
PROL	$\bar{x}$	0,90	0,77	0,83	0,91	0,77	0,84	0,90	0,77	0,84
	IV	(0,67; 1,03)	(0,49; 0,91)	(0,58; 0,92)	(0,73; 1,06)	(0,55; 0,91)	(0,69; 0,93)	(0,67; 1,06)	(0,49; 0,91)	(0,58; 0,93)
	AV	0,36	0,42	0,34	0,33	0,36	0,24	0,39	0,42	0,35
ACQ[(a)]	$\bar{x}$	14,50	7,41	10,96	11,89	5,23	8,56	13,16	6,28	9,72
	IV	(4,12; 32,67)	(1,32; 22,32)	(4,47; 21,59)	(0,45; 37,36)	(0,75; 18,28)	(1,27; 23,51)	(0,45;37,36)	(0,75; 22,32)	(1,27; 23,51)
	AV	28,55	21,00	17,12	36,91	17,53	22,24	36,91	21,57	22,24
AP	$\bar{x}$	226,73	166,85	196,76	228,24	166,45	197,35	227,49	166,65	197,07
	IV	(212,28;242,26)	(149,87;187,61)	(185,30;209,43)	(213,44;246,36)	(147,57;184,10)	(186,21;209,41)	(212,28;246,36)	(147,57;187,61)	(185,30;209,43)
	AV	29,98	37,74	24,14	32,92	36,53	23,20	34,08	40,04	24,14
AE	$\bar{x}$	118,83	76,60	97,71	120,00	76,82	98,41	119,41	76,71	98,06
	IV	(106,05;130,41)	(67,13; 91,14)	(87,95; 106,93)	(101,72;131,63)	(66,43; 89,89)	(88,81; 107,30)	(101,72;131,63)	(66,43; 91,14)	(87,95; 107,30)
	AV	24,36	24,01	18,98	29,91	23,46	18,49	29,91	24,71	19,36
PRE	$\bar{x}$	0,52	0,46	0,49	0,53	0,46	0,49	0,52	0,46	0,49
	IV	(0,49; 0,57)	(0,42; 0,50)	(0,46; 0,52)	(0,47; 0,56)	(0,41; 0,50)	(0,46; 0,52)	(0,47; 0,57)	(0,41; 0,50)	(0,46; 0,52)
	AV	0,08	0,08	0,06	0,09	0,09	0,06	0,10	0,09	0,06
FM	$\bar{x}$	60,35	63,47	61,91	61,00	64,04	62,52	60,67	63,76	62,21
	IV	(58,29; 62,07)	(60,65; 66,38)	(59,81; 63,85)	(58,89; 63,22)	(62,04; 66,74)	(61,18;63,93)	(58,29;63,22)	(60,65;66,74)	(59,81;63,93)
	AV	3,78	5,73	4,04	4,33	4,70	2,75	4,93	6,09	4,12
FF	$\bar{x}$	61,72	65,14	63,43	61,69	65,03	63,36	61,70	65,09	63,40
	IV	(60,07; 63,49)	(61,57; 68,87)	(60,82; 66,09)	(59,95; 63,58)	(62,57; 68,42)	(61,33; 65,13)	(59,95; 63,58)	(61,57; 68,87)	(60,82; 66,09)
	AV	3,42	7,30	5,27	3,63	5,85	3,80	3,63	7,30	5,27
IF	$\bar{x}$	1,37	1,68	1,52	0,69	0,99	0,84	1,03	1,33	1,18
	IV	(-0,17; 4,05)	(0,37; 3,22)	(0,39; 2,72)	(-0,77; 2,05)	(-0,80; 2,09)	(-0,31; 1,90)	(-0,77; 4,05)	(-0,80; 3,22)	(-0,31; 2,72)
	AV	4,22	2,85	2,33	2,82	2,89	2,21	4,82	4,02	3,03

PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%),altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [(a)] Valores na escala original (não transformados).

Anexo D – Dados climatológicos da Estação Experimental Caterpillar relacionados à fase reprodutiva do milho

Estimativas climáticas	Ano agrícola							
	2008/09			2009/10			Média dos anos	
	Safra	Safrinha	$\overline{X}$	Safra	Safrinha	$\overline{X}$	Safra	Safrinha
Precipitação acumulada (mm)	511,3	379,6	445,5	808,6	311,4	560,0	660,0	345,5
Precipitação no período crítico (mm)	151,9	116,8	134,4	212,9	62,2	137,6	182,4	89,5
Dias sem chuva	74,0	88,0	81,0	60,0	100,0	80,0	67	94
Período mais longo de estiagem (dias)	11,0	20,0	15,5	9,0	16,0	12,5	10	18,0
Umidade relativa média (%)	90,7	90,2	90,5	88,7	82,7	85,7	89,7	86,5
Temperatura média (ºC)	23,5	22,7	23,1	24,2	21,4	22,8	23,9	22,1
Temperatura média no período crítico (ºC)	24,0	23,8	23,9	24,4	21,9	23,2	24,2	22,8
Graus-dias acumulado até o florescimento	890,0	958,0	924,0	895,0	924,0	909,5	892,5	941,0
Radiação solar global média (MJ/m^2.dia)	19,2	18,0	18,6	20,0	16,9	18,5	19,6	17,5
C_{Rsg}	33,1	-3,0	15,1	39,4	-4,0	17,7	36,3	-3,5
Vento médio (m/s)	1,2	1,1	1,2	1,1	0,8	1,0	1,2	1,0
Vento máximo após o florescimento (m/s)	3,0	2,3	2,7	3,0	1,8	2,4	3,0	2,1

C_{Rsg} refere-se ao comportamento da radiação solar global de 15 dias após o florescimento (%); Todos os dados climatológicos foram obtidos da Estação Automática do Posto Meteorológico da ESALQ – USP.

Para o cálculo da precipitação acumulada foi realizada a soma da precipitação diária (mm) do plantio à maturidade fisiológica. A maturidade fisiológica do milho foi definida de acordo com Weismann (2007), ocorrendo 60 dias após a polinização, para tal, considerou-se o florescimento feminino como o dia da polinização, visto que este ocorreu em média após o florescimento masculino e devido ao estilo-estigma estar apto a receber pólen logo após o florescimento. A precipitação no período crítico foi obtida da soma da precipitação 13 dias antes e após o florescimento masculino, levando em consideração dez dias de período crítico mais o intervalo de variação da média do caráter. Procedeu-se o mesmo procedimento para obter a temperatura no período crítico. Foi considerado como precipitação significativa para o calcula de dias sem chuva e período mais longo de estiagem, apenas as precipitações iguais ou superiores a 1 mm (INMET, 2012). Os dados médios da umidade relativa (%), temperatura

(ºC), radiação solar global (MJ/m^2.dia) e vento (m/s) estão em função do plantio à maturidade fisiológica.

Os graus-dias acumulados do plantio ao florescimento foram obtidos conforme Lima et al. (2008). O comportamento médio da radiação solar global de 15 dias após o florescimento (%) foi calculada por meio da eq. (23).

$$C_{Rsg} = \frac{\left(\frac{\sum Rsg_{1:15}}{15} - Rsg_F \right)}{Rsg_F} 100 \tag{23}$$

em que C_{Rsg} é o comportamento médio da radiação solar global de 15 dias após o florescimento; $\frac{\sum Rsg_{1:15}}{15}$ é a média da radiação solar global dos 15 dias seguintes ao florescimento; Rsg_F é a radiação solar global no dia do florescimento. Foi obtido o C_{Rsg} devido 15 dias após o florescimento ser a fase mais sensível à carência de luz (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Anexo E – Índice de eficiência da seleção indireta e porcentagem de coincidência para testecrosses de milho avaliados em safra e safrinha nos anos agrícolas de 2008/09 e 2009/10

	Estimativa[a]	Caráter								
		PG	PROL	ACQ	AP	AE	PRE	FM	FF	IF
TC_{RC1}	$I_{Rs_{a/b}\%}$	-[b]	-	**-11,8**	-40,9	-75,5	-	-97,6	-35,1	-103,4
	$\hat{C}o_{a-b\%}$	-	-	-	30,0	10,0	-	10,0	40,0	0,0
	$I_{Rs_{a/ab}\%}$	-7,3	**0,4**	-	-9,3	-24,0	-30,2	-45,7	-12,7	-36,7
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$	60,0	-	-	60,0	50,0	50,0	50,0	60,0	50,0
	$I_{Rs_{b/a}\%}$	**5,4**[c]	-	-	-27,2	-56,0	**0,4**	-97,2	-45,4	-103,3
	$\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-	30,0	10,0	-	10,0	40,0	0,0
	$I_{Rs_{b/ab}\%}$	**3,9**	**0,5**	-	2,6	-10,8	**0,2**	-26,3	-2,1	-32,3
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$	-	-	-	70,0	50,0	-	60,0	70,0	40,0
	$I_{Rs_{ab/a}\%}$	-22,2	-	-	-28,3	-15,8	-32,9	-40,3	-34,4	-17,3
	$\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0	-	-	60,0	50,0	50,0	50,0	60,0	50,0
	$I_{Rs_{ab/b}\%}$	-	-	**-2,7**	-34,1	-44,9	-	-31,1	-12,5	-8,5
	$\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-	70,0	50,0	-	60,0	70,0	40,0

	Estimativa	Caráter								
		PG	PROL	ACQ	AP	AE	PRE	FM	FF	IF
TC_{RC2}	$I_{Rs_{a/b}\%}$	-63,8	**-0,3**	-	-38,5	-81,9	-	-79,4	-68,1	-
	$\hat{C}o_{a-b\%}$	30,0	-	-	10,0	10,0	-	10,0	20,0	-
	$I_{Rs_{a/ab}\%}$	-9,7	**-0,2**	-	-3,6	-20,2	-63,3	-27,2	-28,6	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$	60,0	-	-	40,0	50,0	30,0	50,0	40,0	-
	$I_{Rs_{b/a}\%}$	-65,3	-	-	-39,8	-79,3	**-1,2**	-78,9	-65,6	**0,0**
	$\hat{C}o_{b-a\%}$	30,0	-	-	10,0	10,0	-	10,0	20,0	-
	$I_{Rs_{b/ab}\%}$	-27,1	-36,5	-	-4,2	-21,7	**-0,8**	-18,1	-8,9	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$	50,0	60,0	-	60,0	50,0	-	50,0	80,0	-
	$I_{Rs_{ab/a}\%}$	-34,1	-	-	-17,5	-21,4	-59,2	-28,1	-20,1	**16,4**
	$\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0	-	-	40,0	50,0	30,0	50,0	40,0	-
	$I_{Rs_{ab/b}\%}$	-44,5	-50,5	-	-16,4	-32,8	-	-21,0	-5,4	-
	$\hat{C}o_{ab-b\%}$	50,0	60,0	-	60,0	50,0	-	50,0	80,0	-

[a] *a, b e ab* referem-se a safra, safrinha e média das safras, respectivamente; PG, PROL, ACQ, AP, AE, PRE, FM, FF e IF, referem-se a produção de grãos (t ha^{-1}), prolificidade (espigas $planta^{-1}$), acamamento e quebramento de plantas (%), altura de planta (cm), altura de espiga (cm), posição relativa da espiga, florescimento masculino (dias), florescimento feminino (dias) e intervalo entre florescimentos (dias), respectivamente; [b] Valores nulos; [c] Valores em negrito referem-se a resposta correlacionada em porcentagem obtida quando o ambiente em que se deseja obter resposta não apresentou variabilidade.

Anexo F – Classificação de testecrosses de milho selecionados a uma intensidade de seleção de 10% em safra, safrinha e na média das safras (conjunta) para o caráter produção de grãos e caracteres da planta

(continua)

Caráter	Ranking	Testecrosses selecionados[a]											
		TC_{RC1}						TC_{RC2}					
		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta	
PG (t ha^{-1})	1	31	-[b]	**31**	**31**	-	31	168	**183**	**168**	**183**	**183**	**183**
	2	19	-	**19**	**91**	-	91	187	135	**187**	**141**	135	**141**
	3	26	-	**26**	**80**	-	80	139	182	139	**119**	182	**119**
	4	39	-	39	**19**	-	19	**183**	150	**183**	**168**	**150**	168
	5	80	-	**80**	**26**	-	26	164	194	164	194	**194**	**194**
	6	91	-	**91**	35	-	35	**119**	**141**	**119**	150	**141**	**150**
	7	59	-	59	2	-	2	**141**	126	**141**	**162**	126	162
	8	76	-	76	45	-	45	162	110	**162**	**187**	110	187
	9	24	-	24	23	-	23	132	**119**	132	158	**119**	158
	10	85	-	85	30	-	30	195	198	195	169	198	169
PROL (espigas planta^{-1})	1	-	-	-	23	-	23	-	135	-	119	135	**119**
	2	-	-	-	80	-	80	-	150	-	141	150	**141**
	3	-	-	-	84	-	84	-	157	-	183	157	**183**
	4	-	-	-	19	-	19	-	110	-	198	110	**198**
	5	-	-	-	69	-	69	-	183	-	128	**183**	128
	6	-	-	-	81	-	81	-	117	-	182	**117**	182
	7	-	-	-	39	-	39	-	141	-	102	**141**	**102**
	8	-	-	-	56	-	56	-	119	-	117	**119**	**117**
	9	-	-	-	35	-	35	-	198	-	143	**198**	143
	10	-	-	-	14	-	14	-	102	-	169	**102**	169
ACQ (%)	1	-	38	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	22	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	33	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-
	4	-	56	-	-	56	-	-	-	-	-	-	-
	5	-	23	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	61	-	-	61	-	-	-	-	-	-	-
	7	-	9	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-
	8	-	19	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-
	9	-	11	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	67	-	-	67	-	-	-	-	-	-	-

Anexo F – Classificação de testecrosses de milho selecionados a uma intensidade de seleção de 10% em safra, safrinha e na média das safras (conjunta) para o caráter produção de grãos e caracteres da planta

(continuação)

Caráter	Ranking	Testecrosses selecionadas[a]											
		TC_{RC1}						TC_{RC2}					
		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta	
AP (cm)	1	7	12	**7**	**33**	**12**	**33**	178	104	**178**	**178**	**104**	178
	2	61	**33**	**61**	12	**33**	**12**	153	137	153	**111**	**137**	**111**
	3	93	54	93	**37**	**54**	**37**	125	199	125	104	199	**104**
	4	23	**37**	23	**61**	**37**	61	166	**111**	**166**	**128**	**111**	128
	5	**33**	66	**33**	66	**66**	**66**	128	170	**128**	163	170	**163**
	6	40	48	40	**47**	**48**	**47**	193	196	193	171	196	**171**
	7	52	44	**52**	48	44	**48**	198	163	198	**166**	**163**	166
	8	**37**	71	**37**	54	71	**54**	161	171	161	200	**171**	200
	9	84	**47**	84	**52**	**47**	52	**111**	118	**111**	133	118	**133**
	10	**47**	64	**47**	**7**	64	7	160	133	160	137	**133**	**137**
AE (cm)	1	93	54	**93**	**33**	**54**	**33**	153	166	**153**	**200**	**166**	**200**
	2	7	**33**	**7**	**53**	**33**	53	193	111	193	166	111	**166**
	3	53	37	**53**	**7**	**37**	7	178	196	**178**	**153**	**196**	153
	4	**33**	12	**33**	96	12	**96**	**200**	**200**	**200**	**178**	**200**	178
	5	23	66	23	**93**	**66**	93	179	137	**179**	**179**	137	179
	6	98	11	98	37	11	**37**	198	128	**198**	**198**	**128**	198
	7	61	96	61	**48**	**96**	48	125	104	125	128	104	**128**
	8	60	100	60	54	100	**54**	162	170	162	170	**170**	**170**
	9	18	71	18	66	71	**66**	106	142	106	199	142	199
	10	48	55	**48**	47	55	47	174	172	174	196	172	**196**
PRE	1	53	-[b]	**53**	**96**	-	96	153	-	**153**	**200**	-	200
	2	93	-	**93**	**98**	-	98	199	-	199	166	-	166
	3	98	-	**98**	**33**	-	33	193	-	193	**153**	-	153
	4	33	-	**33**	**53**	-	53	143	-	143	196	-	196
	5	94	-	94	**93**	-	93	200	-	**200**	195	-	195
	6	56	-	56	100	-	100	188	-	188	**179**	-	179
	7	60	-	60	79	-	79	178	-	178	101	-	101
	8	88	-	88	97	-	97	102	-	102	170	-	170
	9	50	-	50	76	-	76	179	-	**179**	156	-	156
	10	96	-	**96**	9	-	9	106	-	106	172	-	172

Anexo F – Classificação de testecrosses de milho selecionados a uma intensidade de seleção de 10% em safra, safrinha e na média das safras (conjunta) para o caráter produção de grãos e caracteres da planta

(conclusão)

Caráter	Ranking	Testecrosses selecionadas[a]											
		TC_{RC1}						TC_{RC2}					
		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta		Safra : Safrinha		Safra : Conjunta		Safrinha : Conjunta	
FM (dias)	1	48	**49**	48	**49**	**49**	**49**	199	103	**199**	135	**103**	**135**
	2	72	78	**72**	78	**78**	**78**	152	156	**152**	**152**	**156**	152
	3	42	90	**42**	**72**	90	72	126	135	**126**	**198**	**135**	**198**
	4	52	35	52	**42**	**35**	42	174	180	174	156	180	**156**
	5	99	89	**99**	87	89	**87**	164	200	164	103	200	**103**
	6	**49**	98	**49**	35	**98**	**35**	148	194	148	**126**	194	126
	7	21	32	21	98	**32**	**98**	171	130	**171**	**199**	**130**	199
	8	29	80	29	**64**	80	64	192	**198**	192	**171**	**198**	171
	9	68	87	68	32	**87**	**32**	119	183	119	130	183	**130**
	10	64	83	**64**	**99**	83	99	**198**	123	**198**	172	123	172
FF (dias)	1	**49**	**49**	**49**	**49**	**49**	**49**	**198**	103	**198**	**198**	**103**	**198**
	2	99	78	99	**98**	**78**	**98**	199	**198**	199	**141**	**198**	**141**
	3	**98**	**89**	**98**	**89**	**89**	**89**	134	200	**134**	200	**200**	**200**
	4	30	**98**	**30**	78	**98**	**78**	**141**	**141**	**141**	180	**141**	**180**
	5	87	90	87	**42**	90	42	172	156	**172**	123	**156**	**123**
	6	42	35	**42**	**64**	**35**	**64**	121	180	121	103	**180**	**103**
	7	29	100	29	23	100	**23**	187	123	187	156	**123**	**156**
	8	**64**	93	**64**	**30**	93	30	164	149	164	**134**	**149**	134
	9	61	23	61	91	**23**	91	109	130	109	149	130	**149**
	10	**89**	**64**	**89**	35	**64**	**35**	142	135	142	**172**	135	172
IF (dias)	1	89	100	**89**	**89**	**100**	89	139	-[b]	139	-	-	-
	2	23	51	**23**	**23**	**51**	23	176	-	176	-	-	-
	3	77	34	77	100	**34**	**100**	150	-	150	-	-	-
	4	66	42	66	93	42	**93**	123	-	123	-	-	-
	5	95	76	**95**	**95**	76	95	177	-	177	-	-	-
	6	61	2	**61**	12	2	12	105	-	105	-	-	-
	7	25	93	25	34	**93**	**34**	183	-	183	-	-	-
	8	75	21	**75**	**75**	21	75	198	-	198	-	-	-
	9	81	29	81	**61**	29	61	200	-	200	-	-	-
	10	38	91	38	51	91	**51**	111	-	111	-	-	-

[a] Testecrosses em negrito referem-se aos coincidentes e sublinhados aos que mantiveram o mesmo ranking de classificação entre os ambientes considerados; [b] Testecrosses não selecionados devido a não detecção de variabilidade genética.

Anexo G – Coincidência entre testecrosses de milho selecionados em safra, safrinha e na média das safras aplicando três intensidades de seleção para o caráter produção de grãos e caracteres da planta

(continua)

Caráter[(a)]	TC_{RC1}			
	$\hat{C}o\%$	Intensidade de Seleção[(b)]		
		10%	15%	20%
PG (t ha^{-1})	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-[(c)]	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0 (6)	60,0 (9)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
PROL (espigas planta^{-1})	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
ACQ (%)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
AP (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	30,0 (3)	40,0 (6)	40,0 (8)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0 (6)	66,7 (10)	60,0 (12)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	70,0 (7)	73,3 (11)	60,0 (12)
AE (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	10,0 (1)	20,0 (3)	15,0 (3)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	66,7 (10)	50,0 (10)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	50,0 (5)	55,3 (8)	45,0 (9)
PRE	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	60,0 (9)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
FM (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	10,0 (1)	20,0 (3)	25,5 (5)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	55,3 (8)	60,0 (12)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	60,0 (6)	60,0 (9)	55,0 (11)
FF (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	40,0 (4)	46,7 (7)	40,0 (8)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0 (6)	73,3 (11)	60,0 (12)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	70,0 (7)	73,3 (11)	65,0 (13)
IF (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	00,0 (0)	20,0 (3)	20,0 (4)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	55,3 (8)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	40,0 (4)	55,3 (8)	50,0 (10)

Anexo G – Coincidência entre testecrosses de milho selecionados em safra, safrinha e na média das safras sob três intensidades de seleção para o caráter produção de grãos e caracteres da planta

(conclusão)

Caráter[(a)]	TC_{RC2}			
	$\hat{C}o$	Intensidade de Seleção[(b)]		
		10%	15%	20%
PG (t ha^{-1})	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	30,0 (3)	20,0 (3)	15,0 (3)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	60,0 (6)	53,3 (8)	40,0 (8)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	50,0 (5)	66,7 (10)	50,0 (10)
PROL (espigas planta^{-1})	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-[(c)]	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	60,0 (6)	53,3 (8)	45,0 (9)
ACQ (%)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
AP (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	10,0 (1)	33,3 (5)	30,0 (6)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	40,0 (4)	66,7 (10)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	60,0 (6)	66,7 (10)	55,0 (11)
AE (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	10,0 (1)	20,0 (3)	20,0 (4)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	66,7 (10)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	50,0 (5)	46,7 (7)	45,0 (9)
PRE	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	30,0 (3)	60,0 (9)	50,0 (10)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-
FM (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	10,0 (1)	20,0 (3)	20,0 (4)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	50,0 (5)	60,0 (9)	55,0 (11)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	50,0 (5)	53,3 (8)	55,0 (11)
FF (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	20,0 (2)	26,7 (4)	25,0 (5)
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	40,0 (4)	46,7 (7)	45,0 (9)
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	80,0 (8)	73,3 (11)	55,0 (11)
IF (dias)	$\hat{C}o_{a-b\%}$ ou $\hat{C}o_{b-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{a-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-a\%}$	-	-	-
	$\hat{C}o_{b-ab\%}$ ou $\hat{C}o_{ab-b\%}$	-	-	-

[(a)] *a, b e ab* referem-se a safra, safrinha e média das safras, respectivamente; [(b)] Entre parênteses valores absolutos, ou seja, número de testecrosses coincidentes entre os dois ambientes considerados; [(c)] Valores nulos devido a não detecção de variabilidade em um ou ambos os ambientes considerados.