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

Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem

José Ribamar de Assunção Filho

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

Piracicaba
2016

José Ribamar de Assunção Filho
Licenciado em Ciências Biológicas

Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem

Orientador:
Prof. Dr. **NATAL ANTONIO VELLO**

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

Piracicaba
2016

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

Assunção Filho, José Ribamar de
Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem / José Ribamar de Assunção Filho. - - Piracicaba, 2016.
91 p. : il.

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

1. *Glycine max* 2. *Phakopsora pachyrhizi* 3. Ciclo precoce 4. Capacidade de combinação 5. Heterose 6. Manejo de doenças com fungicidas 7. Efeito ferrugem I. Título

CDD 633.34
A851p

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

Aos meus pais, José Ribamar e Maria do Socorro, pelo apoio e incentivo e a minha noiva Josilane, pelo companheirismo ao longo desses anos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, por meio da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e do Departamento de Genética, por uma excelente estrutura de ensino e pesquisa que fizeram parte e foram de suma importância para a minha formação acadêmica e pela oportunidade da realização do meu doutorado. Aos professores do Departamento de Genética, em especial do Programa de Pós-Graduação em “Genética e Melhoramento de Plantas” (PPG-GMP) e mais especialmente o professor Natal Antonio Vello, pelos ensinamentos, oportunidades, convivência e amizade durante todos esses anos. A CAPES (2012/15) e ao CNPq (2015/16) pela concessão das bolsas de estudos e pelo financiamento das pesquisas, indispensáveis à realização deste trabalho. A todos os técnicos do Departamento de Genética pela grande ajuda na realização destas pesquisas e pelo bom ambiente que me proporcionaram durante esse período. Um especial agradecimento à equipe do Setor de Genética Aplicada às Espécies Autógamas (SGAEA), representada pelos técnicos Antonio Roberto Cogo, Claudinei Antonio Didoné, Marcos Custódio Nekatschalow, pelo apoio indispensável e constante. Aos amigos do SGAEA, doutores Nelson Enrique Casas-Leal, Philip Traldi Wysmierski, Renato Sérgio Batista Carvalho, Iradenia da Silva Costa; doutorandos, Gabriela Antônia de Freitas Rocha, Fernanda Aparecida Castro Pereira, Felipe Maniero Nazato; mestrando Fernando Garcia Espolador; pelos ensinamentos, amizade e ajuda na realização dos experimentos e redação da dissertação. A todos que participaram, direta ou indiretamente, desse trabalho e da minha formação profissional, obrigado.

“E, se bem que seja obscuro
Tudo pela estrada fora,
E falso, ele vem seguro,
E, vencendo estrada e muro,
Chega onde em sono ela mora.
E, inda tonto do que houvera,
A cabeça, em maresia,
Ergue a mão, e encontra hera,
E vê que ele mesmo era A Princesa que dormia.”.

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

RESUMO 11
ABSTRACT 13
1 INTRODUÇÃO 15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19
2.1 Aspectos gerais da soja 19
2.2 Identificação de cruzamentos a partir da geração F_1 20
2.3 Cruzamentos dialélicos 21
2.4 Melhoramento genético de soja visando redução do ciclo 23
2.5 Ferrugem asiática da soja 24
3 MATERIAL E MÉTODOS 29
3.1 Geração F_1 30
3.2 Geração F_2 30
3.2.1 Análises estatístico-genéticas da geração F_2 31
3.2.1.1 Análises da capacidade combinatória 32
3.2.1.2 Análises dialélica de Hayman (1954) 33
3.2.1.3 Análises dialélica de Gardner e Eberhart (1966) 36
3.3 Geração $F_{2:3}$ 37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 39
4.1 Análises estatísticas da geração F_2 39
4.1.1 Análise de variância 39
4.1.2 Comparação entre médias 40
4.1.3 Análise dialélica 43
4.1.3.1 Análise de capacidade combinatória 43
4.1.3.1.1 Capacidade geral de combinação 45
4.1.3.1.2 Capacidade específica de combinação 47
4.1.3.1.3 Heterose (metodologia de GARDNER; EBERHART, 1966) 51
4.1.3.1.4 Análise dialélica de Hayman 57
4.1.3.2 Análises estatísticas da geração $F_{2:3}$ (ano agrícola 2014/15) 65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 79
6 CONCLUSÕES 83
REFERÊNCIAS 85

RESUMO

Potencial de cruzamentos dialélicos de soja para precocidade, produtividade de grãos e tolerância à ferrugem

A soja é uma cultura de importância econômica fundamental e o Brasil está entre os principais produtores mundiais. Nos programas de melhoramento, entre os métodos usados para escolha de genitores estão os cruzamentos dialélicos, em que todos os genitores são cruzados entre si, dois a dois. O uso desta metodologia tem sido eficiente na busca por genótipos superiores. O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o potencial de cruzamentos de soja em termos de precocidade e produtividade(PG), por meio de estimativas de heterose e das capacidades geral (CGC) e específica(CEC) de combinação e, também, estimar a reação dos cruzamentos ao fungo da ferrugem asiática. Os genitores utilizados no dialelo completo 10x10 foram: 1) USP 233-4201-09; 2) USP 223-2113-09; 3) IAC-17; 4) FT-COMETA; 5) CD 216; 6) FT 81-2706; 7) CB 07-958-B; 8) BMX POTÊNCIA RR; 9) AS 7307 RR; 10) TMG 4011 RR. Foi utilizado o delineamento de blocos em todos os experimentos. Em 2013/14 foi avaliada a geração F2 do dialelo. Os genitores que mais se destacaram com CGC negativas, contribuindo para redução do ciclo (maior precocidade) foram USP 223-4201-09, USP 223-2113-09, TMG 4011 RR e, principalmente, CB 07-958-B com contribuição para redução superior a cinco dias no ciclo. Este genitor também se destacou em relação à heterose *per se* (heterose de variedades ou genitores = hi), ao lado dos genitores CD 216 e FT-COMETA. Constatou-se que o genitor CB 07-958-B possui maior concentração de genes dominantes, os quais agem no sentido de tornar os genótipos mais precoces. O genitor que apresentou maior concentração de alelos favoráveis para PG foi 3) IAC-17. O cruzamento com maior destaque para PG foi 1 x 5 = USP 223-4201-09 x CD 216, com média de 5623Kg ha-1. Todos os cruzamentos apresentaram médias de PG superiores ao do melhor genitor. Em 2014/15 (geração F2:3) foram conduzidos dois experimentos com manejos de doenças por fungicidas: um com controle da ferrugem e outras doenças fúngicas, incluindo as doenças de fim de ciclo e outro com apenas o controle de outras doenças fúngicas, excluindo-se a ferrugem. O contraste entre os dois manejos com fungicidas permitiu uma estimativa da tolerância. As estimativas do efeito ferrugem foram significativas para sete e 17 cruzamentos, respectivamente para PG e peso de cem sementes (PCS); os demais cruzamentos foram considerados tolerantes. Foram obtidas as seguintes conclusões: a escolha dos genitores para compor o dialelo foi adequada, uma vez que as análises de capacidade combinatória e da heterose mostraram que eles contribuíram para o aumento da precocidade e da produtividade dos cruzamentos na geração F2, além da maioria dos cruzamentos mostrarem tolerância à ferrugem na geração F2:3; existe variabilidade para o ciclo da cultura, a qual pode ser aproveitada futuramente para selecionar linhagens mais precoces; os cruzamentos mostraram excelente potencial produtivo, com algumas médias superando a produtividade nacional; progressos adicionais para tolerância à ferrugem poderão ser obtidos com a prática de seleção entre e dentro de cruzamentos em gerações mais avançadas.

Palavras-chave: Glycine max; *Phakopsora pachyrhizi*; Ciclo precoce; Capacidade de combinação; Heterose; Manejo de doenças com fungicidas; Efeito ferrugem

ABSTRACT

Potential of soybean diallel crosses for earliness, seed yield, and rust tolerance

Soybean is an economicaly important culture worldwide, and Brazil is among the largest world producers. In breeding programs, a very useful method used to choice of parents is the diallel, where all parents are crossed in biparental combinations. The use of this methodology has been effective in generating superior genotypes. This research aimed to evaluate the potential of soybean crosses in terms of earliness and seed yield(PG) by estimating heterosis, general (CGC) and specific (CEC) combining abilities, besides to estimate the reaction of crosses to the fungus of soybean rust. The parents used in the 10x10 complete diallel system were: 1) USP 233-4201-09, 2) USP 223-2113-09, 3) IAC-17, 4) FT-COMETA, 5) CD 216, 6) FT 81-2706, 7) CB 07-958-B, 8) BMX POTENCIA RR, 9) AS 7307 RR, 10) TMG 4011 RR. The randomized complete-block design was used in all experiments. In 2013/14, it was evaluated the F_2 generation of the 45 diallel crosses. The parents who stood out with negative estimates of CGC, helping to reduce cycle (higher earliness) were USP 223-4201-09, USP 223-2113-09, TMG 4011 RR and, especially CB 07-958-B with average reduction of more than five days in the cycle. This parent, jointly with CD 216 and FT-COMETA, also stood in relation to heterosis *per se* (varietal or parental heterosis = hi). It was found that the parent CB 07-958-B has the highest concentration of dominant genes for earliness. The parent with the highest concentration of favorable alleles for PG was 3) IAC-17. The most outstanding cross for PG was 1x5=USP 223-4201-09 CD x 216, averaging 5623Kg ha-1. All crosses showed average PG higher than the best parent. In 2014/15, the $F_{2:3}$ generation was evaluated through two disease managements with fungicide applications designed to control: a) the rust and other late season leaf diseases (DFC); b) DFC, except rust. The contrast between adjusted means of these two managements with different fungicides allowed an estimation of the tolerance for each genotype. The estimates of rust effect were significants for seven and 17 crosses, respectively to PG and one-hundred seed weight (PCS); the remaining crosses were considered as rust tolerants. The following conclusions were obtained: the choice of parents to compose the diallel was adequate, since the analysis of combining abilities and heterosis showed that they contributed to increase earliness and PG of the crosses in the F2 generation, besides most crosses showed tolerance to rust in the F2:3 generation; there is variability in the crop cycle, which can allow the selection of earlier lines in the future; crosses showed great seed yield potential, with some surpassing the national soybean average; further progress to rust tolerance may be obtained from the practice of selection among and within crosses in later generations.

Keywords: *Glycine max*; *Phakopsora pachyrhizi*; Early crosses; Combining ability; Heterosis; Management of diseases by fungicides; Rust effect

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 2n=40) é uma leguminosa de alto valor econômico devido aos seus produtos (grãos, farelo e óleo) que servem como alimentação animal e humana. Seu cultivo enriquece o solo por meio da fixação biológica de nitrogênio em simbiose com bactérias, o que contribui para diminuir os gastos com insumos. Os grãos são ricos em proteína (cerca de 40%) e óleo (aproximadamente 20%); a soma de 60% para os teores de proteína e óleo é uma peculiaridade altamente positiva da soja, que a distingue das demais espécies (CHUNG; SINGH, 2008).

A soja é uma cultura de destaque econômico mundial, sendo uma das oleaginosas mais cultivadas em todo o planeta, principalmente nos Estados Unidos**,** Brasil, Argentina e China (TAVAUD-PIRRA et al., 2009).

O maior produtor de soja são os Estados Unidos, seguido pelo Brasil, que totalizou uma produção de 95,07 milhões de toneladas na safra 2014/15, com uma área cultivada de 31,573 milhões de hectares e produtividade média de 3.011 kg ha^{-1} (EMBRAPA Soja, 2016). Em 2016, a estimativa de produtividade brasileira é de 2.876 kg ha^{-1}(Companhia Nacional de Abastecimento, 2016). Para alcançar tal patamar de produtividade, a soja passou por uma expansão territorial, saindo do sul do País, onde foi inicialmente cultivada, e expandindo-se por todas as regiões do Brasil (ROCHA et al., 2006).

A cultura da soja no Brasil assume grande valor socioeconômico, devido à importância de seus produtos, tanto para o mercado interno como externo. Isso representa considerável fonte de divisas para o país, além da geração de empregos nos diversos setores da economia (MOTTA et al., 2000). Além disso, a política governamental de incentivo à produção de biodiesel, contribui para que o cultivo de soja no Brasil continue crescendo. Somado a isso, tem-se o valor nutracêutico da soja, dado por alimentos funcionais que fornecem benefícios médicos e/ou de saúde, incluindo-se a prevenção de doenças crônicas, como por exemplo aquelas associadas ao sistema circulatório, cânceres e doenças devidas aos baixos níveis de hormônios (p.ex. estrogênio, associado aos suores das mulheres em menopausa). A soja é um alimento rico em vários componentes, como isoflavonas, ácidos graxos (ômegas 3, 6 e 9), saponinas e peptídeos bioativos.

O melhoramento genético de soja tem tido considerável parcela (cerca de 2/3) de contribuição para a expansão de seu cultivo. As pesquisa atuais concentram seus objetivos na obtenção de informações que possibilitem o aumento de produtividade (MOTTA et al., 2000). Para tanto, aspectos relacionados a fatores que podem comprometer a produtividade são constantemente monitorados, tais como: resistência a pragas e doenças, tolerância à seca e acamamento. Atualmente, o fator biótico que mais tem limitado a produtividade da soja no Brasil é a ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow. Uma estratégia considerada promissora para o manejo integrado desta doença é o desenvolvimento de genótipos tolerantes, os quais mantêm níveis adequados de produtividade mesmo na presença de sintomas da doença (ARAÚJO; VELLO 2010).

Para que o melhoramento possa disponibilizar uma cultivar de soja no mercado, esta deve ter alta produtividade de grãos, possuir estabilidade de produção e ter ampla adaptabilidade aos variados ambientes existentes na região de recomendação (ALMEIDA et al., 1999). Além disso, o mercado brasileiro moderno está demandando cultivares precoces para atender a vários requisitos: a) minimizar as perdas com a ocorrência generalizada da ferrugem; b) permitir o cultivo de outras espécies (p.ex. milho e trigo) durante o uso do vazio sanitário no outono/inverno; c) permitir a rotação e ou sucessão de culturas, podendo-se obter até cinco cultivos em dois anos com culturas anuais, além de possibilitar a estratégia de se obter cultivo adicional durante a renovação de culturas semi-perenes como a cana-de açúcar e a recuperação de pastagens degradadas. A obtenção de cultivares precoces é facilitada pela genética mais simples que controla o ciclo (oito genes mendelianos e alguns genes recessivos para período juvenil longo); todavia, ela é dificultada pela tendência de associação negativa entre precocidade e produtividade de grãos.

O melhoramento de soja tem se utilizado de hibridação artificial para gerar nova variabilidade genética por meio de cruzamentos entre genitores selecionados (BAENZIGER et al., 2006). A amplitude da variabilidade genética numa população segregante é função da divergência genética entre os genitores (FALCONER, 1987). Dentre os métodos usados para escolha de genitores está o uso de cruzamentos dialélicos, em que todos os genitores são cruzados entre si, dois a dois (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Usando essa metodologia pode-se estimar parâmetros genéticos, tais como a capacidade geral de combinação de um genitor,

que indica a magnitude de sua contribuição com alelos favoráveis para os cruzamentos em que participa e a capacidade específica de combinação de um cruzamento, que indica a contribuição relativa do par de genitores do cruzamento em termos de alelos favoráveis reunidos na descendência.

Assim, os objetivos deste trabalho foram Identificar cruzamentos promissores para precocidade, produtividade e tolerância à ferrugem, avaliar a heterose contida nos cruzamentos de soja e estimar as capacidades geral e específica de cruzamentos em genótipos de soja em gerar populações segregantes promissoras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da soja

A soja é uma leguminosa pertencente à ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Papilionideae*, gênero *Glycine* Willd e espécie *Glycine max* (L.) Merrill (CRONQUIST, 1988). A Ásia, principalmente a China, é a região com maior variabilidade genética e também o mais provável centro primário de diversidade (centro de origem), especificamente a região ao longo do Vale do Rio Amarelo, e como centro secundário (domesticação), tem-se a região da Manchúria (noroeste da China) (CHUNG; SINGH, 2008).

A *Glycine max* apresenta variabilidade genética para várias características morfológicas de interesse econômico, as quais podem ser muito influenciadas pelo ambiente (SEDIYAMA, 2009). O caule é do tipo herbáceo, ereto, pubescente e com hábito de crescimento morfológico diversificado, podendo ser determinado ou indeterminado. Sua altura pode variar de 0,3 a 2,0 metros (SEDIYAMA et al., 1985). Quanto ao ciclo pode levar de 75 dias para as cultivares mais precoces a 200 dias para as mais tardias (SEDIYAMA, 2009). Apresenta potencial para produzir até 400 vagens por planta, em condições normais de cultivo; todavia, as cultivares nacionais apresentam em média de 30 a 80 vagens por planta (CÂMARA, 1998). O período de florescimento pode variar de três a mais de cinco semanas dependendo do genótipo e do ambiente.

É classificada como essencialmente autógama, com órgãos masculinos e femininos protegidos na corola, o que contribui para uma taxa de polinização cruzada menor que 1% (BORÉM; ALMEIDA; KIIHL, 1999). Suas flores são hermafroditas ou completas, portanto formadas por cálice, corola, androceu e gineceu. A vagem das cultivares melhoradas são indeiscentes e apresentam pubescência com tonalidades diferentes. Cada vagem possui de uma a cinco sementes, no entanto, a maioria das cultivares apresentam plantas com vagens contendo duas ou três sementes (SEDIYAMA et al., 1985).

A semente é composta por cotilédones, eixo embrionário, tegumento (casca) e hilo. O tamanho das sementes apresenta alta variabilidade, sendo avaliado por meio do peso de cem sementes, que pode variar com as condições ambientais de

cultivo, contudo apresenta-se entre 2 e 40 gramas/100 sementes (SEDIYAMA et al., 1985). As cultivares brasileiras de soja têm média de 15 g/100 sementes.

2.2 Identificação de cruzamentos a partir da geração F_1

A identificação de cruzamentos, separando-os de autofecundações indesejadas que podem ocorrer durante as hibridações iniciais entre genitores, baseia-se na análise genética de caracteres qualitativos a partir da geração F1. Para tanto, são utilizados genes que controlam as heranças de tais caracteres, principalmente aqueles associados à pigmentação, conforme é descrito a seguir.

A cor do hipocótilo (verde ou roxo) está fortemente associada com a cor das flores (brancas ou roxas). A maioria das cultivares de soja possuem hipocótilo verde e flores brancas ou hipocótilo e flores roxas, condição esta atribuída ao gene (W1/ w1), em que o genótipo W1_condiciona flores roxas e o genótipo w1w1 expressa flores brancas (CARPENTIERI-PIPOLO et al., 2007). Genes modificadores (W2/w2, W3/w3, W4/w4, Wm/wm, Wp/wp) podem alterar a intensidade da cor das flores e do hipocótilo (STEPHENS; NICKELL, 1992).

A coloração ou pigmentação de vagens, sementes e pubescência é controlada por diferentes genes mendelianos (BERNARD; WEISS, 1973; DESTRO et al., 1990). A coloração das vagens é verde até o final da granação (estádio R_6), torna-se amarela na maturidade fisiológica (R_7) e pode adquirir a cor bege, marrom ou preta no final da maturação (R_8). Os genes L_1/l_1 e L_2/l_2 controlam a cor das vagens; o genótipo $l_1l_1l_2l_2$ expressa a cor bege, o genótipo $l_1l_1L_2L_2$ condiciona a cor marrom e os genótipos $L_1L_1l_2l_2$ e $L_1L_1L_2L_2$ produzem a cor preta.

A distribuição dos pigmentos nas sementes é controlada pela associação entre a série alélica $I > i^i > i^k > i$ e o gene G/g. Os alelos I, i^i e i^k determinam tegumento claro (amarelo para genótipo gg e verde para G_), com o genótipo i^k i^k possuindo hilo tipo sela (esparramado até cerca de metade do tegumento). Por outro lado, o genótipo ii condiciona tegumento escuro (marrom ou preto). A cor dos cotilédones pode ser amarela (D_1 ou D_2) ou verde (d_1 d_2); além disso, fatores citoplasmáticos também podem afetar a cor dos cotilédones (cyt-Y para cotilédones amarelos e cyt-G para verdes). Existem três possibilidades de combinar a cor do tegumento e a cor dos cotilédones em uma mesma linhagem de soja: tegumento e cotilédones amarelos (g D_1 ou g D_2), tegumento verde e cotilédones amarelos (G D_1 ou G D_2) e,

finalmente, tegumento e cotilédones verdes (G ou g d_1 d_2).A cor do hilo da semente pode variar muito (cinza, amarelo, amarelo alaranjado, marrom, marrom avermelhado, preto e preto imperfeito), sendo controlada pela ação e interação de vários genes: os alelos já relatados G/g e da série I, ..., i, e mais a série R/r/r^m e os genes O/o, T/t, T_d/t_d.

A cor da pubescência pode ser cinza (tt) ou marrom (T_), podendo a pubescência marrom apresentar tons de bronze claro (t_d t_d) ou de bronze escuro (T_d _).

2.3 Cruzamentos dialélicos

O termo dialelo tem sido utilizado para expressar um conjunto de p (p-1)/2 híbridos, resultantes de cruzamentos entre p genitores (linhagens, variedades, clones, etc.), podendo incluir, além dos respectivos genitores, os híbridos recíprocos e ou outras gerações relacionadas, como por exemplo F2 e retrocruzamentos (CRUZ, REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Entre as metodologias mais comumente utilizadas em cruzamentos dialélicos, citam-se as propostas por Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas de quadrados de efeitos das capacidades geral e específica de combinação; a metodologia proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades, a heterose varietal e a heterose do cruzamento; e a proposta por Hayman (1954), que fornece informações sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores utilizados e do limite de seleção (CRUZ, REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Os diferentes tipos de dialelos são classificados de acordo com os esquemas de cruzamentos utilizados. Os dialelos balanceados incluem os híbridos F_1 entre todos os pares de combinações dos genitores, podendo incluir os híbridos recíprocos. Dialelos parciais envolvem dois grupos de genitores e seus respectivos cruzamentos, o que possibilita diminuir o número de cruzamentos. Nos dialelos circulantes, os genitores são representados por um mesmo número de cruzamentos, porém inferior a p-1, como ocorre nos balanceados; nesse esquema, cada genitor participa de somente dois cruzamentos, ocorrendo assim, uma perda de informação a respeito de certas combinações que ficam ausentes. Os dialelos desbalanceados ocorrem quando o número de repetições de cada genitor e ou combinação híbrida,

do planejamento original, é variável em função de perda de parcelas ou limitações de sementes.

Nos diferentes tipos de cruzamentos dialélicos é possível estimar as capacidades geral e específica de combinação dos genitores e cruzamentos. O termo capacidade geral de combinação (CGC) é utilizado para designar o comportamento médio de um genitor numa série de combinações híbridas, comportamento este que é dependente da quantidade de alelos favoráveis que ele possui e pode transmitir para a descendência; já o termo capacidade específica de combinação (CEC) se refere ao desvio que um cruzamento apresenta em relação ao que seria esperado com base nas capacidades gerais de seus genitores; as estimativas de CEC são utilizadas para apontar certas combinações híbridas que são relativamente superiores ou inferiores diante do que seria esperado com base na CGC (CRUZ; VENCOVSKY, 1989). A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além da parte dos efeitos epistáticos do tipo aditivo x aditivo. Já a CEC depende basicamente de genes com efeitos dominantes e epistáticos do tipo dominante x dominante (MELO, 1987).

O conhecimento da ação gênica aditiva (CGC) permite planejar futuros programas de melhoramento para obtenção de linhagens superiores, aproveitando a herança transgressiva nas diferentes gerações segregantes, originadas a partir do híbrido F_1. A ação gênica não-aditiva (CEC) pode ser aproveitada na avaliação de híbridos com melhores possibilidades de futura comercialização (MARTINEZ et al., 1989).

Para Cruz e Vencovsky (1989), a CGC de um genitor pode ser atribuída tanto ao seu comportamento *per se* quanto em combinações híbridas. No melhoramento, o ideal é selecionar cultivares com alto desempenho *per se* e alto potencial heterótico e descartar cultivares de baixo desempenho *per se* e baixo potencial heterótico. Apesar da inexistência de métodos que discriminem qual das duas possibilidades é mais importante na estimativa da capacidade geral, a adoção da CGC, como critério de escolha de genitores, mostra-se válida mesmo nos casos de dominância entre os alelos. Nas avaliações realizadas por Sekhar et al. (1994) em *Vigna radiata* (L.) Wilczek, foi observado que os cruzamentos realizados entre genitores de elevada CGC e destes com genitores de baixa CGC exibiram as maiores heteroses. Vencovsky (1987) mostra que altas estimativas da CGC geralmente ocorrem em genótipos com maior frequência de alelos favoráveis.

Valores absolutos do efeito da CEC indicam que a performance de um dado cruzamento é relativamente melhor (efeito positivo) ou pior (efeito negativo) do que o esperado com base na CGC dos genitores. As estimativas da CEC estão, portanto, relacionadas com genes que exibem efeitos de dominância ou epistasia, representando as interações entre os efeitos dos locos como aditividade ou dominância (GRIFFING, 1956).

Vencovsky (1987) afirma que uma baixa estimativa dos efeitos da CGC, positiva ou negativa, indica que o valor da CGC do genitor, obtida com base em suas combinações híbridas e demais genitores, não difere muito da média geral da população dialélica. Por outro lado, quando os valores estimados do efeito da CGC são altos, positivos ou negativos, há indício de que o genitor em questão é muito superior ou inferior aos demais genitores do dialelo, com relação à performance média dos cruzamentos, sendo esses valores uma indicação de que os genes têm efeitos predominantemente aditivos. Assim, em programas de melhoramento, são mais indicados para constituírem novas populações os genitores com as mais altas CGC favorecendo a seleção de novas linhagens homozigóticas, para espécies autógamas.

Estudando a capacidade combinatória em cruzamentos intra e interespecíficos em algodão, Marani (1967) observou que os efeitos da CGC foram mais pronunciados que os da CEC, e a magnitude dos resultados esteve, na maioria dos casos, de acordo com a performance dos genitores. Contudo, em trabalho com a cultura do arroz, Castellanos e Muños (1986) observaram que os valores dos efeitos da CGC para produtividade foram baixos e inferiores aos da CEC, indicando que para se obter híbridos de arroz com alta produtividade deve-se dar maior importância aos híbridos do que aos genitores.

2.4 Melhoramento genético de soja visando redução do ciclo

A soja cultivada é uma planta de ciclo anual, sendo que as cultivares brasileiras possuem ciclo entre 90 e 160 dias. Atualmente, existe a tendência de se utilizar no Brasil também o sistema norte-americano de classificar as cultivares de soja nos grupos de maturação 000, 00, 0, 1, 2, ..., 10; nos ambientes tropicais e sub-tropicais brasileiros, predominam os grupos de maturação 5 a 10 (ALLIPRANDINI et al. 2009). Além disso, dentro de cada grupo de maturação os genótipos de soja

podem ser classificados em: super-precoce, precoce, semi-precoce, médio, semi-tardio e tardio.

A avaliação de linhagens potenciais para o Estado de São Paulo com ciclos precoce e semi-precoce constitui-se em atividade de pesquisa importante, pois ao mesmo tempo em que este ciclo é o mais preferido pelos produtores paulistas, também é o grupo de maior sensibilidade à época de semeadura devido ao seu maior fotoperíodo crítico (CÂMARA et al., 1997).

Além disso, o uso de cultivares de ciclo precoce e semi-precoce, permite o uso do sistema de sucessão de culturas, diminuindo assim, a degradação física, química e biológica do solo, e a queda na produtividade das culturas. Quando se pretende utilizar o sistema sucessão cana-soja no estado de São Paulo, por exemplo, são usadas cultivares de soja de ciclo entre 120 e 130 dias, os quais propiciam a colheita em tempo ideal para o novo plantio da cana-de-açúcar (ATHAYDE et al., 1984; TANIMOTO, 2002).

Atualmente são descritos oito genes que atuam em caracteres associados ao ciclo da soja. Os primeiros a serem descritos foram E1/e1 e E2/e2, que controlam o tempo para florescimento e maturidade (Bernard, 1971). Seguido por E3/e3, atual no florescimento e maturidade sob condições de dias curtos (BERNARD; WEISS, 1973). E4/e4 controlando a sensibilidade ao fotoperíodo, onde o alelo dominante confere sensibilidade ao fotoperíodo, atrasando o florescimento em dias longos (BUZZEL; VOLDENG, 1980). E5/e5 descrito por McBlain e Bernard (1987), o alelo E5 ocasiona atraso na maturidade. E6/e6 atuando no florescimento e maturidade precoce, com o alelo recessivo sendo responsável pelo atraso no florescimento e maturidade (BONATO; VELLO, 1999). E7/e7 Além de atua na maturidade, controla a sensibilidade ao fotoperíodo, onde o alelo e7 condiciona sensibilidade ao fotoperíodo (COBER; VOLDENG 2001). E o último gene descrito, E8/e8 atua no controle da maturidade, sendo o alelo dominante responsável pelo atraso na maturidade (COBER et al., 2010).

2.5 Ferrugem asiática da soja

Na cultura da soja várias doenças causadas por fungo são importantes, tendo um maior destaque atualmente para a ferrugem asiática, causada *Phakopsora pachyrhizi*. As condições climáticas encontradas no Brasil são favoráveis ao

patógeno *P. pachyrhizi*, levando a rápida disseminação e severidade da ferrugem nas regiões produtoras desde a safra de 2001/02 em todo o país. O principal prejuízo ocasionado pela doença é a desfolha precoce, impedindo a completa formação dos grãos. Quanto mais precoce ocorrer a desfolha, maior será a redução da produtividade de grãos e da qualidade. Os danos causados pelo patógeno, depende da fase em que o mesmo incide na cultura, das condições climáticas favoráveis à sua multiplicação, da resistência/tolerância e do ciclo da cultivar utilizada (ALMEIDA et al., 2005).

No Brasil, a ferrugem asiática está causando cada vez mais preocupação, devido a grandes extensões territoriais das áreas cultivadas, a cultivos contínuos, a realização de safra de inverno e principalmente a condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença (ZAMBOLIM, 2006).

O fungo pertence ao filo Basidiomycota, classe Urediniomycetes, ordem Uredinales e família Phakopsoraceae. Atualmente, existem duas espécies do gênero *Phakopsora* que são descritas como causadoras da ferrugem na soja: *Phakopsora pachyrhizi*, possui maior agressividade e ocasiona a ferrugem asiática, estando presente na maioria dos países produtores de soja e *P. meibomiae,* menos agressiva e responsável pela ocorrência da ferrugem americana, sendo limitada ao continente americano e não causando perdas significativas à cultura da soja (ONO; BURITICA; HENNEN, 1992).

O fungo *P. pachyrhizi*, agente causal da ferrugem asiática é biotrófico, desenvolvendo apenas em tecidos vegetais vivos. Assim, para sobreviver depende da própria soja ou de hospedeiros alternativos, plantas de soja guaxas, tigueras ou voluntárias ou cultivadas sob irrigação podem servir de ponte verde entre um ano e outro (WYSMIERSKI, 2015).

A ferrugem pode ocorrer em qualquer estádio de desenvolvimento da planta e em vários órgãos, como cotilédones, caule, folhas e vagens, sendo mais característicos os sintomas nas folhas, mas é geralmente durante o estádio reprodutivo da soja que a doença ataca com mais severidade (YORINORI; YUYAMA; SIQUERI, 2009). O ciclo da doença se inicia quando plantas usadas como hospedeiras liberam seus esporos infectados e se dispersam pelo vento e chuva, encontrando a superfície de folhas das plantas de soja. Quando as condições climáticas são favoráveis, os esporos (urediniósporos) germinam, emitindo um tubo germinativo e em seguida, o apressório, que que perfura a cutícula e a parede

celular através da força mecânica e enzimática, infectando o hospedeiro (AMORIM, 1995).

As condições ideais para a ocorrência de infecção são em temperaturas variando entre 18°C e 28°C e com umidade relativa do ar de 75% a 80%, com 10 a 12 horas de molhamento foliar. Temperaturas maiores ou menores, assim como menor umidade retardam o desenvolvimento da ferrugem (MARCHETTI; MELCHING; BROMFIELD, 1976; DEL PONTE et al., 2006). Nas condições ideais e havendo disponibilidade de água sobre a superfície da planta, a infecção ocorre no período de seis horas, após a deposição do esporo, sendo que quanto maior a duração do molhamento foliar, maiores serão as chances de sucesso da infecção (SINCLAIR; BACKMAN, 1989).

Os sintomas iniciais da doença aparecem na face adaxial das folhas como pequenos pontos angulares com menos de 1 mm de diâmetro, com coloração variando de verde-escura a verde-cinza no início (YORINORI; YUYAMA; SIQUERI, 2009). No decorrer da esporulação, o tecido da folha ao redor das lesões pode adquirir uma coloração castanho-claro ou bege (chamada de lesão do tipo TAN, quando o hospedeiro for suscetível) ou coloração castanho-escuro (lesão do tipo RB-reddish brown, como um sinal de reação de hipersensibilidade quando o hospedeiro mostra resistência), sendo facilmente visível em ambas as faces da folha (BROMFIELD; HARTWIG, 1980; GARCIA et al., 2008). Com o decorrer da doença, as lesões podem atingir um tamanho de 2 a 3 mm com formato poligonal, sendo limitadas pelas nervuras secundárias das folhas. As lesões nas folhas causa um desfolhamento precoce, que é diretamente proporcional à densidade de lesões, e esse desfolhamento poderá reduzir o ciclo em até 10 a 15 dias, também causando redução na produtividade (KAWUKI; TUKAMUHABWA; ADIPALA, 2004).

O nível de dano causado pela doença depende do estádio da planta em que ocorre, das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, da resistência/tolerância e do ciclo da cultivar utilizada. Para um controle eficiente da doença é necessário a adoção de algumas medidas, tais como, realizar rotação de culturas, evitar o prolongamento do período de semeadura, realizar controle preventivo, com aplicação de fungicida antes do aparecimento da doença e controle curativo, com a aplicação de fungicida no momento do aparecimento dos sintomas iniciais da doença, fazer inspeção contínua da lavoura para a identificação precoce da ferrugem, planejamento antes da semeadura, com definição da janela de cultivo,

uso de cultivares mais precoces; uso de densidade de plantas na fileira e espaçamento entre as fileiras que permitam bom arejamento foliar e escolha correta dos equipamentos de pulverização (YORINORI; YUYAMA, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

No período de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013 foram realizadas as hibridações para obtenção dos cruzamentos dialélicos entre dez genitores de soja com potencial produtivo e ciclo precoce (Tabela 1) resultando em 45 combinações híbridas. Os cruzamentos foram realizados em casa de vegetação com ambiente controlado no Setor de Genética Aplicada às Espécies Autógamas, Departamento de Genética, ESALQ/USP, em Piracicaba-SP.Os cruzamentos foram realizados utilizando múltiplas datas de semeadura, visando-se sincronizar o florescimento e prolongar o período de florescimento. Genitores com marcadores recessivos (p.ex. flores brancas e pubescência cinza) foram empregados preferencialmente como genitores femininos para facilitar e antecipar a confirmação dos híbridos F_1.

Tabela 1 - Genitores e genealogias das linhagens USP envolvidas no dialelo 10 x 10. Piracicaba, SP. 2016

Genitores	**Genealogias**
1- USP 223-4201-09	PI 520.733 X USP 70.004: PI 520.733 X USP 04-18.074: PI 520.733 X (USP 01-11 X USP 06-06): PI 520.733 X [(IAC-FOSCARIN-31 X FORREST) X (SOC 81-76 X FOSTER)]
2 - USP 223-2113-09	(FT-Cristalina x IAC-4) X USP 70.004: (FT-Cristalina x IAC-4) X USP 04-18.074: (FT-Cristalina x IAC-4) X (USP 01-11 X USP 06-06): (FT-Cristalina x IAC-4) X [(IAC-FOSCARIN-31 X FORREST) X (SOC 81-76 X FOSTER)]
3 - IAC-17	
4 - FT- COMETA	
5 - CD 216	
6 - FT 81-2706	
7 - CB 07-958-B	
8 - BMX POTENCIA RR	
9 - AS 7307 RR	
10 - TMG 4011 RR	

3.1 Geração F_1

Nos experimentos com plantas F_1 e genitores, realizados no ano agrícola 2012/13, foram avaliados os caracteres a seguir relacionados em covas de plantas individuais; estes caracteres com herança qualitativa têm por finalidade servirem de marcadores fenotípicos para a separação entre cruzamentos reais e autofecundações indesejadas.

a) Cor das flores: avaliada no estádio R1(FEHR; CAVINESS, 1977), podendo ser classificada como branca ou roxa.

b) Cor da pubescência: avaliada em R8 e classificada em cinza ou marrom.

c) Cor das vagens: avaliada em R8 e classificada como bege, marrom ou preta.

d) Cor do tegumento: avaliado em R8 e classificado em amarelo, verde, marrom ou preto.

e) Cor do hilo: as sementes foram classificadas quanto à cor do hilo em cinza, amarelo (creme), amarelo alaranjado, marrom, marrom avermelhado, preto e preto imperfeito.L

Após a avaliação desses caracteres, as autofecundações indesejadas foram eliminadas, e as sementes F_2 foram plantadas no ano seguinte.

3.2 Geração F_2

No do ano agrícola 2013/14 foi avaliada a geração F_2, com os 45 cruzamentos e os dez genitores como testemunhas. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com dez repetições. A parcela experimental compreendeu uma fileira de 2,0 m x 0,5 m, deixando-se um caminho com 1m de largura nas extremidades das parcelas. Os caracteres foram avaliados de maneira semelhante ao que foi anteriormente descrito para a geração F_1, os caracteres com herança qualitativa tiveram por finalidade contribuir como marcadores morfológicos na separação entre cruzamentos e autofecundações, enquanto que os caracteres com herança quantitativa têm por finalidade principal serem usados nas análises estatísticas. Além dos caracteres já descritos, foram avaliados:

a) Número de dias para a maturidade (NDM): compreendeu o período entre a semeadura da soja e o estádio fenológico R_8, quando 95% das vagens da parcela útil alcançaram a coloração típica da cultivar (FEHR; CAVANIESS, 1977).

b) Altura da planta na maturidade (APM): medida em centímetros, compreendendo a distância entre o colo (superfície do solo) e a extremidade da haste principal, quando a parcela atingiu a maturidade (R_8). As medidas foram realizadas em cinco plantas ao acaso na parcela, e a média aritmética destes valores representou a APM da parcela.

c) acamamento (AC): avaliado de acordo com escala de notas visuais, variando de 1 (quando todas as plantas da parcela apresentarem-se eretas) até 5 (todas as plantas acamadas) (SEDIYAMA et al., 1985).

d) Valor agronômico (VA): avaliado em R8 de acordo com escala de notas visuais, variando de 1 (parcela com plantas ruins ou sem características agronômicas) até 5 (parcela com plantas ótimas ou com excelentes características agronômicas); compreende um índice representativo de um conjunto de caracteres, principalmente número de ramificações e de vagens, altura da planta, vigor, acamamento, sintomas fitossanitários.

e) Produtividade de grãos (PG): as plantas da área útil de cada parcela foram colhidas e trilhadas de maneira individual. As sementes obtidas passaram por uma pré-secagem em ambiente de laboratório, com ventilação e à sombra, até a estabilização da umidade em aproximadamente 13%. A seguir foi realizada a pesagem das sementes, sendo os dados obtidos (g planta^{-1}) transformados para kg ha^{-1}.

3.2.1 Análises estatístico-genéticas da geração F_2

Os dados obtidos foram inseridos em planilhas Microsoft Excel 2010 e organizados. Os dados dos caracteres AC e VC foram transformados de acordo com a fórmula $(X+0,5)^{0,5}$ para se obter uma aproximação à curva da distribuição normal.

A análise dos dados foi realizada usando o programa SAS (SAS Institute Inc., 1999) e também o pacote computacional GENES (CRUZ, 2013).

A análise de variância univariada foi realizada de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

na qual:

Y_{ij}: observação na área útil da parcela, do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco;

μ: média geral da população;

t_i: efeito do i-ésimo tratamento (i= 1,2, ..., n);

b_j: efeito do j-ésimo bloco;

ε_{ij}: efeito do erro aleatório.

As médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade para todos os caracteres. E a comparação entre médias de grupos diferentes foi feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para todos os caracteres.

3.2.1.1 Análises da capacidade combinatória

A análise dialélica foi realizada de acordo com o método 2 de Griffing (1956), envolvendo genitores e as médias da geração F_2 em que foram estimadas as capacidades gerais de combinação (CGC) e as capacidades específicas de combinação (CEC) a fim de ser predizer o potencial e a capacidade de combinação dos cruzamentos. A análise de variância do dialelo foi realizada utilizando-se o seguinte modelo matemático:

$$Yij = m + gi + gj + sij + eij$$

em que:

Yij: valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$);

m: média geral;

gi, gj: efeitos da capacidade geral de combinação do i-ésimo e do j-ésimo genitor, respectivamente;

sij: efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem **i** e **j**;

eij: erro experimental

3.2.1.2 Análises dialélica de Hayman (1954)

A aplicação dessa metodologia baseia-se nas seguintes suposições:

1 - Segregação diplóide;

2 - Ausência de efeitos recíprocos entre cruzamentos;

3 - Ação independente de genes não alélicos (ausência de epistasia);

4 - Ausência de alelos múltiplos;

5 - Linhagens genitoras homozigóticas;

6 - Distribuição independente dos genes nos genitores.

Destas, apenas a 4ª e a 6ª suposições poderão apresentar alguns desvios. A primeira suposição é normal da espécie, as suposições de números 2 e 5 provavelmente foram razoavelmente atendidas. Quanto à 3ª suposição que se refere à epistasia, o próprio modelo testa a significância dos desvios e só deve ser aplicado se os mesmos não forem significativos.

A partir da tabela dialélica foram estimadas as variâncias entre genitores (V_g), variância dentro de cada fileira "i" da tabela dialélica (V_i), média das variâncias estimadas dentro das fileiras da tabela dialélica ($\bar{V}$), variância entre as médias das fileiras da tabela dialélica (V_M), covariância entre a diagonal dos genitores e os genótipos da i-ésima fileira da tabela dialélica (W_i), média das covariâncias estimadas entre a diagonal dos genitores e os genótipos da i-ésima fileira da tabela ($\bar{W}$), (LOPES, 2001).

Em seguida foi efetuada a análise gráfica, com base na regressão linear entre os valores de $\widehat{W}_i$ e $\hat{V}_i$, na qual as equações das estimativas de $W_i = a + bV_i$ e $W_i^2 = V_g \cdot V_i$ permitem respectivamente, a construção da reta e da parábola limitante, em que "a" corresponde ao intercepto e "b" ao coeficiente angular.

O teste de suficiência do modelo aditivo-dominante, ou seja, a verificação se os dados de cada variável analisada atenderam às restrições impostas para a utilização do modelo genético de Hayman, foi efetuado conforme indicado por Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), no qual foi testado se o coeficiente angular "b" foi igual a 1,0 (H0: b=1,0 vc H1: b≠1,0), utilizando-se a análise de regressão linear de $\widehat{W}_i$ em função de $\hat{V}_i$ para se obter o valor do quadrado médio do desvio da regressão (QMdesvio) e depois a variância de "b", procedendo-se então a um teste t com n-2 graus de

liberdade. Se o coeficiente angular da reta foi igual a 1,0, houve atendimento das restrições do modelo.

A metodologia de Hayman permite estimar os seguintes componentes de variância genética:

$\widehat{D}$: estimativa do componente de variância devido aos efeitos gênicos aditivos;

$\widehat{H}_1$: estimativa do componente de variância devido aos efeitos de dominância dos genes;

$\widehat{H}_2$: estimativa do componente de variância genética dominante corrigido para a distribuição gênica; indica a assimetria dos efeitos positivos e negativos dos genes; se $\widehat{H}_1$= $\widehat{H}_2$, indicando a simetria entre os genes de efeito positivo e aqueles de efeito negativo;

$\widehat{F}$: estimativa do componente genético correspondente à covariância entre os efeitos aditivos e dominantes dos genes, indicando a frequência relativa dos alelos dominantes e recessivos no conjunto dos genitores; o seu valor será positivo se os alelos dominantes estiverem em maior frequência que os recessivos e, negativo, se os alelos recessivos predominarem.

A partir das estimativas dos componentes genéticos D, H_1, H_2 e F foram então estimados os seguintes parâmetros genéticos, cujas interpretações se referem exclusivamente ao grupo de genitores utilizados no presente estudo:

1 - Grau médio de dominância (gmd), em que:

gmd = 0 (ausência de dominância)

0<gmd<1 (dominância parcial)

gmd = 1 (dominância completa)

gmd > 1 (sobredominância)

2 - Proporção entre genes dominantes (d) e recessivos (r) (d/r), em que:

d/r = 1 (distribuição uniforme, nos genitores, dos genes dominantes e recessivos)

d/r > 1 (maior frequência dos genes dominantes em relação aos recessivos, nos genitores)

d/r < 1 (maior frequência dos genes recessivos em relação aos dominantes, nos genitores)

3 - Produto das frequências médias dos alelos positivos e negativos nos locos em que ocorre dominância (simetria), sendo:

- o valor próximo de 0,25 indicativo de que os alelos com efeitos positivos e os alelos com efeitos negativos estão distribuídos uniformemente nos genitores;

- valores diferentes de 0,25 indicativos de distribuição desuniforme tanto dos alelos que contribuem para aumentar como para diminuir a expressão do caráter.

4 - Herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) (MATHER; JINKS, 1984).

5 - Correlação entre alelos favoráveis e dominância (r); o valor de "r" próximo de 1 indica que os alelos recessivos, em sua maioria, contribuem para aumentar a média do caráter, se próximo de -1, os alelos dominantes é que contribuem para aumentar a média do caráter; e, se próximo de zero, há ausência de dominância direcional.

Observa-se a distribuição de alelos dominantes e recessivos nos genitores, em que os genitores com maior número de alelos dominantes originam cruzamentos com variância (V_i) mínima entre si e também com covariância genitor-progênie (W_i) mínima; por outro lado, genitores com maior número de alelos recessivos originam cruzamentos com elevados valores de V_i e W_i; desta maneira, a soma $W_i + V_i$ é considerada um indicativo de concentração relativa de alelos dominantes e recessivos nos genitores (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Esta informação é obtida pela observação do gráfico construído previamente com base na regressão linear entre os valores de V_i e W_i dada pela equação $W_i = a + bV_i$. A distribuição dos genitores ao longo da reta de regressão indica a sua constituição genética para o caráter. Assim, os genitores com os menores valores de V_i e W_i, ou seja, aqueles situados na parte inferior esquerda do gráfico, apresentam maior proporção de alelos dominantes; em contraste, os genitores com os maiores valores de V_i e W_i, ou seja, aqueles situados na parte superior do gráfico, apresentam maior proporção de alelos recessivos. Genitores em posição intermediária apresentam proporções semelhantes de alelos dominantes e recessivos.

3.2.1.3 Análises dialélica de Gardner e Eberhart (1966)

Esta metodologia caracteriza-se por prover informações detalhadas a respeito do potencial *per se* dos genitores e da heterose manifestada em seus híbridos.

Para a estimação dos efeitos da média (m), das variedades (v_i e v_j) e da heterose ($\bar{h}$, h_i, h_j, s_{ij}), são empregados os seguintes modelos estatísticos:

(1) $Y_{ij} = m + (v_i + v_j)/2 + \bar{\varepsilon}_{ij}$.

(2) $Y_{ij} = m + (v_i + v_j)/2 + \theta\bar{h} + \bar{\varepsilon}_{ij}$.

(3) $Y_{ij} = m + (v_i + v_j)/2 + \theta(\bar{h} + h_i + h_j) + \bar{\varepsilon}_{ij}$.

(4) $Y_{ij} = m + (v_i + v_j)/2 + \theta(\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + \bar{\varepsilon}_{ij}$

nos quais:

Y_{ij}: valor médio observado em um genitor (i = j) ou em uma combinação híbrida (i ≠j);

$\bar{\varepsilon}_{ij}$: erro experimental médio; e

θ = 0. quando i=j, e θ = 1, quando i ≠ j.

Os seguintes comentários a respeito dos modelos apresentados podem ser feitos:

a) No modelo 1, admite-se que não existe heterose nos cruzamentos varietais.

b) No modelo 2, admite-se a existência de heterose, mas que esta é a mesma para todos os cruzamentos varietais.

c) No modelo 3 admite-se que a heterose não é a mesma para todos os cruzamentos varietais, tendo cada variedade um efeito heterótico próprio.

d) No modelo 4 admitem-se as mesmas pressuposições do modelo 3, mas é postulado um efeito adicional, resultante da heterose específica de cada cruzamento.

Por meio desses modelos calculam-se as somas de quadrados dos parâmetros e, por diferença, calcula-se a contribuição de cada um dos efeitos. A análise de variância é realizada a partir das médias de cada tratamento incluído na tabela dialélica.

3.3 Geração $F_{2:3}$

A geração $F_{2:3}$ foi conduzida pelo método da descendência de sementes múltiplas no ano agrícola 2014/15. Para cada cruzamento dialélico foi feita uma mistura equitativa de sementes F_3 colhidas em cada planta F_2. A geração $F_{2:3}$ foi avaliada em dois experimentos em blocos casualizados com quatro repetições cada, contendo os genitores. Essa estratégia tem sido empregada com resultados positivos por alguns autores (ARAÚJO; VELLO, 2010 e VELLO; CARVALHO, 2013) com a finalidade de se estimar o efeito da ferrugem.

Em cada experimento, uma amostra de sementes F_3 de cada cruzamento foi semeada em uma fileira de 2,0 m x 0,5 m, representando a parcela experimental. O espaçamento entre parcelas foi de 1,0 m. Nesta geração, foram avaliados os mesmos caracteres descritos em 3.2 para a geração F_2, acrescidos de:

1) Peso de cem sementes (PCS) – peso em gramas de cem sementes representativas de cada parcela experimental; este caráter representará o tamanho das sementes.

2) Reação à ferrugem asiática – notas variando de 1 (ausência de doença) a 7 (folha com no mínimo 78% de área infectada), baseando-se na escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006) para avaliação da severidade da ferrugem.

3) Efeito ferrugem (EF) - o EF foi estimado para cada genótipo, por meio da diferença (perda) entre as médias de PG e PCS obtidas em dois experimentos vizinhos com manejos distintos de doenças com fungicidas, sendo: a) manejo FAS, com aplicações sucessivas de fungicidas para controle da ferrugem e outras doenças fúngicas, principalmente as doenças de fim de ciclo (DFC); b) manejo DFC, com aplicações de fungicida que controla somente as DFC, exceto a ferrugem. Foram feitas três aplicações de fungicidas em todos os experimentos, na fase reprodutiva das plantas, sendo a primeira aplicação realizada entre os estádios R1 e R2 (FEHR; CAVINESS, 1977), mesmo com a ausência de sintomas da ferrugem no campo. No manejo FAS, os fungicidas utilizados para o controle da ferrugem e das DFC são todos compostos por uma mistura do grupo da estrobirulina e do triazol; o fungicida Opera® (Piraclostrobina 133 g/L e Epoxiconazol, 50 g/L, BASF) foi usado nas duas primeiras aplicações e o fungicida Nativo® (Trifloxistrobina 100 g/L e Tebuconazol 200 g/L, Bayer) na 3ª aplicação, no ano agrícola 2012/13; já no ano

2013/14, o Nativo® foi substituído pelo fungicida Priori Xtra® (Azoxistrobina 200 g/L e Ciproconazol 80 g/L, Syngenta) na 3ª aplicação. Por outro lado, o fungicida do manejo DFC é do grupo do benzimidazol e sempre envolveu aplicações do fungicida Derosal® 500 SC (Carbendazim, 500 g/L , Bayer).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises estatísticas da geração F_2

4.1.1 Análise de variância

A análise de variância do experimento F_2 está apresentada na Tabela 2. Os coeficientes de variação (CV) foram adequados para a natureza do experimento (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992), oscilaram entre 4,60% (NDM) e 28,2%(PG), estando de acordo com o apresentado pela literatura, como por exemplo em CARVALHO (2015).

As fontes de variação genitores (G) e cruzamentos (C), foram significativas pelo teste F, para todos os caracteres avaliados, demonstrando existência de variabilidade entre genitores e cruzamentos. O contraste C *vs.* G apresentou significância para os caracteres NDM, VA e PG, com os cruzamentos apresentando médias superiores aos genitores.

Tabela 2 - Resumo das análises de variâncias para número de dias para a maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos dialélicos na geração F_2. Soja, Piracicaba - SP 2013/114

		Quadrados Médios				
F.V.	Gl	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
Blocos	9	31,6	177,2	0,0301	0,0363	6405798
Genótipos	54	375**	782,7**	0,0257**	0,0458**	8207874**
Cruzamentos(C)	44	235**	707,8**	0,0284**	0,0354**	3571605**
Genitores(G)	9	1054**	1220**	$0,0154^{ns}$	0,0432**	2286533**
C vs G	1	418**	$142,6^{ns}$	$0,000168^{ns}$	0,524**	265495741**
Resíduo	486	27,96	88,9	0,0127	0,0117	782222
Média geral		115	74,2	1,26	2,95	2927
Méd. cruzamentos		114B	73,96A	1,26A	2,97A	3255A
Média genitores		117A	75,3 A	1,26A	2,89B	1454B
C.V %		4,60	12,7	8,99	5,54	28,2

^{ns}: não significativo; * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.
Médias com a mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.1.2 Comparação entre médias

Na avaliação das médias (Tabela 3), houve a formação de cinco grupos (classificados da letra **a** até a letra **e**) para os caracteres NDM, APM e PG; e três grupos (letras **a** até **c**) para os caracteres AC e VA.

Para o caráter NDM, os genitores com menores médias, ou seja, os mais precoces foram: USP 223-4201-09, USP 223-2113-09, CB 07-958-B e TMG 4011 RR, apresentado as médias 107,107, 108 e 110 respectivamente. Estes genitores foram alocados no mesmo grupo, diferindo dos demais, pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. Os cruzamentos com destaque para precocidade foram: USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09 (105 dias), USP 223-2113-09 x CB 07-968-B (107 dias), USP 223-2113-09 x BMX POTENCIA RR (107 dias), CB 07-968-B x BMX POTENCIA RR (108 dias), CD 216 x CB 07-968-B (109 dias), FT 81-2706 x CB 07-968-B (109 dias), CB 07-968-B x TMG 4011 RR (109 dias), USP 223-4201-09 x CB 07-958-B (110 dias), CB 07-958-B x AS 7307 RR (110 dias). Todos os cruzamentos relacionados acima foram classificados no mesmo grupo. O genitor mais tardio foi TMG 4011 RR (140 dias), diferindo estatisticamente de todos os outros, inclusive dos cruzamentos.

Tabela 3 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM), altura da planta na maturidade APM, acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos dialélicos na geração F_2 e genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2013/14

(continua)

Cruzamentos	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
1 x 2	105e	70c	1,39a	1,97b	3008c
1 x 3	115d	68,7c	1,26c	1,97b	3336c
1 x 4	112d	74c	1,30b	1,95b	2890c
1 x 5	117d	70c	1,25c	2,07a	5623a
1 x 6	112e	59e	1,29b	1,81c	3162c
1 x 7	110e	68,9c	1,26c	1,96b	2979c
1 x 8	112d	78,4c	1,25c	1,95b	2422d
1 x 9	111e	74c	1,47a	1,87c	2418d
1 x 10	111e	71,5c	1,25c	1,96b	3344c
2 x 3	117d	72,7c	1,25c	2,02a	3194c
2 x 4	114d	74,5c	1,25c	2,01a	2600c
2 x 5	113d	71c	1,25c	2,00a	4213b
2 x 6	115d	72,7c	1,25c	1,95b	3094c

Tabela 3 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM), altura da planta na maturidade APM, acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos dialélicos na geração F_2 e genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2013/14

(continuação)

Cruzamentos	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
2 x 7	107e	66,5d	1,25c	1,97b	3451c
2 x 8	107e	78,3c	1,25c	1,95b	2763c
2 x 9	116d	90,7a	1,25c	1,93b	2335d
2 x 10	114d	57,2e	1,25c	1,84c	3072c
3 x 4	123b	70c	1,29b	1,99a	3472c
3 x 5	115d	73,1c	1,26c	1,93b	3047c
3 x 6	124b	64d	1,25c	1,91b	3515c
3 x 7	114d	70c	1,30b	2,05a	4772b
3 x 8	121c	91,6a	1,25c	2,02a	3424c
3 x 9	119c	75,6c	1,26c	1,92b	3220c
3 x 10	115d	75,3c	1,26c	1,99a	3115c
4 x 5	122c	73,2c	1,25c	1,93b	3428c
4 x 6	122b	77,3c	1,25c	2,02a	3347c
4 x 7	111e	76c	1,25c	2,12a	3791c
4 x 8	118c	81b	1,25c	2,04a	3429c
4 x 9	119c	79c	1,25c	1,93b	2968c
4 x 10	114d	69,3c	1,25c	1,95b	3456c
5 x 6	127b	71,5c	1,25c	1,94b	3399c
5 x 7	109e	74c	1,26c	2,02ª	4199b
5 x 8	120c	76,5c	1,26c	1,98ª	3333c
5 x 9	116d	84,5b	1,25c	2,00a	3136c
5 x 10	114d	75,7c	1,30b	1,97b	3422c
6 x 7	109e	54,5e	1,40a	1,93b	3580c
6 x 8	115d	77,5c	1,30b	1,97b	2971c
6 x 9	114d	82b	1,25c	1,96b	3466c
6 x 10	112e	52e	1,25c	1,81c	3043c
7 x 8	108e	84b	1,25c	2,01a	2869c
7 x 9	110e	86,5b	1,25c	2,00a	2687c
7 x 10	109e	72,5c	1,25c	2,00a	3508c
8 x 9	114d	82b	1,31b	2,00a	2751c
8 x 10	113d	74c	1,26c	1,93b	2470d
9 x 10	113d	87,5b	1,25c	2,00a	2753c
Genitores					
1) USP 223-4201-09	107e	73,5c	1,30b	1,91b	1137e
2) USP 223 -2113-09	107e	73c	1,25c	1,96b	1184e
3) IAC-17	124b	71,5c	1,26c	1,94b	1627e
4)FT-COMETA	123b	78,5c	1,25c	1,88c	1723e
5) CD 216	140a	94,5a	1,25c	1,79c	2452d

Tabela 3 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM), altura da planta na maturidade APM, acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos dialélicos na geração F_2 e genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2013/14 (conclusão)

Genitores	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
6)FT 81-2706	120c	51e	1,25c	1,77c	823e
7) CB 07-958-B	108e	73,8c	1,30b	1,92b	1317e
8)BMX POTENCIA RR	114d	78c	1,33b	1,94b	1897d
9) AS 7307 RR	114d	85b	1,25c	1,84c	1313e
10) TMG 4011 RR	110e	74c	1,26c	1,92b	1063e

Médias com a mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

A soja é uma cultura muito influenciada pelas condições climáticas, apresentando exigências fotoperiódica e térmica para seu desenvolvimento, sendo possível obter genótipos adaptados a diferentes datas de semeadura e colheita. Com isto, pode-se reduzir os riscos de ocorrência de período prolongado de estresse hídrico durante o florescimento e a granação (enchimento de grãos), bem como da ocorrência de excesso hídrico, próximo à colheita (PELUZIO et al., 2006), tornando o NDM um caráter relevante durante a prática de seleção. Segundo Malek et al. (2014, o NDM está fortemente associado positivamente à produtividade de grãos, sobre a qual desempenha efeitos diretos. Além disso, o uso de genótipos precoces auxilia o produtor a fugir das doenças de fim de ciclo e é visto como uma maneira para se minimizar as perdas com a ferrugem (WYSMIERSKI, 2015). Diante disso, os resultados observados nessa pesquisa para NDM tornam-se muito interessantes, uma vez que a maioria das cultivares cultivadas no Brasil apresentam ciclo variando de 90 a 140 dias.

Em relação ao caráter APM, as médias variaram de 94,5 a 51 cm. O genitor com maior média foi a cultivar TMG 4011 RR com 94,5 cm, que por sua vez não diferiu estatisticamente pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade dos cruzamentos USP 223-2113-09 x AS 7307 RR (90,7 cm) e IAC-17 x BMX POTENCIA RR (91,6 cm).

Para o caráter AC, foram formados três grupos pelo teste de Scott e Knott, incluindo genitores e cruzamentos. As médias variaram de 1,25 a 1,47, sendo que 35 dos 45 cruzamentos apresentaram a média 1,25 para acamamento, as quais se

diferenciaram estatisticamente das demais. Como os genitores usados no dialelo são cultivares e linhagens elites, já passaram em algum momento por uma seleção que certamente teve como objetivo reduzir o acamamento.

No caráter VA, observou-se também a formação de três grupos. No grupo a, composto por 19 cruzamentos, as notas variaram de 2,12 para o cruzamento FT - COMETA x CB 07-958-B a 1,98 para o cruzamento CD 216 x BMX POTÊNCIA RR. Já para o grupo b, composto por 22 cruzamentos e seis genitores, a variação foi de 1,97 para o cruzamento USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09 a 1,91 para o cruzamento IAC-17 x FT 81-2706. O grupo c foi formado apenas pelos cruzamentos USP 223-4201-09 x FT 81-2706, USP 223-4201-09 x AS 7307 RR, USP 223-2113-09 x TMG 4011 RR e FT 81-2706 x TMG 4011 RR e pelos genitores FT-COMETA, CD 216, FT 81-2706e AS 7307 RR.

Avaliações que usem valor agronômico e acamamento podem auxiliar na seleção de plantas que apresentem os melhores caracteres, evitando-se os genótipos com menor potencial produtivo (YOKOMIZO; VELLO, 2003).

No caráter PG, os genitores e cruzamentos foram divididos em cinco grupos, nos quais foi possível observar o maior contraste entre médias dos cruzamentos e dos genitores para todos os caracteres observados, com destaque para o cruzamento USP 223-4201-09 x CD 216, que obteve uma média de 5.623 $kg.ha^{-1}$. Este cruzamento diferiu estatisticamente pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade dos demais e dos genitores, que foram alocados no grupo das menores médias (grupo e), com exceção para os genitores CD 216 e BMX POTENCIA RR, que foram alocados no grupo d. Esse cruzamento mostrou-se com excelente potencial, uma vez que a média nacional no ano agrícola 2014/15 foi de 3.011 kg ha^{-1}(EMBRAPA, 2016).

4.1.3 Análise dialélica

4.1.3.1 Análise de capacidade combinatória

Os resultados das análises para a capacidade de combinação (método 2, modelo B de Griffing 1956) são apresentados na Tabela 4. As estimativas de CGC e CEC foram significativas ($p<0,01$) para os caracteres NDM, APM, VA e PG. Já para o caráter AC, a CGC apresentou significância ao nível de 5% ($p<0,05$) pelo teste F.

A CGC refere-se à performance média da cultivar em combinações híbridas. Valores absolutos altos (positivos ou negativos) para g_i indicam a superioridade ou inferioridade do genótipo em relação às demais linhagens envolvidas nos cruzamentos do dialelo. Já a CEC é usada para designar as combinações híbridas que são melhores ou piores que o esperado com base na performance média das cultivares envolvidas (DARONCH et al., 2014). A CGC está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além dos efeitos epistáticos aditivos x aditivos. Por sua vez, a CEC depende, basicamente, de genes com efeitos dominantes e epistáticos do tipo dominante x dominante (OLIVEIRA, 2011).

Tabela 4 - Quadrados médios para capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) pelo método 2 de Griffing na geração F_2. Dialelo 10 x10. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

FV	GL	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
TRATAMENTO	54	375**	783**	0,0458**	0,0258**	8207874**
C.G.C.	9	1605**	2673**	0,0771**	0,0297*	7463737**
C.E.C.	45	129**	405**	0,0395**	0,0251**	8356701**
RESÍDUO	486	27.96	88,9	0,0117	0,0127	782222
CGC/CGC+CEC		0.926	0,869	0,661	0,543	0,472

É possível inferir que para a expressão da maioria dos caracteres, as ações gênicas aditiva, dominante e provavelmente epistáticas foram importantes, confirmando evidências anteriores de que a análise da capacidade combinatória tem sido usada com sucesso em diferentes estudos relacionados à soja (MAPHOSA et al., 2012, CHO; SCOTT 2000 e GAVIOLI et al., 2008).

A relação entre CGC e CEC foi avaliada com o intuito de detectar para quais caracteres há predominância da CGC em relação à CEC ou vice-versa. Em quatro dos cinco caracteres avaliados, a relação CGC/(CGC+CEC) foi superior a 50%. No geral, detectou-se uma predominância da CGC no controle desses caracteres para esse grupo de genitores. No entanto, a ação gênica não-aditiva foi mais importante na relação CGC/(CGC+CEC) para o caráter PG, resultado este semelhante ao encontrado por Sharma e Phul (1994).

4.1.3.1.1 Capacidade geral de combinação

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação e desvios padrões do dialelo completo 10x10 estão representados na Tabela 5, na qual se. observa que quando a estimativa de g_i de um genitor tem baixo valor absoluto, a sua CGC está em torno da média da CGC de todos os genitores. Porém, estimativas de g_i de alto valor absoluto, indicam que o genitor tem CGC superior ou inferior aos genitores com os quais estão sendo comparados (FREIRE FILHO, 1988).

Tabela 5 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) pelo método 2 de Griffing na geração F_2. Dialelo 10 x 10. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

Genitores	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
1) USP 223-4201-09	-3,72	-2,89	-0,0117	0,0350	-62,1
2) USP 223 -2113-09	-3,31	-1,38	0,00772	-0,0149	-175
3) IAC-17	4,07	-1,02	0,0166	0,0008	179
4)FT-COMETA	3,19	1,26	0,0187	-0,0170	51,97
5) CD 216	5,70	3,53	-0,00487	-0,0135	542
6)FT 81-2706	2,24	-8,64	-0,0527	-0,00206	-81,6
7) CB 07-958-B	-5,10	-1,31	0,0357	0,0104	189
8)BMX POTENCIA RR	-0,543	5,26	0,02078	0,00884	-165
9) AS 7307 RR	-0,277	7,97	-0,0148	0,00291	-320
10) TMG 4011 RR	-2,24	-2,77	-0,0155	-0,0105	-158
DP	0,458	0,816	0,00977	0,00937	76,6

Para o caráter NDM, os valores de g_i negativos indicam os genitores que contribuem para a redução da média do caráter, ou seja, mostram que alguns genitores são responsáveis pela redução do ciclo nesse grupo de 45 cruzamentos. Destacaram-se pela precocidade os genitores USP 223-4201-09, USP 223-2113-09, TMG 4011 RR e, principalmente, CB 07-958-B, contribuindo com redução superior a cinco dias no NDM.

O genitor com maior contribuição para APM foi AS 7307 RR, seguido por BMX POTENCIA RR e CD 216. Já o genitor com destaque na contribuição para redução na altura foi FT 81-2706. Uma concordância entre ciclo e altura ficou evidenciada nos genitores USP 223-4201-09, USP 223 -2113-09, CB 07-958-B e TMG 4011 RR. Estes contribuíram simultaneamente para redução do ciclo e da altura. Por outro lado, não foi observada concordância completa para a contribuição no aumento simultâneo dos dois caracteres, haja visto que o genitor FT 81-2706 contribuiu para

aumentar o ciclo e reduzir a altura. Já os genitores BMX POTENCIA RR e AS 7307 RR, apresentaram situação interessante, visto que apresentaram ao mesmo tempo g_i´s negativos para maturidade (reduzindo o ciclo) e g_i´s positivos para APM. Isso demonstra a possibilidade de se obter progênies de ciclo reduzido e médias altas de APM. A altura da planta é um caráter relevante, pelo fato de se correlacionar com a altura de inserção da primeira vagem e com a produtividade de grãos (SOUSA, 2015). De acordo com a Tabela 3, as APM dos cruzamentos ficaram acima da altura mínima de 60 cm desejável comercialmente, por favorecer a colheita mecanizada e a maior produtividade.

A complexidade do caráter VA, decorre principalmente do fato de envolver avaliação visual que leva em consideração vários caracteres ao mesmo tempo; desse modo, nem todos os genitores que contribuíram para aumentar as médias de VA, contribuíram para aumentar a APM, por exemplo. Na presente pesquisa, quatro dos dez genitores apresentaram estimativas de gi´s positivas e maiores que o desvio padrão. Analisando VA simultaneamente com outras variáveis, é possível verificar os possíveis motivos para esses genitores apresentarem CGC negativas. USP 223-4201-09, apesar de contribuir para redução do ciclo, apresentou médias baixas para altura e produtividade; CD 216 mostrou-se mais tardio; FT 81-2706, AS 7307 RR e TMG 4011 RR apresentaram altura e produtividades baixas.

Para PG, os genitores IAC-17, FT-COMETA, CD 216 e CB 07-958-B apresentaram estimativas de gi altas e positivas, com destaque para o genitor CB 07-958-B, que além de contribuir para o aumento da produtividade, tem contribuição significativa para diminuir o ciclo, representando assim, um genitor com bom potencial para cruzamentos dialélicos que tenham como objetivo aumentar a produtividade e reduzir o ciclo. Ressalta-se que o genitor CD 216 também contribuiu significativamente para o aumento da produtividade, não sendo, nesse quesito, superado por nenhum outro genitor; contudo, também contribuiu para aumentar o ciclo, razão pela qual, recomenda-se usá-lo em cruzamentos com genitores mais precoces para não se obter progênies demasiadamente tardias.

De maneira geral, em respeito ao comportamento dos genitores com relação aos efeitos da CGC, observa-se que os caracteres mostraram ampla variação estimativas de g_i. Dentre os dez genitores avaliados, nenhum reuniu g_i satisfatórios para todos os caracteres. Já o genitor FT 81-2706 apresentou desempenho ruim simultaneamente em todos os caracteres. A maioria dos genitores mostraram

comportamento independentes para os caracteres avaliados, contribuindo para aumentar a média de um caráter e diminuir outro.

4.1.3.1.2 Capacidade específica de combinação

Após a identificação de genitores superiores, com base na CGC, foi verificado as estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC), que compreende o desvio de um híbrido em relação ao que seria esperado com base na CGC de seus genitores. A finalidade principal compreendeu a verificação da possibilidade de se desenvolver, a partir de cruzamentos biparentais, populações híbridas com maior potencial produtivo e ciclo precoce.

O método 2 de Griffing (1956) inclui os híbridos e seus genitores; nesse método, s_{ii} corresponde a CEC do genitor i com ele próprio e os efeitos de s_{ij} corresponde a CEC entre os genitores i e j. Segundo Cruz e Regazzi (1994), os valores de s_{ii} têm importante significado genético, tanto no seu sinal quanto na sua magnitude. O sinal negativo indica a existência de desvios da dominância unidirecional e, consequentemente, a manifestação de heterose positiva nas combinações híbridas de genitores divergentes. A magnitude de s_{ii} é um indicativo da divergência genética do genitor i em relação ao conjunto dos outros genitores. Dessa forma, s_{ii} é usado para indicar os desvios de dominância. Este parâmetro foi negativo quando os desvios foram predominantemente positivos e foram negativos em caso contrário. Assim, quanto menor for o efeito de s_{ii}, em valor absoluto, mais próximo estará a frequência gênica do genitor i da frequência média dos genitores e consequentemente, menor será a sua divergência em relação aos demais (CRUZ; VENCOVSKY, 1989).

Na Tabela 6 é possível observar a existência de variação para todos os caracteres. Constata-se assim que há divergência entre os genitores e que nenhum deles apresentou os maiores ou menores valores absolutos de s_{ii} para todos os caracteres. Os genitores que mais se destacaram foram: CD 216, CB 07-958-B e FT-COMETA para NDM; CD 216, BMX POTENCIA RR e FT 81-2706 para APM; e, CB 07-958-B, FT 81-2706 e USP 223-4201-09 para PG. A proporção de valores s_{ii} positivos foi maior para todos os caracteres, exceto VA e PG.

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC ou s_{ii}) do genitor com ele próprio pelo método 2 de Griffing na geração F_2 do dialelo 10 x 10. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

Genitores	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
1) USP 223-4201-09	-0,283	5,08	-0,0297	-0,019	-1666
2) USP 223 -2113-09	-0.9	1,57	-0,0011	-0,006	-1393
3) IAC-17	1,05	-0,667	0,0031	-0,0485	-1658
4)FT-COMETA	2,0	1,78	0,0031	-0,107	-1309
5) CD 216	13,3	13,2	-0,004	-0,155	-1559
6)FT 81-2706	0,80	-5,91	-0,0268	-0,076	-1942
7) CB 07-958-B	2,98	2,21	0,0196	-0,101	-1988
8)BMX POTENCIA RR	0,066	-6,71	0,0583	-0,058	-701
9) AS 7307 RR	-0,367	-5,13	-0,0367	-0,081	-974
10) TMG 4011 RR	-0,134	5,33	0,0257	0,0002	-1549
DP	1,38	2,46	0,0294	0,028	231

Os efeitos das capacidades específicas de combinação (s_{ij}) estão apresentados na Tabela 7. Para o caráter NDM, os cruzamentos que se destacaram em relação à precocidade são aqueles com estimativas sij negativas, dentre esses os principais foram: USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09; USP 223-4201-09 x FT-COMETA; USP 223-2113-09 x CD 216; USP 223-2113-09 x BMX POTÊNCIA RR; IAC-17 x CD 216; FT-COMETA x CD 216; CD 216 x CB 07-958-B; CD 216 x AS 7307 RR. Os cruzamentos tendo CB 07-958-B ou TMG 4011 RR como um dos genitores, não resultaram em híbridos superiores em relação à precocidade, como esperado de acordo com as CGC desses genitores, evidenciando eles não apresentaram boa complementaridade para NDM.

Com relação ao caráter APM, os cruzamentos com maiores valores positivos de s_{ij} foram: USP 223-2113-09 x FT 81-2706; USP 223-2113-09 x AS 7307 RR; IAC-17 x BMX POTÊNCIA RR. Esse cruzamentos são superiores ao esperado, visto que para a maioria desses cruzamentos, pelo menos um genitor envolvido apresentou uma contribuição negativa para o caráter, como descrito na Tabela 6. Isso demonstra que, apesar de uma contribuição negativa, os referidos genitores apresentaram boa complementaridade para o caráter.

No caráter AC, os cruzamentos que mostraram as melhores estimativas de s_{ij} foram: USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09; USP 223-4201-09 x AS 7307 RR e FT 81-2706 x CB 07-958-B. Os cruzamentos mostraram-se uniformes no AC e somente em alguns poucos casos ocorreram plantas acamadas.

Para o VA, os cruzamentos mais destacados em CEC foram USP 223-4201-09 x CD 216 e FT-COMETA x CB 07-958-B, seguidos pelos cruzamentos FT-COMETA x FT 81-2706 e AS 7307 RR x TMG 4011 RR. O cruzamento USP 223-4201-09 x CD 216 mostrou-se superior ao esperado com base nas CGC negativas dos genitores envolvidos; provavelmente, Isto é devido à boa complementaridade dos genitores para VA.

Na PG, os destaques ficaram por conta dos cruzamentos USP 223-4201-09 x CD 216; IAC-17 x CB 07-958-B; FT 81-2706 x AS 7307 RR; USP 223-2113-09 x CD 216 e USP 223-4201-09 x TMG 4011 RR. Em linhas gerais, esta ordem está condizente com as médias que esses cruzamentos apresentaram para PG, principalmente o cruzamento USP 223-4201-09 x CD 216, com média elevada de 5623Kg ha^{-1}. Esse cruzamento superou as expectativas, visto que a análise de CGC mostrou o genitor USP 223-4201-09 com contribuição negativa para PG; assim sendo, novamente o cruzamento deve ter obtido destaque devido à excelente complementaridade gênica dos genitores.

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) dos 45 cruzamentos do dialelo[1] 10x10, pelo método 2 de Griffing, na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

(continua)

Cruzamentos	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
1 x 2	-2,39	0,075	0,0247	0,110	318
1 x 3	-0,367	-1,59	0,0135	-0,031	292
1 x 4	-2,29	1,43	-0,0114	0,022	-27,2
1 x 5	0,100	-4,83	0,134	-0,053	2216
1 x 6	-1,84	-3,67	-0,074	0,001	378
1 x 7	3,70	-1,10	-0,0163	-0,041	-75,3
1 x 8	1,34	1,83	-0,0126	-0,075	-279
1 x 9	0,175	-5,28	-0,0555	0,181	-128
1 x 10	2,14	2,96	0,0351	-0,055	636
2 x 3	1,63	0,90	0,0474	-0,017	263
2 x 4	-1,20	0,425	0,0331	0,001	-205
2 x 5	-3,81	-5,34	0,0430	-0,003	919
2 x 6	1,45	8,53	0,0390	-0,014	424

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) dos 45 cruzamentos do dialelo[1] 10x10, pelo método 2 de Griffing, na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

(conclusão)

Cruzamentos	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
2 x 7	0,392	-5,008	-0,0226	-0,026	510
2 x 8	-3,87	0,225	-0,0337	-0,025	175
2 x 9	4,47	9,92	-0,0118	-0,019	-96,5
2 x 10	5,13	-12,9	-0,107	-0,006	478
3 x 4	1,13	-4,44	-0,002	0,050	314
3 x 5	-9,58	-3,61	-0,0306	0,017	-601
3 x 6	3,08	-0,542	-0,0079	-0,030	491
3 x 7	0,417	-1,88	0,0423	0,029	1476
3 x 8	2,96	13,2	0,0336	-0,041	482
3 x 9	0,392	-5,55	-0,0311	0,001	434
3 x 10	-1,74	4,88	0,0335	0,014	166
4 x 5	-2,21	-5,78	-0,0328	-0,0005	-93,1
4 x 6	2,15	10,5	0,101	-0,0119	449
4 x 7	-2,11	1,85	0,113	-0,0243	623
4 x 8	0,733	0,283	0,0443	-0,0228	614
4 x 9	1,267	-4,43	-0,0226	-0,0168	308
4 x 10	-1,47	-3,39	-0,0083	-0,0034	634
5 x 6	4,54	2,42	0,0412	-0,0154	11,04
5 x 7	-6,62	-2,42	0,0377	0,0078	541
5 x 8	-0,375	-6,48	0,0143	0,0093	28,4
5 x 9	-4,44	-1,19	0,0662	-0,0204	-13,3
5 x 10	-4,18	0,742	0,038	0,0644	110
6 x 7	-3,06	-9,75	-0,0029	0,140	545
6 x 8	-1,72	6,68	0,0505	0,0336	290
6 x 9	-2,88	8,48	0,0746	-0,0318	940
6 x 10	-3,32	-10,8	-0,0692	-0,0184	355
7 x 8	-0,875	5,85	0,0024	-0,0501	-82,9
7 x 9	0,558	5,64	0,0257	-0,0442	-110
7 x 10	1,625	2,38	0,024	-0,0308	550
8 x 9	0,4	-5,43	0,0398	0,047	309
8 x 10	1,27	-2,69	-0,0226	0,0063	-135
9 x 10	0,8	8,1	0,0769	-0,0233	304
DP	1,38	2,46	0,028	0,029	230

[1]Os genitores utilizados no dialelo completo 10x10 foram 1) USP 233-4201-09; 2) USP 223-2113-09; 3) IAC-17; 4) FT- COMETA; 5) CD 216; 6) FT 81-2706; 7) CB 07-958-B; 8) BMX POTENCIA RR; 9) AS 7307 RR; 10) TMG 4011 RR

4.1.3.1.3 Heterose (metodologia de GARDNER; EBERHART, 1966)

Os percentuais de heterose dos híbridos em relação à média do genitor superior (HGS) e à média dos genitores (HMG) estão apresentados na Tabela 8. Para o caráter NDM, o interessante são heteroses negativas que representam uma diminuição no ciclo, ou seja, maior precocidade. A maioria dos cruzamentos (28 de 45) apresentaram ciclo reduzido em relação à média dos genitores, porém apenas três cruzamentos se destacaram em relação à média do genitor superior em relação à precocidade: USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09; IAC-17 x CD 216 e FT-COMETA x CD 216. É importante salientar que em gerações iniciais é comum os cruzamentos apresentarem médias de NDM maiores que o normal. Isso é devido ao fato de que o ciclo é controlado por poucos genes, sendo que para a maioria, o alelo dominante está relacionado ao atraso no ciclo. Para APM, 37 cruzamentos obtiveram médias inferiores à média do melhor genitor. Apenas o cruzamento IAC-17 x BMX POTÊNCIA RR apresentou HGS positiva e significativa (HGS = 17,4%).

Em alguns caracteres, ocorreram cruzamentos que não superaram a média do melhor genitor, mas superaram a média dos genitores. Provavelmente, isto foi devido à presença de dominância para genes que atuam no sentido de aumento do caráter. Do ponto de vista do melhoramento genético, existe grande interesse em genótipos que superem o genitor superior. Porém, para isto, é necessário que haja complementaridade entre os genitores, ou seja, ambos devem possuir, em diferentes locos, genes com dominância no sentido do aumento do caráter.

A PG é um caráter quantitativo complexo, cujo controle envolve muitos genes. Todos os caracteres exercem alguma influência, em maior ou menor escala sobre a produtividade. No entanto, a heterose ocorreu para todos os caracteres em diferentes magnitudes. No cômputo final, a heterose para PG foi positiva e a mais expressiva entre os caracteres, visto que todos os cruzamentos apresentaram médias superiores à média do melhor genitor (todas as HGS foram significativas) e 20 dos 45 cruzamentos apresentaram HGS acima de 100%, com destaque para os cruzamentos: USP 223-4201-09 x TMG 4011 RR (HGS=194%), IAC-17 x CB 07-958-B (HGS=193%) e FT 81-2706 x TMG 4011 RR (HGS=186%). Provavelmente, isto pode ser explicado pelo somatório de valores positivos de heterose para os diferentes caracteres correlacionados com a produtividade .

Tabela 8 - Percentual de heterose em relação à média dos genitores (HMG) e ao genitor superior (HGS) para os caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10x10 na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

(continua)

Cruzamentos	NDM(dias)		APM(cm)		AC(nota)		VA(nota)		PG(kg ha^{-1})	
	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS
1 x 2	-1,68^{ns}	-1,59^{ns}	-4,44^{ns}	-4,76^{ns}	9,93**	6,91^{ns}	1,92^{ns}	0,58^{ns}	159,2**	154,1**
1 x 3	-0,65^{ns}	7,19**	-5,24^{ns}	-6,53^{ns}	-1,39^{ns}	-2,75^{ns}	2,48^{ns}	1,80^{ns}	141,4**	105,1**
1 x 4	-2,74^{ns}	4,58*	-2,63^{ns}	-5,73^{ns}	2,82^{ns}	0,00^{ns}	2,73^{ns}	1,98^{ns}	102,1**	67,8**
1 x 5	-5,19**	9,15**	-16,67**	-25,93**	-2,83^{ns}	-5,50^{ns}	11,99**	8,38**	213,3**	129,3**
1 x 6	-1,85^{ns}	4,11^{ns}	-5,22^{ns}	-19,73**	2,29^{ns}	-0,52^{ns}	-1,44^{ns}	-5,04*	222,7**	178,0**
1 x 7	2,19^{ns}	2,43^{ns}	-6,45^{ns}	-6,64^{ns}	-2,75^{ns}	-2,75^{ns}	2,29^{ns}	1,98^{ns}	142,7**	126,1*
1 x 8	1,31^{ns}	4,48*	3,50^{ns}	0,51^{ns}	-6,78*	-8,03*	1,34^{ns}	0,67^{ns}	59,6**	27,6^{ns}
1 x 9	0,45^{ns}	3,64^{ns}	-6,62^{ns}	-12,94**	16,96**	13,75**	-0,29^{ns}	-2,08^{ns}	97,3**	84,1**
1 x 10	2,16^{ns}	3,64^{ns}	-3,05^{ns}	-3,38^{ns}	-4,18^{ns}	-5,50^{ns}	2,33^{ns}	2,04^{ns}	204,0**	194**
2 x 3	1,34^{ns}	9,23**	0,62^{ns}	-0,41^{ns}	-1,43^{ns}	-2,82^{ns}	3,86^{ns}	3,18^{ns}	127,3**	96,3**
2 x 4	-1,52^{ns}	5,78**	-1,65^{ns}	-5,10^{ns}	0,00^{ns}	0,00^{ns}	4,67*	2,55^{ns}	78,9**	50,9*
2 x 5	-8,10**	5,68**	-15,22**	-24,87**	0,00^{ns}	0,00^{ns}	6,61**	1,86^{ns}	131,7**	71,8**
2 x 6	1,32^{ns}	7,36**	17,26**	-0,41^{ns}	0,00^{ns}	0,00^{ns}	4,29^{ns}	-0,79^{ns}	208,4**	161,3**
2 x 7	-0,60^{ns}	-0,47^{ns}	-9,40^{ns}	-9,89^{ns}	-2,83^{ns}	-5,50^{ns}	1,61^{ns}	0,58^{ns}	175,9**	162,0**
2 x 8	-3,12^{ns}	-0,19^{ns}	3,71^{ns}	0,38^{ns}	-4,18^{ns}	-8,03*	-0,09^{ns}	-0,74^{ns}	79,3**	45,6*
2 x 9	4,61*	7,83**	14,81**	6,71^{ns}	0,00^{ns}	0,00^{ns}	1,67^{ns}	-1,44^{ns}	87,0**	77,8**
2 x 10	5,20**	6,62**	-22,18**	-22,70**	-1,43^{ns}	-2,82^{ns}	-5,35*	-6,33*	173,5**	159,5**
3 x 4	-0,32^{ns}	0,00^{ns}	-6,67^{ns}	-10,83*	3,77^{ns}	2,30^{ns}	4,03^{ns}	2,59^{ns}	107,3**	101,6**
3 x 5	-12,71**	-7,26**	-11,93**	-22,65**	1,43^{ns}	0,00^{ns}	3,87^{ns}	-0,13^{ns}	49,4**	24,3**
3 x 6	1,76^{ns}	3,41^{ns}	4,49^{ns}	-10,49^{ns}	-1,43^{ns}	-2,82^{ns}	2,96^{ns}	-1,43^{ns}	187,0**	116,1**
3 x 7	-1,38^{ns}	6,13**	-3,65^{ns}	-5,15^{ns}	1,40^{ns}	0,00^{ns}	6,11**	5,73*	224,2**	193,3**

Tabela 8 - Percentual de heterose em relação à média dos genitores (HMG) e ao genitor superior (HGS) para os caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10x10 na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

(continuação)

Cruzamentos	NDM		APM		AC		VA		PG	
	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS
3 x 8	2,02 ns	6,59**	22,54**	17,44**	-5,49 ns	-8,03*	4,51*	4,51 ns	94,3**	80,4**
3 x 9	0,04 ns	4,48*	-3,39 ns	-11,06*	1,43 ns	0,00 ns	1,81 ns	-0,67 ns	119,0**	97,9**
3 x 10	-1,88 ns	4,26*	3,51 ns	1,76 ns	0,00 ns	0,00 ns	3,02 ns	2,63 ns	131,6**	91,5**
4 x 5	-7,50**	-1,38 ns	-15,38 ns	-22,54**	0,00 ns	0,00 ns	5,39*	2,72 ns	64,2**	39,8*
4 x 6	0,62 ns	1,92 ns	19,38 ns	-1,53 ns	0,00 ns	0,00 ns	10,56**	7,29**	163,0**	94,3**
4 x 7	-3,99*	2,97 ns	-0,20 ns	-3,18 ns	-2,83 ns	-5,50 ns	11,45**	10,30**	149,4**	120,1**
4 x 8	-0,25 ns	3,87 ns	3,51 ns	3,18 ns	-4,18 ns	-8,03*	6,65**	5,18*	89,4**	80,7**
4 x 9	0,38 ns	4,48*	-3,36 ns	-7,06 ns	0,00 ns	0,00 ns	3,85 ns	2,73 ns	95,5**	72,3**
4 x 10	-2,06 ns	3,72 ns	-9,11 ns	-11,72*	-1,43 ns	-2,82 ns	2,39 ns	1,36 ns	148,1**	100,6**
5 x 6	-1,93 ns	6,00**	-1,72 ns	-24,34**	0,00 ns	0,00 ns	8,83**	8,34**	107,6**	38,6*
5 x 7	-11,94**	1,12 ns	-12,06 ns	-21,69**	-0,01 ns	-2,75 ns	8,98**	5,14*	122,8**	71,3**
5 x 8	-5,57**	5,10*	-11,30 ns	-19,05**	-1,39 ns	-5,35 ns	6,51**	2,41 ns	53,3**	35,9*
5 x 9	-8,60**	1,67 ns	-5,85 ns	-10,58*	0,00 ns	0,00 ns	10,18**	8,54**	66,6**	27,9ns
5 x 10	-8,61**	3,54 ns	-10,15 ns	-19,89**	4,31 ns	2,83 ns	6,25**	2,54 ns	94,7**	39,6*
6 x 7	-4,35*	1,21 ns	-12,66 ns	-26,15**	1,39ns	0,833 ns	4,66*	0,54 ns	234,6**	171,8**
6 x 8	-1,84 ns	0,88 ns	20,16 ns	-0,64 ns	1,40 ns	-2,67 ns	6,34**	1,81 ns	118,5**	56,6**
6 x 9	-2,65 ns	0,00 ns	20,59 ns	-3,53 ns	0,00 ns	0,00 ns	8,48**	6,39*	224,5**	163,9**
6 x 10	-3,17 ns	1,18 ns	-16,80 ns	-29,73**	-1,43 ns	-2,82 ns	-1,69 ns	-5,53*	222,8**	186,4**
7 x 8	-2,17 ns	0,65 ns	10,67 ns	7,69 ns	-6,78*	-8,03*	4,26*	3,89 ns	78,5**	51,2*
7 x 9	-0,68 ns	2,23 ns	8,94 ns	1,76 ns	-2,83 ns	-5,50 ns	6,22**	4,00 ns	104,3**	104,0**
7 x 10	0,18 ns	1,39 ns	-1,89 ns	-2,03 ns	-4,18 ns	-5,50 ns	3,90 ns	3,87 ns	194,8**	166,3**

Tabela 8 - Percentual de heterose em relação à média dos genitores[1] (HMG) e ao genitor superior (HGS) para os caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura na planta da maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10x10 na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

(conclusão)

Cruzamentos	NDM		APM		AC		VA		PG	
	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS	HMG	HGS
8 x 9	0,48 ns	0,53 ns	0,61 ns	-3,53 ns	2,84 ns	-1,29 ns	5,79**	3,21 ns	71,4**	45,0*
8 x 10	1,16 ns	2,81 ns	-2,63 ns	-5,13 ns	-2,75 ns	-5,35 ns	0,34 ns	-0,05 ns	66,9**	30,2ns
9 x 10	0,94 ns	2,63 ns	10,06 ns	2,94 ns	-1,43 ns	-2,82 ns	6,25**	4,05 ns	131,8**	109,6**

*,**,ns; significativo a 5%, a 1% e não-significativo, respectivamente, pelo teste t.

[1]Os genitores utilizados no dialelo completo 10x10 foram 1) USP 233-4201-09; 2) USP 223-2113-09; 3) IAC-17; 4) FT- COMETA; 5) CD 216; 6) FT 81-2706; 7) CB 07-958-B; 8) BMX POTENCIA RR; 9) AS 7307 RR; 10) TMG 4011 RR

A significância do efeito de variedades (Tabela 9) para todos os caracteres indica que os genitores não constituem um grupo homogêneo (VENCOVSKY, 1970). Isto possibilita a exploração da heterose nos genitores.

Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância para os caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10 x 10 da geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

F.V.	G.L.	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
TRAT.	54	375**	782**	0,0258**	0,0458**	8207873**
Variedades	9	1605**	2673**	0,0297*	0,0771**	7463736**
Heterose	45	129**	404**	0,0251**	0,0395**	8356700**
H. Média	1	418**	142^{ns}	$0,000184^{ns}$	0,523**	265495743**
H. Variedade	9	263**	559**	$0,0125^{ns}$	0,0365**	2414909**
H. Específica	35	86,4**	372**	0,289**	0,0265**	2537760**
Resíduo	486	27,9	88,9	0,0127	0,0117	782221**
Média geral		114,8	74,2	1,25	1,95	2927
CV %		4,60	12,7	8,98	5,54	30,2

O efeito de heterose significativo confirma a presença da heterose nos cruzamentos envolvidos no dialelo. Este efeito foi desdobrado em seus componentes (heterose média = $\bar{h}$, heterose de variedades = h_i e heterose específica = s_{ij}) (Tabela 9). O $\bar{h}$ é a heterose média de todos os cruzamentos do dialelo e a sua significância, que ocorreu para os caracteres NDM, VA e PG, indica que $\bar{h}$ > 0, com presença de dominância, havendo diferenças nas frequências gênicas entre genitores, em pelo menos parte dos locos com dominância, indicando serem divergentes nestes locos. O h_i é a heterose atribuída a um genitor i, manifestada nos cruzamentos em que o mesmo está envolvido, sendo um desvio a partir da heterose média. A sua significância depende do valor da frequência gênica média e da dispersão destas frequências em torno da média (GARDER; EBERHART, 1966). A estimativa de h_i foi não significativa apenas para AC. Os valores mais expressivos de h_i (Tabela 10) para o caráter PG foram obtidos pelos genitores CB 07-958-B, USP 223-4201-09 e IAC-17. É importante ressaltar que os genitores CB 07-958-B e IAC-17 apresentaram as maiores estimativas de CGC

(Tabela 5), evidenciando assim, o acúmulo de alelos favoráveis, fato este refletido na heterose *per se*.

Tabela 10 - Estimativas da heterose de variedade (h_i) para os caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10 x 10 na geração F_2. Soja, Piracicaba-sP, 2013/14

Genitores	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PG ($kg.ha^{-1}$)
1) USP 223-4201-09	1,60	-3,0	0,0231	-0,0349	144
2) USP 223 -2113-09	2,06	-0,365	0,00170	-0,0445	-60,8
3) IAC-17	0,60	1,31	-0,00144	-0,0119	138
4)FT-COMETA	-0,112	-0,527	-0,00144	0,0315	-124
5) CD 216	-8,57	-9,12	0,00383	0,0676	64,1
6)FT 81-2706	0,787	5,24	0,0210	0,00799	351
7) CB 07-958-B	-0,85	-0,852	-0,0138	0,0271	386
8)BMX POTENCIA RR	1,33	5,84	-0,0428	-0,00562	-580
9) AS 7307 RR	1,66	4,66	0,0284	0,0117	-375
10) TMG 4011 RR	1,49	-3,19	-0,0184	-0,0489	56,6
s^2	0,943	3,0	0,00043	0,000395	26399

A significância da heterose específica depende do valor das frequências gênicas médias dos genitores envolvidos no cruzamento e da complementação de frequências gênicas entre eles. Em casos de não significância, a recíproca não pode ser considerada verdadeira (GARDNER; EBERHART, 1966).

Em espécies de autofecundação como a soja, o conhecimento da heterose, que é de grande importância para fins de obtenção de sementes híbridas, também pode ser útil na obtenção de linhagens homozigóticas, se houver contribuição significativa da interação epistática aditiva x aditiva (PIMENTEL, 1991). Além disso, o conhecimento da sua magnitude pode auxiliar o melhorista na escolha do método de seleção e na identificação do efeito gênico predominante nas combinações avaliadas (FREIRE FILHO; VELLO, 1989). Os níveis expressivos de heterose encontrados para produtividade podem justificar no futuro o uso de híbridos comerciais.

4.1.3.1.4 Análise dialélica de Hayman

As restrições impostas na utilização do método de Hayman (1954) foram avaliadas por testes de suficiência do modelo aditivo-dominante, com base na heterogeneidade de $\widehat{W}_i - \widehat{V}_i$. Na aplicação dos testes na avaliação da adequação dos dados ao modelo aditivo-dominante (Tabela 11), para todos os caracteres, exceto acamamento, os testes de b=1 para os coeficientes de regressão foram não significativos, evidenciando a adequação às restrições impostas e a viabilidade de utilização do modelo aditivo-dominante.

Tabela 11 - Teste do modelo (b=1) referentes aos caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10 x 10 na geração F2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

Teste	NDM	APM	AC	VA	PG
b	0,951	0,732	0,135	0,577	0,411
s_b	0,0197	0,0288	0,219	0,0437	0,0268
teste t (b=1)	$-0{,}220_{ns}$	$0{,}687_{ns}$	2,78*	$1{,}21_{ns}$	$2{,}26^{ns}$

*, Significativo pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade;
ns: não significativo pelo teste t.

As estimativas dos componentes de variância (Tabela 12) indicaram que os efeitos aditivos (D) foram significativos para todos os caracteres, exceto para VA, indicando que os genitores apresentam variabilidade genética, esta por sua vez, pode ser aproveitada na seleção de progênies derivadas dos cruzamentos entre eles. Resultados similares foram obtidos por Lopes (2001) e Oliveira (2011). Para as estimativas dos componentes de variância correspondentes aos efeitos de dominância (H_1 e H_2), os efeitos foram significativos para todos os caracteres (para H_1), o que evidencia a existência também da ação gênica dominante. A estimativa de F, que equivale à frequência relativa dos alelos dominantes e recessivos nos genitores, foi positiva e significativa para todos os caracteres, exceto VA. Isso é interpretado como resultado da predominância de alelos dominantes na determinação genética da maioria destes caracteres.

Tabela 12. Estimativas de componentes de variância aditiva (D) e dominante (H_1 e H_2), distribuição (F) das frequências alélicas nos genitores, grau médio de dominância (gmd), proporção de alelos dominantes e recessivos (d/r), simetria (µv), coeficiente de determinação genotípica no sentido amplo e restrito, correlação entre alelos favoráveis e dominância (r) referente aos caracteres número de dias para maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), valor agronômico (VA) e produtividade de grãos (PG) do dialelo 10 x 10 na geração F2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

Parâmetros	NDM	APM	VA	PG
D	102**	113**	$0,003158^{ns}$	150431*
H1	53,9*	156**	0,0106**	2075429**
H2	$31,4^{ns}$	111^{ns}	$0,00828^{ns}$	1918691**
F	78,9	69,9	0,00314	43871
gmd	0,725	1,17	1,83	3,71
Simetria (µv)	0,145	0,177	0,194	0,231
d/r	3,25	1,71	1,74	1,08
r	0,799	-0,522	-0,762	-0,507
h^2_r	0,685	0,546	0,268	0,191
h^2_a	0,917	0,889	0,735	0,886

*, **; Significativo pelo teste t, ao nível de 5% e 1% de probabilidade;
ns: não significativo pelo teste t.

Em relação aos parâmetros genéticos, a análise do grau médio de dominância (gmd) apresentou dominância parcial (0<gmd<1) para o caráter NDM, evidenciando ação aditiva superior à dominante. Essa predominância de efeitos gênicos aditivos facilita a busca por genótipos geneticamente superiores (MATHER;JINKS, 1984), no caso, mais precoces. O caráter APM mostrou dominância completa (gmd=1) e os caracteres VA e PG, sobredominância (gmd>1). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira (2011). A simetria, ou seja, o produto das frequências médias dos alelos de efeitos positivo e negativo nos locos com dominância, foi de aproximadamente 0,25 apenas para PG (µv = 0,231); os demais caracteres apresentaram distribuição assimétrica e desuniforme, tanto dos genes que contribuem para aumentar como daqueles que diminuem a expressão do caráter. As estimativas de herdabilidade no sentido restrito (h^2_r) apresentaram valores variando de moderados a baixos, evidenciando a herança quantitativa desse caracteres, envolvendo um elevado número de genes.

Os gráficos das análises de regressão linear de $\widehat{W}_i$ em função de $\widehat{V}_i$ estão apresentadas nas Figuras de 1 a 4.; além disso, essas figuras permitem analisar a proporção d/r por meio da distribuição dos genitores ao longo da reta de regressão para cada caráter, possibilitando ordenar os genitores em ordem decrescente de

dominância. Esta distribuição está baseada no principio de que os genitores com maior número de genes dominantes produzirão progênies com mínima variância entre si (V_r, V_s) e mínima covariância genitor-progênie (W_r, W_s). Assim, quanto mais próxima a localização à origem da reta (O) no gráfico de regressão linear de $\widehat{W}_i$ em função de $\hat{V}_i$, maior a concentração de alelos dominantes.

Para o caráter NDM (Figura 1), os genitores com maior concentração de genes recessivos foram 5) CD 216 e 6) FT 81-2706 por situarem na extremidade superior direita do gráfico; já os genitores 10) TMG 4011 RR e 7) CB 07-958-B destacaram-se por estarem próximos à extremidade inferior esquerda do gráfico e, portanto, possuírem mais genes dominantes. O fato de que os genitores mais tardios (maiores médias de NDM) terem sido aqueles mais distantes da origem da reta no gráfico, indica que os genes recessivos, em sua maioria, têm como efeito o acréscimo na expressão do caráter NDM, conforme também foi demonstrado por Lopes (2011). Isto também pode ser comprovado pela correlação positiva entre alelos favoráveis e dominância (r = 0,799) (Tabela 12).

No caráter APM (Figura 2), a análise gráfica mostrou que os genitores com maior concentração de genes recessivos foram FT 81-2706 (6) e TMG 4011 RR (10) por se situarem na extremidade superior direita do gráfico; já os genitores FT-COMET (4) e MX POTÊNCIA RR (8) foram alocados próximo à extremidade inferior esquerda do gráfico e, portanto, possuem mais genes dominantes. A correlação entre genes favoráveis e dominância (r) foi de -0,522, mostrando que genes dominantes têm como efeito o acréscimo na expressão média do caráter APM.

No caráter VA (Figura 3), pela análise gráfica, não foi possível classificar os genitores pela ordem decrescente de dominância devido ao fato dos valores de $\widehat{W}_i$ + $\hat{V}_i$ serem pequenos e próximos. No entanto, em valor absoluto, observou-se que os genitores com maior concentração de genes dominantes foram BMX POTÊNCIA RR (8) e USP 223-2113-09 (2). A correlação (r = - 0,762) entre genes favoráveis e dominância indicou que genes dominantes têm como efeito favorável o acréscimo na expressão média do caráter VA.

Quanto ao caráter PG (Figura 4), a classificação dos genitores pela ordem decrescente de dominância foi a seguinte: BMX POTÊNCIA RR (8), FT-COMETA (4), AS 7307 RR (9), IAC-17 (3), CD 216 (5), TMG 4011 RR (10), USP 223-2113-09 (2), FT 81-2706 (6), CB 07-958-B (7) e USP 223-4201-09 (1). Os genitores BMX

POTÊNCIA RR (8), FT-COMETA (4) e AS 7307 RR (9) situaram-se na extremidade inferior esquerda do gráfico, demonstrando possuírem mais genes dominantes, enquanto que os genitores IAC-17 (3), CD 216 (5), TMG 4011 RR (10), USP 223-2113-09 (2) e FT 81-2706 (6) situaram-se em posição intermediária, apresentando genes dominantes e recessivos em proporções semelhantes. Já CB 07-958-B (7) e USP 223-4201-09 (1) situaram-se na extremidade superior direita, demonstrando apresentar mais genes recessivos. A correlação entre alelos favoráveis e dominância (r = - 0,507) indicou tendência de genes dominantes contribuírem para aumentar a PG; valores negativos de r para o caráter PG também foram observados por Oliveira (2011).

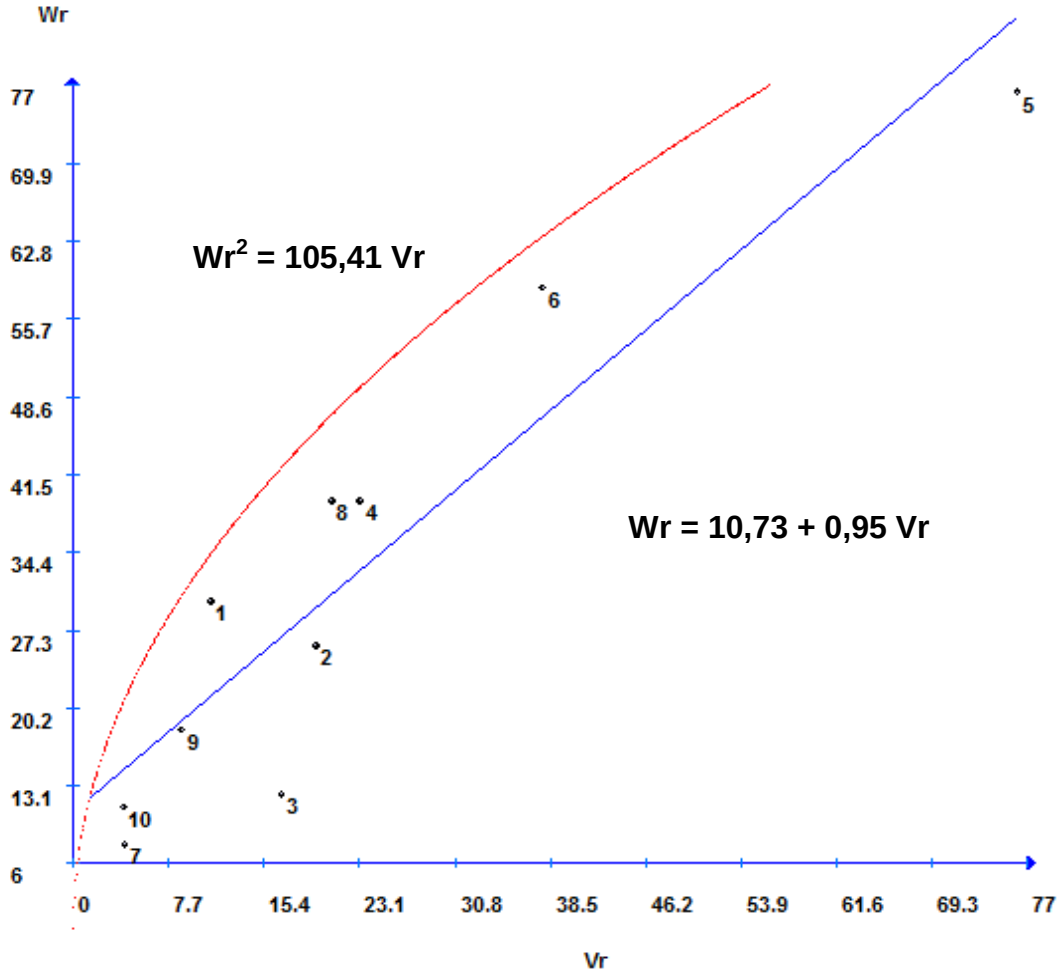

Figura 1 - Regressão de W_i em função de V_i para o caráter número de dias para maturidade (NDM) pela análise de Hayman do dialelo 10 x 10 com 45 cruzamentos na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

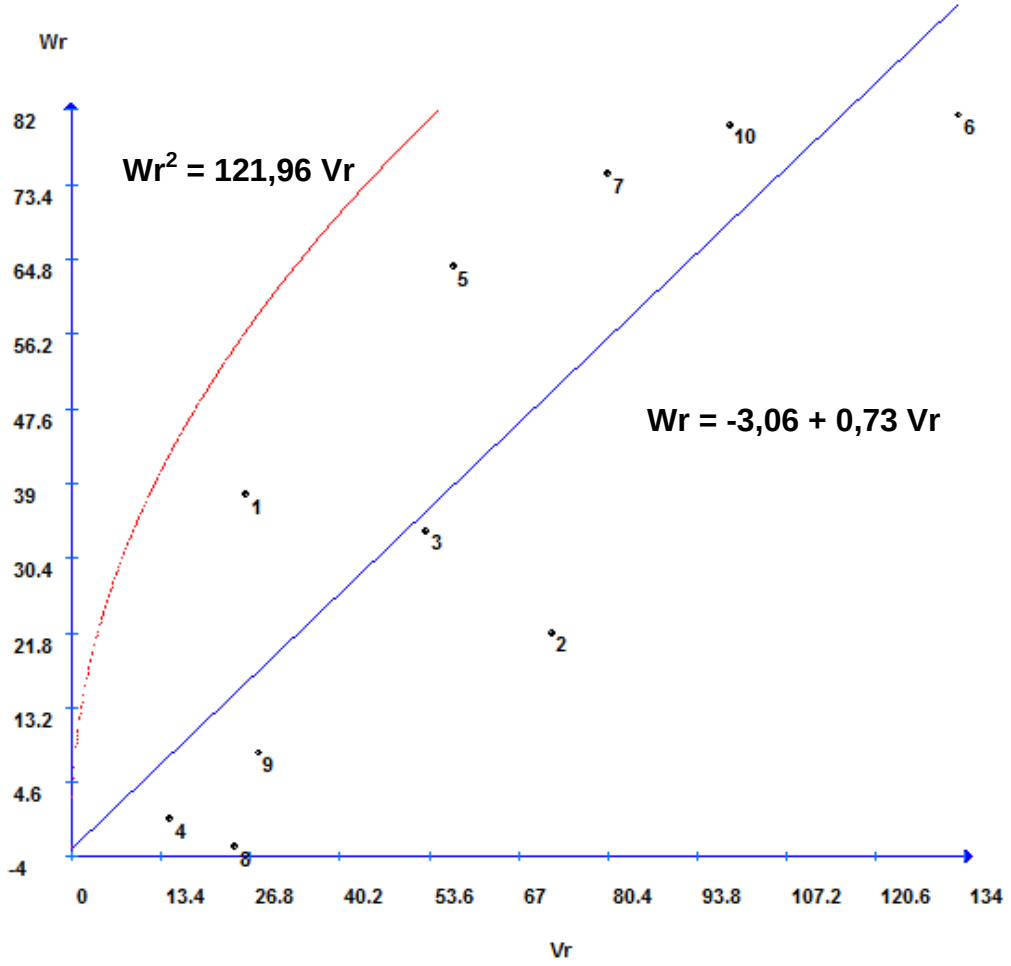

Figura 2. Regressão de W_i em função de V_i para o caráter altura da planta na maturidade (APM) pela análise de Hayman do dialelo 10 x 10 com 45 cruzamentos na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

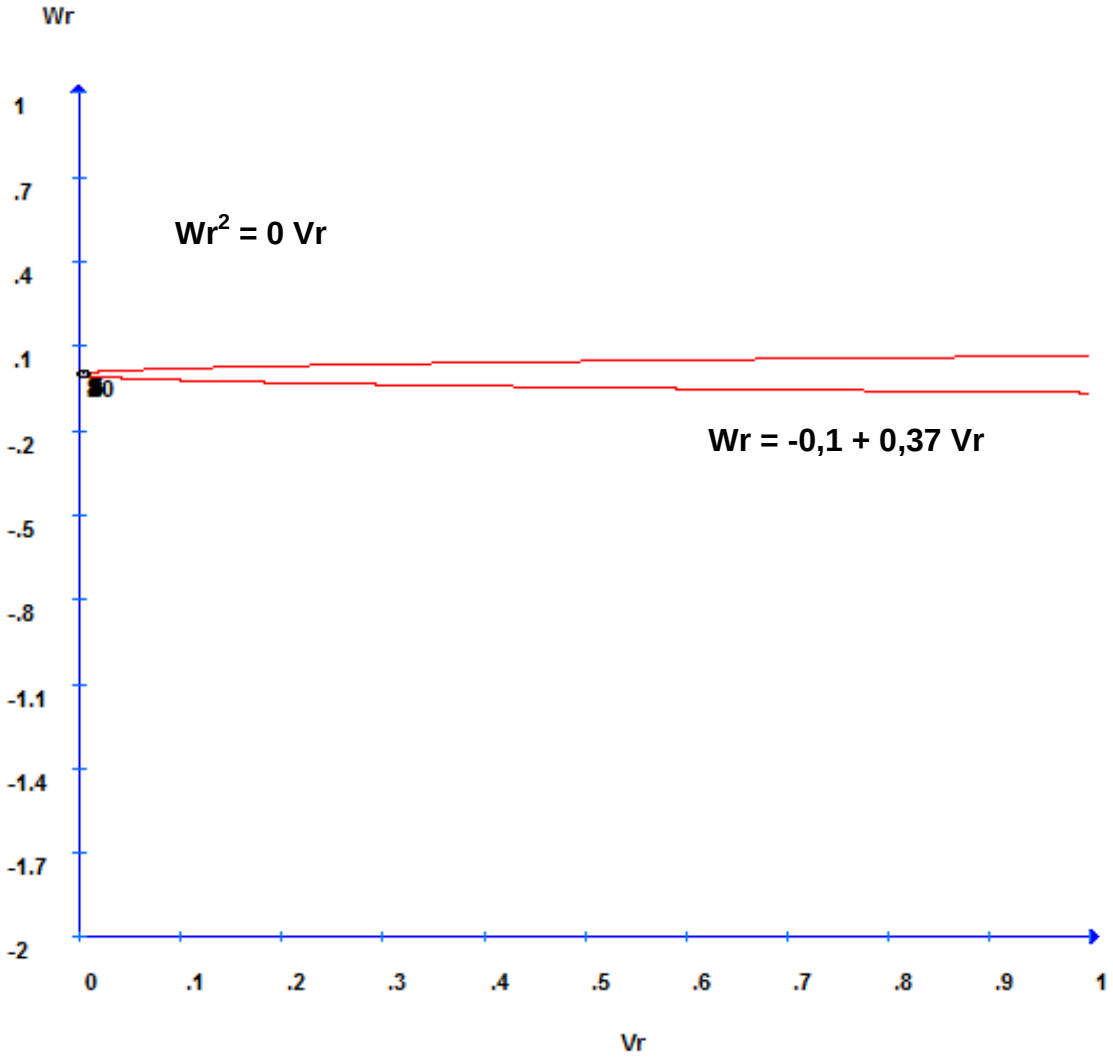

Figura 3. Regressão de W_i em função de V_i para o caráter valor agronômico (VA) pela análise de Hayman do dialelo 10 x 10 com 45 cruzamentos na geração F_2. Soja, Piracicaba-SP, 2013/14

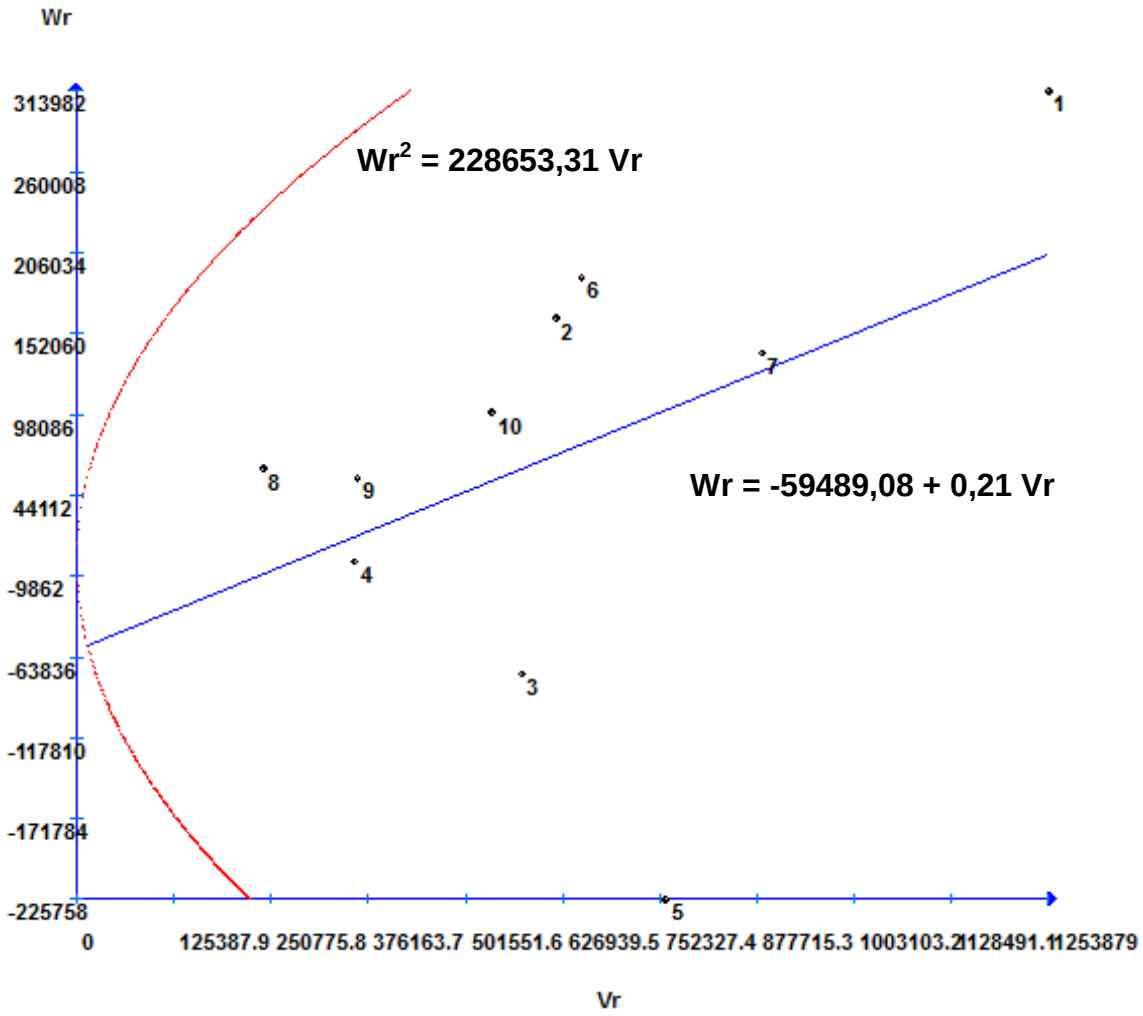

Figura 4. Regressão de W_i em função de V_i para o caráter produtividade de grãos (VA) pela análise de Hayman do dialelo 10 x 10 com 45 cruzamentos F_2. Piracicaba-SP, 2013/14

4.1.3.2 Análises estatísticas da geração $F_{2:3}$ (ano agrícola 2014/15)

As análises individuais dos dois experimentos (manejo FAS, com fungicidas para controle da ferrugem e outras DFC ; e manejo DFC, com fungicida que controla as DFC, exceto a ferrugem) estão apresentadas nas Tabelas 13 a 15. Para ambos os casos foi observada boa precisão experimental em todos os caracteres, sendo os menores CV´s observados para o caráter NDM (2,24% no manejo FAS e 2,04% no manejo DFC), enquanto que os maiores CV´s ocorreram no caráter PG (29,9% FAS e 26,98 DFC). Valores de CV´s próximos de 30% para PG em soja, em ambientes semelhantes aos usados nestas pesquisas, têm sido apresentados na literatura (MARQUES, 2014; CARVALHO, 2015).

Na análise das notas de ferrugem, foi observado maior CV para NF1 (24%), fato que pode ser explicado pelo fato da severidade da ferrugem ter sido avaliada na fase inicial do florescimento (NF1), momento em que a avaliação é dificultada pelo número e tamanho ainda pequenos das lesões de ferrugem. Também depende da dispersão natural do inóculo, que varia conforme as condições ambientais prevalentes em cada ano agrícola e local (WYSMIERSKI, 2015). Conforme as lesões aumentam em número e tamanho, por conta das plantas infectadas do próprio experimento servirem de fonte de inóculo (TWIZEYIMANA et al., 2011), as avaliações da severidade da ferrugem em fases mais avançadas do cultivo (NF2 e NF3) têm tendência de levar à maior precisão experimental e, consequentemente, apresentar CV´s menores.

No experimento com controle da ferrugem (manejo FAS) (Tabela 13), foram detectadas diferenças significativas entre cruzamentos para todos os caracteres avaliados; já para os genitores, somente o caráter AC não apresentou diferença significativa. Estes resultados são condizentes com a história dos genitores do dialelo, uma vez que eles compreendem cultivares e linhagens elites, as quais já sofreram vários ciclos de seleção contra o acamamento. O contraste entre cruzamentos e genitores não foi significativo apenas para os caracteres VA e PG.

Tabela 13 - Resumo das análises de para os caracteres número de dias para a maturidade (NDM), altura de planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) , peso de cem sementes (PCS) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos (C) e dez genitores (G) do dialelo 10 x 10, com controle da ferrugem (manejo FAS com fungicidas). Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

		Quadrados Médios					
Fv	Gl	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PCS (g)	PG ($kg.ha^{-1}$)
BLOCOS	3	11,2	66,6	0,00828	0,0140	1,062	81927
Genótipos	54	112**	897**	0,0256**	0,0136**	3,976**	122244**
Cruz. (C)	44	92,5**	861**	0,0291**	0,0119**	4,022**	103097**
Gen. (G)	9	211**	1024**	$0,00564^{ns}$	0,0232**	3,503**	218007**
C *vs* G	1	58,4**	1344**	0,0513*	$0,00394^{ns}$	6,173*	102831^{ns}
RESÍDUO	162	8,17	178	0,0122	0,00585	1,029	45133
Méd. geral		128	77,4	1,27	2,037	14,97	2247
Med.Cruz.		128 A	78,6 A	1,28 A	2,038 A	15,1 A	2280 A
Med. Gen.		126 B	72,2 B	1,24 B	2,035A	14,6 B	2102 B
C.V %		2,24	17,2	8,67	3,75	6,78	29,9

^{ns}: não significativo; * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.
Médias com a mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No manejo DFC, sem controle da ferrugem (Tabelas 14 e 15), foram detectadas diferenças significativas entre cruzamentos para todos os caracteres, exceto para NF1 e NF3. Para os genitores, apenas AC apresentou diferenças não significativas. O contraste entre cruzamentos e genitores foi significativo para NDM, APM e PCS, com as médias dos cruzamentos mostrando-se sempre melhores em relação aos genitores, evidenciando o potencial de melhoramento dos mesmos para esses caracteres.

A Tabela 15 mostra as análises individuais das notas de severidade da ferrugem. A NF1 foi avaliada no início da granação, fase em que a a severidade da doença ainda estava muito baixa, afetando apenas uma pequena parte do experimento, sendo que 157 parcelas apresentaram nota 1, 15 apresentaram nota 2 e as 48 restantes, se quer apresentaram sintomas, recebendo nota zero. Desta maneira, devido a distribuição irregular da ferrugem e à menor precisão experimental, foi possível verificar diferenças significativas apenas entre os genitores. A NF2, avaliada dez dias após a NF1, mostrou um nota média geral maior que a NF1, e só não mostrou diferença significativa para o contraste, mostrando que a ferrugem estava presente na área mas mostrava severidade semelhante nos cruzamentos e nos genitores avaliados.

Tabela 14 - Resumo das análises para os caracteres número de dias para a maturidade (NDM), altura de planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA) , peso de cem sementes (PCS) e produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos (C) e dez genitores (G) do dialelo 10 x 10, sem controle da ferrugem (manejo DFC com fungicida). Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

		Quadrados Médios					
Fv	Gl	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PCS (g)	PG ($kg.ha^{-1}$)
BLOCOS	3	1,87	285	0,0462	0,0675	2,66	50934
Genótipos.	54	105**	814**	0,102**	0,1761**	3,50**	970058**
Cruz. (C)	44	72,2**	743**	0,118**	0,1467*	3,38**	637361**
Genit. (G)	9	274**	1003**	$0,0316^{ns}$	0,3261**	3,66**	2647708**
C *vs* G	1	33,09*	2220**	$0,0542^{ns}$	$0,1236^{ns}$	7,33**	509849^{ns}
RESÍDUO	162	6,52	195	0,0542	0,0932	0,883	246877
Méd. geral		126	80,4	1,24	2,04	13,76	1842
Méd.cruz.		126A	81,9ª	1,25A	2,05A	13,85A	1864ª
Méd. Genit.		125B	73,6B	1,23A	2,03A	13,37B	1740ª
C.V %		2,03	17,4	5,92	4,72	6,83	26,98

^{ns}: não significativo; * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.
Médias com a mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 15 - Resumo das análises de variância para notas de ferrugem (NF1, NF2 e NF3) dos 45 cruzamentos (C) e dez genitores (G), no experimento sem controle da ferrugem (manejo DFC com fungicida). Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

		QM		
Fv	Gl	NF1	NF2	NF3
BLOCOS	3	0,102	1,63	0,426
Genótipos	54	0,894ns	0,171**	0,102*
Cruzamentos (C)	44	0,515ns	0,151**	0,0775ns
Genitores (G)	9	0,284**	0,289**	0,228**
C *vs* G	1	0,0028ns	0,0001ns	0,0450ns
RESÍDUO	162	0,0759	0,0561	0,0643
Média geral		1,14	1,48	1,68
Média genótipos		1,14 A	1,48 A	1,68 A
Méd. Genitores		1,13 A	1,48 A	1,65 A
C.V %		24,0	15,9	15,1

^{ns}: não significativo; * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.
Médias com a mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A NF3 foi avaliada dez dias após a NF2 e apresentou nota média maior que a NF2. Contudo, ao contrário do esperado, não foram detectadas diferenças significativas entre cruzamentos e o contraste entre genitores e cruzamentos também não foi significativo. Isto pode ser explicado pelo fato da incidência de ferrugem ter sido tardia, sendo a primeira avaliação de severidade feita quando as vagens já estavam chegando quase em maturidade fisiológica. Assim, na época da terceira avaliação muitos dos genótipos já haviam perdido a maior parte das folhas. A impossibilidade de realizar uma avaliação adequada em NF3 pode explicar o fato do contraste não ter sido significativo e também de não ser possível verificar significância entre as médias dos cruzamentos, embora tenha ocorrido em NF2. É provável que a ocorrência tardia da doença tenha sido por conta das condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo. De acordo com as notas de ferrugem, todos os cruzamentos avaliados podem ser classificados como moderadamente resistentes.

A Tabela 16 mostra as análises de variância conjuntas para os caracteres, exceto NF1, NF2 e NF3, que só foram avaliados nos experimentos com manejo DFC e, por isso, não foram incluídos nesta análise. Os coeficientes de variação oscilaram de 2,14 (NDM) a 18,9 (PG), mostrando boa precisão experimental. A fonte de variação entre fungicidas foi significativa para os caracteres PCS e PG, os dois caracteres que se espera serem os mais influenciados pela ocorrência da ferrugem. A média de PG no manejo FAS, que controla a ocorrência da ferrugem (2247 $kg.ha^{-1}$) foi superior à média no manejo DFC (1842 $kg.ha^{-1}$), demonstrando que a presença da ferrugem, na média, afetou negativamente a produtividade de grãos dos genótipos. Fato semelhante pode ser observado para o caráter PCS, o qual indicou que o tamanho das sementes foi maior no experimento com controle da ferrugem (manejo FAS, 14,97 g) do que no experimento sem controle da ferrugem (manejo DFC, 13,76 g). Para o caráter NDM, era esperado que a presença da ferrugem reduzisse o ciclo, mas a diferença nas médias não foi significativa.

Considerando a interação cruzamentos x fungicidas (Tabela 16), ela foi significativa apenas para NDM e AC. Isto mostra que o ciclo dos cruzamentos foi influenciado pela presença ou ausência da ferrugem, corroborando a ideia de que o uso de cultivares precoces pode ser uma alternativa para auxiliar o controle da doença.

Tabela 16 - Resumo da análise de variância conjunta dos dados obtidos para os caracteres número de dias para a maturidade (NDM), altura da planta na maturidade (APM), acamamento (AC), valor agronômico (VA), peso de cem sementes (PCS), produtividade de grãos (PG) dos 45 cruzamentos (C) em $F_{2:3}$ e dez genitores (G), em dois manejos de doenças com fungicidas (F): FAS, com controle da ferrugem; DFC, sem controle da ferrugem. Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

		Quadrados Médios					
Fv	Gl	NDM (dias)	APM (cm)	AC (nota)	VA (nota)	PCS (g)	PG ($kg.ha^{-1}$)
BL/A	6	6,55	176	0,0645	0,104	1,86	435106
TRAT. (T)	54	205**	1535**	0,210**	0,237**	6,69**	1854659**
Cruz. (C)	44	152**	1406**	0,233**	0,197**	6,69**	1300141**
Genit. (G)	9	474**	1945**	$0,072^{ns}$	0,448**	5,97**	4605803**
C *vs* G	1	89,7**	3509**	0,451*	$0,086^{ns}$	13,5**	1493161*
FUNG.(F)	1	280^{ns}	954^{ns}	$1,04^{ns}$	$0,051^{ns}$	161**	18094089**
T x F	54	12,1**	176^{ns}	0,148**	$0,075^{ns}$	$0,781^{ns}$	337840^{ns}
C x F	44	12,6**	198^{ns}	0,176**	$0,068^{ns}$	$0,712^{ns}$	368194^{ns}
G x F	9	$10,8^{ns}$	$82,7^{ns}$	$0,016^{ns}$	$0,110^{ns}$	$1,20^{ns}$	221983^{ns}
RESÍDUO	324	7,35	186	0,0882	0,0758	0,956	349107
Média geral		127	78,9	1,26	2,04	14,4	2045
Med. cruz.		127A	80,2A	1,26A	2,04	14,4A	2072ª
Med. gen.		126B	72,9B	1,24B	2,03	14,0B	1921B
Méd. Fung. 1		128a	77,4a	1,27a	2,037a	14,97a	2247ª
Méd. Fung. 2		126a	80,4a	1,24a	2,04a	13,76b	1842b
C.V %		2,14	17,3	7,46	4,27	6,81	18,9

^{ns}: não significativo; * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.
Médias com a mesma letra maiúscula e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As Tabela 17 e 18 apresentam o efeito ferrugem para os caracteres PG e PCS, respectivamente. Em ambos os casos, quanto mais próximo de zero for o efeito ferrugem, maior é a tolerância. Espera-se que a produtividade de grãos na presença da ferrugem seja igual ou menor que a produtividade de grãos na ausência da doença, mas foi possível observar que houve ganhos com a presença de ferrugem tanto para PG quanto para PCS, ou seja o efeito ferrugem foi negativo e positivo. É provável que a ocorrência de valores positivos aconteça devido às variações ambientais ou às reações fisiológicas distintas dos genótipos aos diferentes fungicidas, especialmente neste caso de caracteres quantitativos como PG e PCS, muito influenciados pelo ambiente. Ocorrências semelhantes também foram observadas por Marques (2014), Wysmierski (2015) e Sousa (2015).

Tabela 17 - Produtividade de grãos (PG) em dois manejos de doenças com fungicidas (FAS, com controle da ferrugem; DFC, sem controle da ferrugem), efeito ferrugem na PG (EF-PG) e notas de ferrugem (NF2 e NF3) dos 45 cruzamentos em $F_{2:3}$ e dez genitores. Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

(continua)

Cruzamentos	FAS PG(kg.ha^{-1})	DFC PG(kg.ha^{1})	EF-PG (kg.ha^{-1})	EF%	NF2	NF3
1 x 2	2670	1903	-767	-40,3	2	2
1 x 3	2440	1730	-710	-41,0	1	3
1 x 4	2497	1930	-567	-29,4	2	3
1 x 5	2397	2130	-267	-12,5	1	2
1 x 6	1867	1660	-207	-12,4	2	3
1 x 7	2293	1453	-840*	-57,8	3	3
1 x 8	2707	1830	-877*	-47,9	2	2
1 x 9	2437	1873	-563	-30,1	2	2
1 x 10	1877	1417	-460	-32,5	3	3
2 x 3	2485	1847	-638	-34,6	2	3
2 x 4	1990	1627	-363	-22,3	2	3
2 x 5	2898	2713	-185	-6,82	1	2
2 x 6	1837	1185	-652	-55,0	3	4
2 x 7	1490	1703	213	12,5	2	2
2 x 8	2730	2163	-567	-26,2	2	2
2 x 9	1650	1790	140	7,82	2	3
2 x 10	1577	1493	-83,3	-5,58	2	2
3 x 4	2787	1980	-807	-40,7	2	3
3 x 5	2857	2347	-510	-21,7	1	2
3 x 6	2080	1260	-820*	-65,1	2	3
3 x 7	1303	1537	233	15,2	3	3
3 x 8	2280	1937	-343	-17,7	2	2
3 x 9	2067	1820	-247	-13,6	2	2
3 x 10	2540	1770	-770	-43,5	1	2
4 x 5	2855	2000	-855*	-42,8	3	3
4 x 6	2590	2410	-180	-7,47	2	3
4 x 7	1833	1623	-210	-12,9	2	2
4 x 8	2990	2373	-617	-26,0	2	3
4 x 9	2087	1933	-153	-7,93	2	3
4 x 10	2643	1893	-750	-39,6	2	3
5 x 6	2410	1963	-447	-22,8	1	3
5 x 7	3320	1780	-1540*	-86,5	2	3
5 x 8	2210	2983	773	25,9	1	2
5 x 9	2467	2183	-283	-13,0	1	2
5 x 10	1653	1703	50,0	2,94	1	2
6 x 7	1503	1177	-327	-27,8	3	3
6 x 8	2557	2300	-257	-11,2	2	2
6 x 9	1553	2147	593	27,6	2	2

Tabela 17 - Produtividade de grãos (PG) em dois manejos de doenças com fungicidas (FAS, com controle da ferrugem; DFC, sem controle da ferrugem), efeito ferrugem na PG (EF-PG) e notas de ferrugem (NF2 e NF3) dos 45 cruzamentos em $F_{2:3}$ e dez genitores. Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

(conclusão)

Cruzamentos	FAS PG(kg.ha^{-1})	DFC PG(kg.ha^{1})	EF-PG (kg.ha^{-1})	EF%	NF2	NF3
6 x 10	1367	803	-563	-70,1	3	3
7 x 8	2257	1753	-503	-28,7	2	2
7 x 9	2180	1917	-263	-13,7	2	2
7 x 10	1973	1743	-230	-13,2	2	2
8 x 9	3463	2230	-1233*	-55,3	2	3
8 x 10	2430	2253	-177	-7,84	1	2
9 x 10	2487	1633	-853	-52,2	1	2
Genitores						
1) USP 223-4201-09	2623	1947	-677	-34,8	3	3
2) USP 223 -2113-09	1848	1747	-102	-5,82	2	2
3) IAC-17	1840	1857	16,7	0,898	1	3
4)FT-COMETA	2187	1897	-290	-15,3	2	3
5) CD 216	3542	3500	-41,7	-1,19	1	1
6)FT 81-2706	930	520	-410	-78,8	3	3
7) CB 07-958-B	1940	1163	-777	-66,8	3	3
8)BMX POTENCIA RR	2027	2043	16,7	0,816	2	3
9) AS 7307 RR	2753	1900	-853*	-44,9	1	1
10) TMG 4011 RR	1333	823	-510	-61,9	2	2

*Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey entre os mesmo cruzamentos e genitores nos dois fungicidas: 818 kg.ha^{-1}

Ainda na Tabela 17, pode-se observar que o efeito ferrugem variou, em módulo de 733 kg.ha^{-1} (25,9%) a 1540 kg.ha^{-1} (86,5%) e que a perda média de PG foi de 405 kg.ha^{-1} (25,6%). Ao todo, apenas seis cruzamentos apresentaram perdas significativas de PG: CD 216 x CB 07-958-B, BMX POTÊNCIA RR x AS 7307 RR, USP 223-4201-09 x BMX POTÊNCIA RR, FT-COMETA x CD 216, AS 7307 RR x TMG 4011 RR e USP 223-4201-09 x CB 07-958-B. Estes cruzamentos são classificados como sensíveis e moderadamente sensíveis (as notas para ferrugem não passaram de 3 na escala proposta por Godoy et al., 2006). Com base nas perdas de PG na geração $F_{2:3}$, os demais 39 cruzamentos comportaram-se como tolerantes à ferrugem.

A Tabela 18 mostra o efeito ferrugem estimado com base no PCS (EF-PCS). O EF-PCS foi significativo para 17 cruzamentos e quatro genitores, os quais são classificados como sensíveis á ferrugem. Por outro lado, os EF-PCS foram não

significativos para 28 cruzamentos e seis genitores (USP 223-2113-09, IAC-17, CB 07-958-B, BMX POTÊNCIA RR, AS 7307 RR e TMG 4011 RR), os quais são classificados como tolerantes à ferrugem. O efeito ferrugem variou, em módulo, de 0,657g (4,17%) a 2,53g (20,6%), com média de 1,21 g de redução no PCS. Portanto, a ferrugem também mostrou o efeito de reduzir o tamanho das sementes, conforme já foi observado por outros autores (MARQUES, 2014; YANG et al., 1992).

Tabela 18 - Peso de cem sementes (PCS) em dois manejos de doenças com fungicidas: FAS, com controle da ferrugem; DFC, sem controle da ferrugem; efeito ferrugem EF no PCS e notas de ferrugem (NF2 e NF3) dos 45 cruzamentos em $F_{2:3}$ e dez genitores. Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

(continua)

Cruzamentos	FAS PCS (g)	DFC PCS (g)	EF-PCS (g)	EF%	NF2	NF3
1 x 2	15,2	14,3	-0,873	-6,10	2	2
1 x 3	15,0	14,1	-0,842	-5,96	1	3
1 x 4	17,3	14,8	-2,48*	-16,7	2	3
1 x 5	17,0	15,2	-1,80*	-11,8	1	2
1 x 6	15,1	14,6	-0,460	-3,14	2	3
1 x 7	17,4	15,3	-2,025*	-13,2	3	3
1 x 8	15,6	14,6	-0,997	-6,83	2	2
1 x 9	15,5	14,2	-1,25	-8,81	2	2
1 x 10	14,7	13,6	-1,12	-8,22	3	3
2 x 3	14,4	13,9	-0,505	-3,64	2	3
2 x 4	15,9	14,8	-1,11	-7,47	2	3
2 x 5	16,4	14,5	-1,92*	-13,2	1	2
2 x 6	15,5	14,5	-0,905	-6,22	3	4
2 x 7	15,1	15,8	0,657	4,17	2	2
2 x 8	16,5	15,0	-1,44*	-9,54	2	2
2 x 9	15,1	14,3	-0,778	-5,42	2	3
2 x 10	12,5	11,7	-0,838	-7,19	2	2
3 x 4	14,3	13,0	-1,28	-9,79	2	3
3 x 5	14,2	13,7	-0,508	-3,71	1	2
3 x 6	14,0	12,4	-1,65*	-13,4	2	3
3 x 7	14,7	12,5	-2,23*	-17,9	3	3
3 x 8	14,5	13,2	-1,27	-9,61	2	2
3 x 9	14,6	12,9	-1,74*	-13,5	2	2
3 x 10	14,5	12,8	-1,78*	-13,9	1	2
4 x 5	14,9	13,1	-1,86*	-14,3	3	3
4 x 6	15,4	14,1	-1,36*	-9,67	2	3
4 x 7	15,2	13,8	-1,32	-9,55	2	2

Tabela 18 - Peso de cem sementes (PCS) em dois manejos de doenças com fungicidas: FAS, com controle da ferrugem; DFC, sem controle da ferrugem; efeito ferrugem EF no PCS e notas de ferrugem (NF2 e NF3) dos 45 cruzamentos em $F_{2:3}$ e dez genitores. Soja, Piracicaba - SP, 2014/15

(conclusão)

Cruzamentos	FAS PCS (g)	DFC PCS (g)	EF-PCS (g)	EF%	NF2	NF3
4 x 8	15,0	14,4	-0,62	-4,33	2	3
4 x 9	14,4	12,8	-1,59*	-12,4	2	3
4 x 10	14,9	13,9	-1,02	-7,30	2	3
5 x 6	15,4	13,7	-1,66*	-12,1	1	3
5 x 7	15,8	13,9	-1,97*	-14,2	2	3
5 x 8	15,3	13,5	-1,83*	-13,5	1	2
5 x 9	13,8	12,7	-1,13	-8,89	1	2
5 x 10	13,6	13,4	-0,223	-1,66	1	2
6 x 7	15,8	14,8	-1,073	-7,26	3	3
6 x 8	15,8	14,9	-0,933	-6,26	2	2
6 x 9	15,5	14,3	-1,19	-8,33	2	2
6 x 10	14,2	12,5	-1,69*	-13,5	3	3
7 x 8	15,9	14,6	-1,28	-8,74	2	2
7 x 9	14,0	13,6	-0,438	-3,23	2	2
7 x 10	14,0	13,3	-0,708	-5,31	2	2
8 x 9	15,9	14,4	-1,48*	-10,3	2	3
8 x 10	13,9	13,4	-0,503	-3,75	1	2
9 x 10	13,5	12,4	-1,08	-8,69	1	2
Genitores						
1) USP 223-4201-09	16,1	14,1	-2,05*	-14,5	3	3
2) USP 223 -2113-09	14,7	14,7	0,010	0,068	2	2
3) IAC-17	13,9	12,5	-1,34	-10,7	1	3
4)FT-COMETA	14,5	13,0	-1,51*	-11,6	2	3
5) CD 216	15,1	13,2	-1,94*	-14,7	1	1
6)FT 81-2706	14,8	12,2	-2,53*	-20,6	3	3
7) CB 07-958-B	15,7	14,8	-0,922	-6,23	3	3
8)BMX POTENCIA RR	14,4	13,8	-0,623	-4,51	2	3
9) AS 7307 RR	14,0	13,3	-0,758	-5,71	1	1
10) TMG 4011 RR	12,8	12,1	-0,745	-6,16	2	2

*Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey entre os mesmo cruzamentos e genitores nos dois fungicidas: 1,35 g.

Comparando os efeitos ferrugem mensurados pela PG e pelo PCS, nota-se que o PCS apresentou apenas um cruzamento com EF positivo (USP 223-2113-09 x CB 07-958-B), enquanto que PG apresentou seis cruzamentos com EF positivos (CD 216 x TMG 4011 RR, USP 223-2113-09 x AS 7307 RR, USP 223-2113-09 x CB 07-958-B, IAC-17 x CB 07-958-B, CD 216 x BMX POTÊNCIA RR). Isto indica,

inicialmente, que o caráter PCS apresenta maior precisão experimental do que a PG, conforme pode ser observado pelos coeficientes de variação apresentados anteriormente.

Os maiores destaques em conjunto para produtividade, precocidade e tolerância à ferrugem (EF-PG e EF-PCS) (Tabela 19)foram: CD216, USP223-4201-09 e BMX POTÊNCIA RR entre os genitores; já entre os cruzamentos, os maiores destaques foram:

2 x 5 = USP 223 -2113-09 x CD 216

3 x 5 = IAC-17 x CD 216

4 x 8 = FT-COMETAxBM x POTENCIA RR

6 x 8 = FT 81-2706xBM x POTENCIA RR

8 x 9 = BMX POTENCIA RR x AS 7307 RR

8 x 10 = BMX POTENCIA RR x TMG 4011 RR

Tabela 19 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM) e produtividade de grãos (PG) na geração F_2, número de dias para a maturidade no experimento com e sem controle de ferrugem (NDM-FAS e NDM-DFC), produtividade de grãos nos experimentos com e sem cotrole de ferrugem (PG-FAS e PG-DFC), peso de cem sementes nos experimentos com e sem ferrugem (PCS-FAS e PCS-DFC), efeito ferrugem (EF) e notas para ferrugem (NF2 e NF3) na geração $F_{2:3}$ dos 45 cruzamentos dialélicos e dez genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2014/15

(continua)

Cruzamentos	F_2		$F_{2:3}$									
	NDM (dias)	PG ($kg.ha^{-1}$)	NDM-FAS (dias)	NDM-DFC (dias)	PG-FAS ($kg.ha^{-1}$)	PG-DFC ($kg.ha^{-1}$)	EF-PG ($kg.ha^{-1}$)	PCS-FAS (g)	PCS-DFC (g)	EF-PCS (g)	NF2	NF3
1 x 2	105e	3008c	119d	116e	2670a	1903b	-767	15,2b	14,3a	-0,873	2	2
1 x 3	115d	3336c	130b	127c	2440a	1730b	-710	15,0b	14,1a	-0,842	1	3
1 x 4	112d	2890c	124c	126c	2497a	1930b	-567	17,3a	14,8a	-2,48*	2	3
1 x 5	117d	5623a	132a	129b	2397a	2130b	-267	17,0a	15,2a	-1,80*	1	2
1 x 6	112e	3162c	121d	119e	1867b	1660b	-207	15,1b	14,6a	-0,460	2	3
1 x 7	110e	2979c	120d	117e	2293a	1453c	-840*	17,4a	15,3a	-2,025*	3	3
1 x 8	112d	2422d	123c	125c	2707a	1830b	-877*	15,6b	14,6a	-0,997	2	2
1 x 9	111e	2418d	124c	124e	2437a	1873b	-563	15,5b	14,2a	-1,25	2	2
1 x 10	111e	3344c	121d	120d	1877b	1417c	-460	14,7c	13,6b	-1,12	3	3
2 x 3	117d	3194c	131a	127c	2485a	1847b	-638	14,4c	13,9a	-0,505	2	3
2 x 4	114d	2600c	125c	122d	1990b	1627b	-363	15,9b	14,8a	-1,11	2	3
2 x 5	113d	4213b	134a	129b	2898a	2713a	-185	16,4a	14,5a	-1,92*	1	2
2 x 6	115d	3094c	121d	120d	1837b	1185c	-652	15,5b	14,5a	-0,905	3	4
2 x 7	107e	3451c	120d	121d	1490b	1703b	213	15,1b	15,8a	0,657	2	2
2 x 8	107e	2763c	127b	124c	2730a	2163b	-567	16,5a	15,0a	-1,44*	2	2
2 x 9	116d	2335d	128b	125c	1650b	1790b	140	15,1b	14,3a	-0,778	2	3
2 x 10	114d	3072c	123c	124c	1577b	1493c	-83,3	12,5c	11,7b	-0,838	2	2
3 x 4	123b	3472c	132a	127c	2787a	1980b	-807	14,3c	13,0b	-1,28	2	3
3 x 5	115d	3047c	130b	128b	2857a	2347b	-510	14,2c	13,7a	-0,508	1	2
3 x 6	124b	3515c	131a	131b	2080b	1260c	-820*	14,0c	12,4b	-1,65*	2	3

Tabela 19 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM) e produtividade de grãos (PG) na geração F_2, número de dias para a maturidade no experimento com e sem controle de ferrugem (NDM-FAS e NDM-DFC), produtividade de grãos nos experimentos com e sem cotrole de ferrugem (PG-FAS e PG-DFC), peso de cem sementes nos experimentos com e sem ferrugem (PCS-FAS e PCS-DFC), efeito ferrugem (EF) e notas para ferrugem (NF2 e NF3) na geração $F_{2:3}$ dos 45 cruzamentos dialélicos e dez genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2014/15

(continuação)

Cruzamentos	F_2		$F_{2:3}$									
	NDM (dias)	PG ($kg.ha^{-1}$)	NDM-FAS (dias)	NDM-DFC (dias)	PG-FAS ($kg.ha^{-1}$)	PG-DFC ($kg.ha^{-1}$)	EF-PG ($kg.ha^{-1}$)	PCS-FAS (g)	PCS-DFC (g)	EF-PCS (g)	NF2	NF3
3 x 7	114d	4772b	128b	124d	1303b	1537c	233	14,7c	12,5b	-2,23*	3	3
3 x 8	121c	3424c	135a	130b	2280a	1937b	-343	14,5c	13,2b	-1,27	2	2
3 x 9	119c	3220c	133a	129b	2067b	1820b	-247	14,6c	12,9b	-1,74*	2	2
3 x 10	115d	3115c	131b	129b	2540a	1770b	-770	14,5c	12,8b	-1,78*	1	2
4 x 5	122c	3428c	130b	130b	2855a	2000b	-855*	14,9c	13,1b	-1,86*	3	3
4 x 6	122b	3347c	134a	129b	2590a	2410b	-180	15,4b	14,1a	-1,36*	2	3
4 x 7	111e	3791c	126c	119e	1833b	1623b	-210	15,2b	13,8a	-1,32	2	2
4 x 8	118c	3429c	132a	130b	2990a	2373b	-617	15,0b	14,4a	-0,62	2	3
4 x 9	119c	2968c	134a	130b	2087b	1933b	-153	14,4c	12,8b	-1,59*	2	3
4 x 10	114d	3456c	133a	130b	2643a	1893b	-750	14,9c	13,9a	-1,02	2	3
5 x 6	127b	3399c	131a	131b	2410a	1963b	-447	15,4b	13,7a	-1,66*	1	3
5 x 7	109e	4199b	127b	123d	3320a	1780b	-1540*	15,8b	13,9a	-1,97*	2	3
5 x 8	120c	3333c	133a	133b	2210b	2983a	773	15,3b	13,5b	-1,83*	1	2
5 x 9	116d	3136c	132a	127c	2467a	2183b	-283	13,8c	12,7b	-1,13	1	2
5 x 10	114d	3422c	130b	130b	1653b	1703b	50,0	13,6c	13,4b	-0,223	1	2
6 x 7	109e	3580c	122c	118e	1503b	1177c	-327	15,8b	14,8a	-1,073	3	3
6 x 8	115d	2971c	128b	129b	2557a	2300b	-257	15,8b	14,9a	-0,933	2	2
6 x 9	114d	3466c	132a	129b	1553b	2147b	593	15,5b	14,3a	-1,19	2	2
6 x 10	112e	3043c	122c	123d	1367b	803d	-563	14,2c	12,5b	-1,69*	3	3

Tabela 19 - Agrupamento de médias para número de dias para a maturidade (NDM) e produtividade de grãos (PG) na geração F_2, número de dias para a maturidade no experimento com e sem controle de ferrugem (NDM-FAS e NDM-DFC), produtividade de grãos nos experimentos com e sem cotrole de ferrugem (PG-FAS e PG-DFC), peso de cem sementes nos experimentos com e sem ferrugem (PCS-FAS e PCS-DFC), efeito ferrugem (EF) e notas para ferrugem (NF2 e NF3) na geração $F_{2:3}$ dos 45 cruzamentos dialélicos e dez genitores. Soja, Piracicaba – SP, 2014/15

(conclusão)

Cruzamentos	F_2		$F_{2:3}$									
	NDM (dias)	PG ($kg.ha^{-1}$)	NDM-FAS (dias)	NDM-DFC (dias)	PG-FAS ($kg.ha^{-1}$)	PG-DFC ($kg.ha^{-1}$)	EF-PG ($kg.ha^{-1}$)	PCS-FAS (g)	PCS-DFC (g)	EF-PCS (g)	NF2	NF3
7 x 8	108e	2869c	124c	126c	2257a	1753b	-503	15,9b	14,6a	-1,28	2	2
7 x 9	110e	2687c	128b	127c	2180b	1917b	-263	14,0c	13,6b	-0,438	2	2
7 x 10	109e	3508c	120d	119e	1973b	1743b	-230	14,0c	13,3b	-0,708	2	2
8 x 9	114d	2751c	130b	129b	3463a	2230b	-1233*	15,9b	14,4a	-1,48*	2	3
8 x 10	113d	2470d	127b	127c	2430a	2253b	-177	13,9c	13,4b	-0,503	1	2
9 x 10	113d	2753c	121d	127c	2487a	1633b	-853	13,5c	12,4b	-1,08	1	2
Genitores												
1) USP 223-4201-09	107e	1137e	118d	117e	2623a	1947b	-677	16,1b	14,1a	-2,05*	3	3
2) USP 223 -2113-09	107e	1184e	123c	118e	1848b	1747b	-102	14,7c	14,7a	0,010	2	2
3) IAC-17	124b	1627e	132a	130b	1840b	1857b	16,7	13,9c	12,5b	-1,34	1	3
4)FT-COMETA	123b	1723e	133a	133b	2187b	1897b	-290	14,5c	13,0b	-1,51*	2	3
5) CD 216	140a	2452d	139a	141a	3542a	3500a	-41,7	15,1b	13,2b	-1,94*	1	1
6)FT 81-2706	120c	823e	123c	119e	930b	520d	-410	14,8c	12,2b	-2,53*	3	3
7) CB 07-958-B	108e	1317e	118d	118e	1940b	1163c	-777	15,7b	14,8a	-0,922	3	3
8)BMX POTENCIA RR	114d	1897d	128b	127c	2027b	2043b	16,7	14,4c	13,8a	-0,623	2	3
9) AS 7307 RR	114d	1313e	129b	127c	2753a	1900b	-853*	14,0c	13,3b	-0,758	1	1
10) TMG 4011 RR	110e	1063e	118d	118e	1333b	823d	-510	12,8c	12,1b	-0,745	2	2

Médias com a mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

*Diferença mínima significativa pelo teste de Tukey entre os mesmo cruzamentos e genitores nos dois fungicidas: EF-PCS1,35 g. EF-PG 818 $kg.ha^{-1}$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa foram avaliados dez genitores e os 45 cruzamentos dialélicos entre eles, na geração F_2 (ano agrícola 2013/14) para capacidade combinatória e componentes da heterose, e, na geração $F_{2:3}$ (ano agrícola 2014/15) para tolerância à ferrugem por meio de manejos distintos de doenças com fungicidas.

Os genitores que mais se destacaram com CGC negativas (análise de Griffing, 1956), contribuindo para redução do ciclo (maior precocidade) dos cruzamentos na geração F_2 foram USP 223-4201-09, USP 223-2113-09, TMG 4011 RR e, principalmente, CB 07-958-B com contribuição para redução superior a cinco dias na média do NDM. Este genitor também se destacou em relação à heterose *per se* (heterose de variedades ou genitores = h_i), ao lado dos genitores CD 216 e FT-COMETA (análise de Gardner e Eberhart, 1966). Por meio da análise de Hayman (1956), também foi possível constatar que o genitor CB 07-958-B possui maior concentração de genes dominantes, os quais agem no sentido de tornar os genótipos mais precoces.

Para a produtividade de grãos (PG), os genitores IAC-17, FT-COMETA, CD 216 e CB 07-958-B apresentaram estimativas de g_i altas e positivas (análise de Griffing, 1956), com maior destaque do genitor CB 07-958-B, que além de contribuir para o aumento da PG, também aumentou a precocidade média dos cruzamentos. Os genitores CB 07-958-B e IAC-17 também estão entre os que apresentaram valores mais expressivos para heterose de variedades = h_i (análise de Gardner e Eberhart, 1966). A correlação entre alelos favoráveis e dominância foi r = -0,507, indicando tendência de genes dominantes contribuírem para aumentar a PG; os genitores que apresentaram as maiores concentrações de genes dominantes foram BMX POTÊNCIA RR, FT-COMETA e AS 7307 RR.

Os cruzamentos que mais se destacaram para NDM com CGC negativas (análise de Griffing, 1956) foram: USP 223-4201-09 x USP 223-2113-09, USP 223-4201-09 x FT-COMETA, USP 223-2113-09 x CD 216, USP 223-2113-09 x BMX POTÊNCIA RR, IAC-17 x CD 216, FT-COMETA x CD 216, CD 216 x CB 07-958-B, CD 216 x AS 7307 RR. Dois destes cruzamentos destacaram-se significativamente em relação à média do genitor superior (análise de Gardner e Eberhart, 1966), IAC-17 x CD 216 e FT-COMETA x CD 216. Houve concordância muito positiva entre os

resultados das três metodologias usadas para avaliar o potencial dos genitores e cruzamentos na geração F_2.

Para a produtividade de grãos (PG), os destaques ficaram por conta dos cruzamentos USP 223-4201-09 x CD 216, IAC-17 x CB 07-958-B, FT 81-2706 x AS 7307 RR, USP 223-2113-09 x CD 216 e USP 223-4201-09 x TMG 4011 RR. Em linhas gerais, esta ordem está condizente com as médias que esses cruzamentos apresentaram para PG. A heterose para PG foi positiva e a mais expressiva entre os caracteres; 20 dos 45 cruzamentos apresentaram HGS (heterose sobre o genitor superior) acima de 100%, com destaques dos cruzamentos USP 223-4201-09 x TMG 4011 RR (HGS=194%), IAC-17 x CB 07-958-B (HGS=193%) e FT 81-2706 x TMG 4011 RR (HGS=186%). Isto é explicado provavelmente pelo somatório de valores positivos de heterose para os diferentes caracteres correlacionados com a produtividade.

Com relação ao efeito ferrugem na produtividade de grãos (EF-PG), avaliado na geração $F_{2:3}$, por meio de diferentes manejos de doenças com fungicidas, apenas seis cruzamentos apresentaram perdas significativas de PG (CD 216 x CB 07-958-B; BMX POTÊNCIA RR x AS 7307 RR; USP 223-4201-09 x BMX POTÊNCIA RR; FT-COMETA x CD 216; AS 7307 RR x TMG 4011 RR e USP 223-4201-09 x CB 07-958-B). Estes cruzamentos foram classificados como sensíveis e moderadamente sensíveis, enquanto que os demais 39 cruzamentos foram considerados tolerantes. Para os genitores, apenas AS 7307 RR apresentou perda significativa de PG, 853 $kg.ha^{-1}$(44,9%), sendo os demais considerados tolerantes

Para PCS, o EF foi significativo para 17 cruzamentos e quatro genitores, variando, em módulo, de 0,657g (4,17%) a 2,53g (20,6%), com média de 1,21 g. Observou-se tolerância para 28 cruzamentos e para os genitores USP 223-2113-09, IAC-17, CB 07-958-B, BMX POTÊNCIA RR, AS 7307 RR e TMG 4011 RR.

Os maiores destaques em conjunto para produtividade, precocidade e tolerância à ferrugem (EF-PG e EF-PCS) (Tabela 19)foram: CD216, USP223-4201-09 e BMX POTÊNCIA RR entre os genitores; já entre os cruzamentos, os maiores destaques foram:

2 x 5 = USP 223 -2113-09 x CD 216
3 x 5 = IAC-17 x CD 216
4 x 8 = FT-COMETA x BMX POTENCIA RR
6 x 8 = FT 81-2706xBM x POTENCIA RR

8 x 9 = BMX POTENCIA RR x AS 7307 RR

8 x 10 = BMX POTENCIA RR x TMG 4011 RR

6 CONCLUSÕES

A escolha dos genitores para compor o dialelo foi adequada, uma vez que as análises de capacidade combinatória e da heterose mostraram que eles contribuíram para o aumento da precocidade e da produtividade dos cruzamentos na geração F_2, além da maioria dos cruzamentos mostrarem tolerância à ferrugem na geração $F_{2:3}$.

Existe variabilidade para o ciclo da cultura, a qual pode ser aproveitada futuramente para selecionar linhagens mais precoces

Os cruzamentos mostraram excelente potencial produtivo, com algumas médias superando a produtividade nacional.

Progressos adicionais para tolerância à ferrugem poderão ser obtidos com a prática de seleção entre e dentro de cruzamentos em gerações mais avançadas.

REFERÊNCIAS

ALBERINI, J.L.; MATSUMOTO, M.N.; ZUFFO, N.L. Cultivares de soja para os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 1992. p.89-108.

ALLIPRANDINI, L.F.; ABATTI, C.; BERTAGNOLLI, P.F.; CAVASSIM, J.E.; GABE, H. L.; KUREK, A.; MATSUMOTO, M.N.; OLIVEIRA, M.A.R. de; PITOL, C.; PRADO, L. C.; STECKLING, C. Understanding soybean maturity groups in Brazil: environment, cultivar classification, and stability. **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 801-809, 2009.

ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA,J.F.V; HENNING, A. A.; GODOY, C.V.; COSNTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C Doenças de soja (*Glycine max*.). In KIMATI, H.; AMORIM,L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN AZEVEDO FILHO, A.; CAMARGO, E.A. **Manual de Fitopatologia**: doenças de plantas cultivadas. 4 ed. São Paulo: Ceres, v.2, cap. 64, p.569-596, 2005.

ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de S.; MIRANDA, M.A.C. de; CAMPELO, G.J. de A. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed**.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. p.15

AMORIM, L. Infecção. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia.** 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995, v. 1, cap. 15, p. 295-307.

ARAÚJO, M.M ; VELLO, N.A. Characterization of soybean genotypes for Asian soybean rust reaction. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, cidade, v. 10, p. 197-203, 2010.

ATHAYDE, M.L.F.; MIRANDA, M.A.C.; SADER, R.; RODRIGUES, R. Comportamento de cultivares e linhagens de soja no município de Araraquara- SP, em áreas de reforma de canavial. In: SEMINARIO DE PESQUISA DA SOJA, 3., 1984, Campinas. **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNPS. 1984. p.406-411.

BAENZIGER, P.S.; RUSSELL, W.K.; GRAEF, G.L.; CAMPBELL, B.T. Improving lives: 50 years of crop breeding, genetics, and cytology (C-1). **Crop Science**, Madison, v.46, p.2230-2244, 2006.

BERNARD, R.L.; WEISS, M.G. Qualitative genetics. In: . Caldwell, B.E. (Ed.) **Soybeans:** Improvement, Production and Uses. American Society of Agronomy, 1973. p. 117-154.

BONATO, E.R.; VELLO, N.A. E_6, a dominant gene conditioning early flowering and maturity in soybeans. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n.2, 229-232, 1999.

BORÉM, A.; ALMEIDA, L.A.; KIHL, R.A.S. Hibridização em soja. In: BORÉM, A. **Hibridização Artificial**. Viçosa: UFV, 1999. p. 443-462.

BROMFIELD, K.R.; HARTWIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science,** Madison, v. 20, n. 2, p. 254-255, 1980.

BUZZELI, R.I.; VOLDENG, H.D. Inheritence of insensitivity to long daylenght. **Sybean Genetics Newsletter,** Ames, v.7, p.26-29, 1980.

CÂMARA, G.M.S. **Soja:** Tecnologia da produção. Piracicaba: Publique, 1998. 293p.

CÂMARA, G.M.S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**,Piracicaba, v.54, p.149-154, jun. 1997. Número especial.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.C.; SOUZA, A. de; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A. de S.; PÍPOLO, A.E. Herança de hilo esparramado em sementes de soja. **Nota cientifica. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 127-129, 2007.

CARVALHO, R.S. **Performance de cruzamentos de soja em gerações de avanço de endogamia para tolerância à ferrugem e precocidade.** 2015. 177. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CASTELLANOS, C.H.; MUÑOZ, D. Vigor hibrido y habilidad combinatoriaen variedades comerciales y lineas de arroz (*Oriza sativa* L.) deColombia. **Acta Agronomica,** Maringá**,** v. 36, n.3, p.7-21, 1986.

CHO, Y.; SCOTT, R.A. Combining ability of seed vigor and seed yield in soybean. **Euphytica,** Wageningen**,** v. 112, p**.**145–150, 2000.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences,** London, v. 27, p. 295-341, 2008.

COBER, E.R.; VOLDENG, H.D. A new soybean maturity and photoperiod-sensitivity locus linked to E1 and T. **Crop Science,** Madison, v.41, p.698-701,2001.

COBER, E.R.; MOLNAR, S.J.; CHARETTE, M.; VOLDENG, H.D. A new locus for early maturity in soybean. **Crop Science**, Madison, v.50, p.524-527, 2010.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants.** 2nd ed., New York :Botanical Garden, 1988. 555p.

Cruz, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum, Maringá, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: UFV, 2012. 514p.

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. Revista Brasilelira de Genética, Ribeirão Preto, v.12, n.2, p.425-438, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira:* grãos – levantamento junho, 2013**.** Brasília: CONAB, 2016. 27p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_07_14_37_20_boletim_graos_julho_2016.pdf. Acesso em: 01 jul. 2016.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. de P. e. Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja.**Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 541-552, 2012.

DARONCH, D.J.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRRI, F.S.; NASCIMENTO, M.O. Capacidade combinatória de cultivares de soja em F2, sob condições de cerrado tocantinense Bioscience journal, Uberlandia, v. 30, supplement 2, p. 688-695, 2014.

DEL PONTE, E.M; GODOY, C.V.; LI, X.; YANG, X.B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology,** Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797-803, 2006.

DESTRO, D.; SEDIYAMA, T.; GOMES, J.L.L. **Genes qualitativos em soja: alguns comentários e listagem.** Viçosa: universitária UFV, 1990. 67p.

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Soja em números (safra 2014/15). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 10 jul. 2016.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**, Trad. SILVA, M.A. & SILVA, J.C. Viçosa:UFV; Imprensa Universitária, 1987. 279p

FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development,** Ames: Iowa State University 1977. 12p. (Special Report, 80)

FREIRE FILHO, F.R. **Análise genética de um dialelo entre genótipos precoces de soja (*Glycine max*).** 1988. 224p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FREIRE FILHO, F.R. ; VELLO, N.A. Combining ability, heterosis, heterobeltiosis in early soybean genotypes. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE 4., 1989, Buenos Aires. **Proceedings…** Buenos Aires:World Soybean Research Conference. 1989. p.953-957.

GARCIA, A.; CALVO, E.S.; KIIHL, R.A.S.; HARADA, A.; HIROMOTO, D.M.; VIEIRA, L.G.E. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of a novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v. 117, p. 545-553, 2008.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, North Carolina, v.22, p. 439-452, 1966.

GAVIOLI, E.A.; DILERMANDO PERECIN, D.; DI MAURO, A.O. Analysis of combining ability in soybean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.**8, p. 1-7, 2008

GODOY, C.V.; DEL PONTE, E.M.; COSTAMILAN, L.M. Diagrammatic Scale for Assessment of Soybean Rust Severity. **Fitopatologia Brasileira**. Londrina, v.31, n. 1, p. 63-68. 2006.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation todiallel crossing systems. Australian Journal of Biological Science, East Melborn, v. 9, n. 4, p.462-493, 1956.

HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v.39, p. 789-809, 1954.

JANICK, J. **Plant breeding reviews**. New York: J.Wiley, 2001. 336p.

KAWUKI, R.S.; TUKAMUHABWA, P.; ADIPALA, E. Soybean rust severity, rate of rust development, and tolerance as influenced by maturity period and season. **Crop Protection**, Guildford, v. 23, n. 5, p. 447–455, 2004.

LOPES, A.C.A. **Análises dialélica envolvendo genótipos parentais de soja resistentes ao nematóide de cisto.** 2001. 122p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MARANI, A. Heterosis and combining Ability in intraspecific and interspecificcrosses ofcotton. **Crop Science**, Madison, v.**7**, n.5, p.519-522, 1967.

MARCHETTI, M.A.; MELCHING, J.S.; BROMFIELD, K.R. The effects of temperature and dew period on germination and infection by uredospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology,** St. Paul, v. 66, n. 4, p. 461-463, 1976.

MARQUES, Marcelo Cunha. **Performance de cruzamentos entre genitores tolerantes à ferrugem asiática da soja**. 2014. 110p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-03062014-165528/>. Acesso em: 30 set. 2014.

MALEK, M.A.; RAFII, M.Y.; AFROZ, M.S.S.; NATH, U.K.; MONDAL, M.M.A. Morphological characterization and assessment of genetic variability, character association, and divergence in soybean mutants. **Scientific World Journal,** New York, v. 2014, p. 1-12, 2014.

MARTINEZ, B.A.P.; SANINT, R.P. VALLEJO, F.A.C. Analisis de laheterosis y la habilidad combinatoria entre diferentes cultivares detomate, *Lycopersicon*

*esculentum*Mill., a partir de un cruzamientodialelico. **Acta Agronomica**, Maringá, v.39, n1/2, p.24-33, 1989.

MAPHOSA, M.; TALWANA, H.; GIBSON, P.; TUKAMUHABWA, P. Combining ability for resistance to soybean rust in F_2 and F_3 soybean populations. **Field Crops Research,** Amsterdam**,** v. 130 p.1–7, 2012.

MATHER, K.; JINKS, J.L. **Introdução à genética biométrica.** Tradução de F.A.M. Duarte et al. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242p.

McBLAIN, B.A.; BERNARD, R.I. A new gene affecting the time of flowering and maturity in soybeans. **The Journal of Heredity**, Washington, v.78: p.160-162, 1987.

MELO, P.C.T. de. **Heterose e Capacidade Combinatória em umCruzamento Dialélico Parcial Entre Seis Cultivares de Tomate(*Lycopersicon esculentum* Mill.).** 1987. 108p. (TeseD. S.) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba,1987.

MIRANDA, M.C.A. Cultivares de soja para o estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1991. **Anais..**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p.109-118.

MOTTA I. de S.; BRACCINI A. de L.; SCAPIM, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; BRACCINI, M. do C. L.Características agronômicas e componentes da produção de sementes de soja em diferentes épocas desemeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n 2, p.153-162, 2000.

OLIVEIRA, I.J. **Relações genéticas entre produtividade de óleo e podridão vermelha das raízes em soja**. 2011. 167p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J.F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, Cambridge, v. 96, p. 825-850, 1992.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA, J.D.; BARBOSA, V.S.; RICHTER, L.H.M.; AFERRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do Estado de Tocantins. **Bioscience Journal,** Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 69-74, 2006.

PIMENTEL, A.M. **Cruzamentos dialélicos em soja com ênfase em teor de proteína e produção de grãos.** 1991. 150p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

ROCHA, M.M.; VELLO, N.A.; LOPES, A.C. de A.; UNÊDA-TREVISOLI, S.H.; MAIA, M.C.C. Correlações entre parâmetros de adaptabilidade e estabilidade da produtividade de óleo em soja. **Ciência Rural,** Santa Maria**,** v. 36, n. 3, p. 772-777, 2006.

SAS INSTITUTE INC. **SAS – Statistical analysis system user´s guide**: version 6. 11th . ed. Cary, 1996. 842p.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. 1 Londrina, PR: Mecenas, 2009. 314p.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. Cultura da soja: primeira parte. Viçosa: UFV, 1985, 96p.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; ARANTES, N.E.; YAMANAKA, C.H.; DUTRA, J.H.; HIRAMA, S.K.; ANDRADE, M.A.S.; DEL GIUDICE, M.P.; GOMES, J.L.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; BRITO, S.A.; PAIVA, P.A.; VILARINHO, F.M.A.; SILVA, O.F. Comportamento da linhagem de soja UFV89-361826 em Minas Gerais. In: REUNIAO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIAO CENTRAL DO BRASIL, 18., 1996. **Ata e resumos.** Uberlandia: UFU; [Londrina]: Embrapa-CNPSo, 1996. p.334-335.

SHARMA, S.K.; PHUL, P.S. Combinig ability analysis in soybean. **Indian Journal of Genetics Plant Breeding**, New Delhi, v.54, n.3, p281-286, 1994.

SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. **Compendium of soybean diseases.** 3rd ed. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1989. 106p.

SEKHAR, M.R.; REDDY, K.R.; REDDY, C.R. Heterosis for yield and yieldcomponents in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. **Indian Journal of Genetics Plant Breeding**, New Delhi, v.54, n.1, p.1-5, 1994.

SOUZA, I.S. **Caracterização agromorfológica, adaptabilidade e estabilidade de populações e divergência genética entre linhagens de soja**. 2015. 178p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

STEPHENS, P.A.; NICKELL, C.D. Inheritance of pink flower in soybean. **Crop Science**, Madison, v.32, p.1131-1132, 1992.

TANIMOTO, O.S. **Plantio direto de soja sobre a palhada de cana-de-açúcar**. Campinas: CATI, 2002. 18p (Impressão Especial).

TAVAUD-PIRRA, M.; SARTRE, P.; NELSON, R.; SANTONI, S.; TEXIER, N.; ROUMET, P. Genetic Diversity in a Soybean Collection. **Crop science**, Madison, v. 49, p.895-902, 2009.

TWIZEYIMANA, M.; OJIAMBO, P.S.; HARTMAN, G.L.; BANDYOPADHYAY, R. Dynamics of Soybean Rust Epidemics in Sequential Plantings of Soybean Cultivars in Nigeria. **Plant Disease,** St. Paul, v. 95, n. 1, p. 43-50, 2011.

VELLO, N.A. ; CARVALHO, R.S.B**.** Melhoramento da soja para resistência genética a doenças. In: Grupo de Estudos Avançados em Fitopatologia (GEAFIT) da Universidade Federal de Viçosa (Eds.). **Melhoramento genético no manejo de doenças de plantas**. Visconde de Rio Branco: Suprema, 2013, p. 81-104 (Capitulo 5).

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: Paterniani, E. (Ed.).**Melhoramento eprodução do milho**. Campinas: Fundação Cargill,1987. p.135-214.

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

WYSMIERSKI, P.T. **Seleção de linhagens experimentais de soja para tolerância à ferrugem asiática e produtividade**. 2015. 168p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

YOKOMIZO, G.K.; VELLO, N.A. Evaluation of the average performance of topcrosses among food and grain type soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology,** Curitiba, v. 46, n. 3, p. 323-332, 2003.

YORINORI, J.T.; YUYAMA, M.M. **Doenças da soja**. In: CAJU, J.; YUYAMA, M.M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S.A. (Ed.). **Boletim de Pesquisa de Soja 2008.** Rondonópolis: Fundação MT, 2008. p. 98-110.

YORINORI, J.T.; YUYAMA, M.M.; SIQUERI, F.V. Doenças da Soja. In: **Boletim de Pesquisa de Soja 2009.** Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 180-228.

ZAMBOLIM, L. **Ferrugem Asiática da soja**. Viçosa: UFV, 2006. 140p.