

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

**Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao
complexo de percevejos**

Kênia Carvalho de Oliveira

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

**Piracicaba
2015**

Kênia Carvalho de Oliveira
Engenheira Agrônoma

**Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao
complexo de percevejos**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ BALDIN PINHEIRO**

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

**Piracicaba
2015**

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

Oliveira, Kênia Carvalho de

Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao complexo de percevejos / Kênia Carvalho de Oliveira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

79 p. : il.

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

1. *Glycine max* L. 2. Resistência de plantas a insetos 3. *Euschistus heros*
4. *Piezodorus guildinii* 5. *Nezara viridula* I. Título

CDD 633.34
O48s

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

“We in agriculture must think differently from how we have in the past, by adopting new technology at a faster pace and communicating in a way we never have before. We must find the balance for sustainable food production and protection of resources while satisfying consumer demands.”

–T.P. Lyons

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Genética pela oportunidade de realizar este curso.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão das bolsas de estudo no Brasil e nos Estados Unidos. Agradeço, também, à Universidade de Illinois pelo período de estágio sanduíche.

Ao Professor José Baldin Pinheiro pela orientação e incentivo durante esses anos para a realização desse trabalho. Pelo seu otimismo e boa vontade, sempre fazendo as coisas mais simples.

Aos Professores Steven John Clough e David Walker pela amizade e por todos os ensinamentos e contribuições inestimáveis à minha formação.

Aos Professores do Departamento de Genética por sempre estarem disponíveis em ajudar e ensinar.

Aos membros da banca examinadora de defesa por aceitarem o convite e cederem uma parte de seu precioso tempo para poder contribuir com este trabalho.

Aos técnicos do Departamento de Genética pelos ensinamentos e imenso suporte, em especial aos funcionários Marcio Araújo Silva, Sr. Irineu do Amaral e Cláudio Roberto Segatelli.

Aos meus colegas do Grupo Soja: Fabiani, Felipe, Mônica, Fabiana, Júlia, Caio, Matheus e Sabrina. A ajuda de vocês foi essencial para a realização desse trabalho.

A todos os demais colegas de trabalho do Laboratório de Diversidade Genética e Melhoramento, em especial ao Alessandro, Miklos, Diane, Vanessa, Maísa, Carlos, João Paulo, Eleonora, Giuliana, Patrícia, Ellida, Marcos, Kaiser, Camila, Jaqueline, Carol e Vitor.

Ao Ricardo Cabral por sempre estar disponível em ajudar e ser um grande amigo. E a todos que de alguma maneira participaram desse trabalho: Simone, Carina, Rafael, Filipe, Melina, Paolo, Kleber e Thamiris.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos. Vocês são o meu maior exemplo.

As minhas irmãs, Patrícia e Letícia, por me auxiliarem e permitirem chegar aonde estou.

Ao Lelio por ser meu maior suporte nessa fase final.

A Deus, por me permitir superar os obstáculos e concluir esse trabalho.

A todos que de alguma forma ajudaram na realização desse trabalho, mesmo que aqui não mencionados.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
Referências	23
2 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM SOJA COM ÊNFASE NA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS.....	29
Resumo	29
Abstract	29
2.1 Introdução	29
2.2 Material e Métodos.....	31
2.2.1 Obtenção da população	31
2.2.2 Experimentos em campo.....	32
2.2.3 Análises dos dados	34
2.3 Resultados e Discussão.....	36
2.4 Conclusões.....	55
Referências	55
3 RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DO EMPREGO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MELHORAMENTO. 61	
Resumo	61
Abstract	61
3.1 Introdução	62
3.2 Material e Métodos.....	64
3.2.1. Obtenção da população	64
3.2.2 Métodos de seleção	64
3.2.2.1 MSD	64
3.2.2.2 Genealógico	65
3.2.3 Experimentos e Avaliação do Desempenho Agrônomo e Resistência.....	65
3.2.4 Análise dos dados	66
3.3 Resultados e Discussão.....	67
3.3.1 Flutuação populacional de percevejos	67
3.3.2 Análise Descritiva.....	68
3.3.3 Análise de Modelos Mistos.....	74
3.4 Conclusões.....	76

Referências.....76

RESUMO

Seleção e desenvolvimento de genótipos de soja resistentes ao complexo de percevejos

O cultivo sucessivo de soja em grandes áreas agrícolas contribuíram significativamente para o aumento da incidência de pragas nessa cultura. Os percevejos sugadores são responsáveis por significativas perdas de rendimento, qualidade e potencial germinativo, além de causar a retenção foliar. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram *i)* avaliar a adaptabilidade e estabilidade em progênies de soja com excelente desempenho agrônômico e resistência ao complexo de percevejos em três ambientes; e *ii)* explorar a viabilidade do uso de diferentes métodos de melhoramento para no desenvolvimento de progênies resistentes ao complexo de percevejos. Para a compreensão da interação genótipo por ambiente, 28 progênies e cinco testemunhas foram avaliados em três ambientes, e os resultados foram submetidos à análise de GGE *Biplot*. Os caracteres avaliados foram: número de dias para a maturidade, período de granação, produtividade de grãos, peso de cem sementes, retenção foliar e peso sementes boas. A análise gráfica *biplot* demonstrou que existe interação do tipo complexa entre as progênies avaliadas, e as progênies 7, 9, 8 e 23 foram as que tiveram a maior estabilidade nos três ambientes. Para a análise de viabilidade dos métodos genealógico e MSD (descendência de múltiplas sementes), foram avaliadas duas populações de soja, respectivamente à cada método. Ambas populações são oriundas do cruzamento entre as cultivares IAC-100 (fonte de resistência ao complexo de percevejos) e CD-215 (suscetível). Os caracteres utilizados para essa análise foram a produtividade de grãos e peso de sementes boas. Foram realizadas análises descritiva de cada método e uma análise de modelos mistos para a verificação da diferença entre eles. A maior média e variabilidade genética foi encontrada na população oriunda do método MSD. Todavia, o método genealógico apresentou 10 progênies maiores que a média da melhor testemunha. Os resultados foram influenciados pela presença da interação genótipo por ambiente, e a diferença entre os métodos foi detectada pelo teste Wald-*F*. Ambos os métodos foram eficientes para a geração de progênies com alto potencial agrônômico e com resistência ao complexo de percevejos. Com isso, é necessário submeter as melhores progênies à ensaios de competição para um futuro lançamento de novas cultivares de soja que reúnam alta produtividade e resistência ao complexo de percevejos.

Palavras-chave: *Glycine max*; Resistência de plantas a insetos; *Euschistus heros*; *Piezodorus guildinii*; *Nezara viridula*

ABSTRACT

Selection and development of soybean genotypes resistant to stink bug complex

The continuous cultivation of a given crop in large areas contributes significantly to the increased incidence of pests. One such pest are the sucking insects that can cause significant losses. Stink bugs will feed on developing soybean seeds by piercing and immature pods, causing seed damage and reductions in yield, quality and germination potential, in addition to causing leaf retention. Thus, the objectives of this study were i) to evaluate the adaptability and stability in soybean progenies with excellent agronomic performance and resistance to stink bugs in three environments; and ii) to study the viability to use different breeding methods for development of resistant progeny to stink bugs. To evaluate the genotype-by-environment interaction, 28 progenies and five experimental checks were evaluated in three environments, and the results submitted to analysis of GGE Biplot. The following traits were evaluated in the field: number of days to maturity, grain filling period, grain yield, weight of one hundred seeds, leaf retention, and weight of healthy seeds. The graphical biplot analysis showed that there is complex interaction between progenies, and the progenies 7, 9, 8 and 23 were those that had the highest stability in all three environments. To analyze the feasibility of pedigree and multiple seeds descent (MSD) methods were evaluated two soybean populations respectively for each method. Both populations were from the cross between IAC-100 (resistance source to stink bug complex) and CD-215 (susceptible). The traits used for this analysis were grain yield and weight of healthy seeds. Descriptive analyses of each method and a mixed model analysis were made to verify the difference between them. The highest average and genetic variability was found in the MSD method derived from the population. However, the pedigree method showed 10 progenies higher than the average of the best experimental check. The results were influenced by the presence of genotype-by-environment and the difference between the methods was detected by the Wald-*F* test. Both methods were efficient to generated progenies with high agronomic potential and resistance to stink bugs. Thus, it is necessary to submit the best progeny to competition tests for a future release of new soybean cultivars with high productivity and resistance.

Keywords: *Glycine max*; Plant resistance to insects; *Euschistus heros*; *Piezodorus guildinii*; *Nezara viridula*

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) representa, mundialmente, a principal oleaginosa produzida e consumida. É usualmente comercializada em forma de grão, farelo e óleo (bruto ou refinado), dependendo da forma de consumo, podendo ser de uso animal ou humano (MARTIN; WALDREN; STAMP, 2006).

Os maiores produtores de soja são os Estados Unidos, Brasil e Argentina, e a China é um dos maiores importadores, devido ao seu grande consumo interno para a alimentação humana (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2015).

No décimo segundo levantamento da safra 2014/15 no Brasil, a produção de soja alcançou mais de 96 milhões de toneladas cultivadas em 32.093,1 mil hectares, o que representa apenas 6,4% da área cultivada utilizada por plantações agrícolas no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015).

Desde os anos 1970, o agronegócio da soja é responsável por inúmeras transformações e especializações produtivas do espaço agrário brasileiro. O complexo da soja (grãos, farelo e óleo) é o principal produto agrícola da pauta das exportações brasileiras e o maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos. Deste modo, a cadeia produtiva da soja é o carro chefe da agricultura de grande escala no Brasil (SANTOS; SILVEIRA, 2012).

Brum et al. (2005) relatam que a soja foi uma das principais responsáveis pela introdução do conceito de agronegócio no País. Pela necessidade empresarial de administração da atividade por parte dos produtores, fornecedores, processadores da matéria-prima e dos negociantes, isso tudo devido ao grande volume físico e financeiro.

A cadeia produtiva da soja é bastante abrangente, pois os animais criados com rações produzidas a partir do farelo da soja oferecem diversos subprodutos como leite, ovos, couro, carne, fertilizantes orgânicos, entre outros, envolvendo diversas áreas da economia (ROESSING; MICHELLON, 2005). Estudos estimam que, em média, a cada dez hectares de soja gere um emprego direto e um indireto (GAZZONI, 2013).

Para assegurar esse alto patamar e valor econômico da soja, é necessário um estudo contínuo e conhecimento da espécie, bem como a suas relações com o ambiente a qual é cultivada, compreendendo as suas particularidades e deficiências,

a fim de melhorar cada vez mais a sua produtividade e adequando-a às adversidades naturais para a formação de novas cultivares por meio do melhoramento de plantas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

O melhoramento de genético de plantas foi definido por Hallauer (1992) como a ciência e a arte para obter a meta desejada de aperfeiçoamento das plantas. Para tal, pesquisadores desenvolveram diferentes métodos de condução dos programas de melhoramento.

Para plantas autógamas, como a soja, existem vários métodos de melhoramento, como: *bulk*, genealógico, descendência de uma única semente (SSD) ou descendência de múltiplas sementes (MSD) entre outros (BORÉM; MIRANDA, 2013). Eles podem ser divididos em duas categorias: os que não separam as fases de endogamia e seleção, exemplo do SSD e MSD e os que separam as fases, como o genealógico (RAMALHO et al, 2012).

O método genealógico tem como princípio a seleção de plantas individuais a partir da geração F_2 , as quais são colhidas e semeadas em linha na geração F_3 , onde é realizada a seleção das melhores famílias e dos melhores indivíduos dentro destas famílias. O processo se repete até que a maioria dos locos estejam em homozigose, quando as melhores linhagens irão participar dos ensaios de competição de cultivares (NASS et al., 2001). Este método não separa as fases de endogamia e seleção. A seleção nos estágios iniciais proporciona a eliminação de progênies com baixo desempenho (JUMBO et al., 2011), contudo, os efeitos de dominância e sobredominância presentes na variância genética podem prejudicar a seleção nas fases iniciais (PANDINI; VELLO; LOPES, 2002).

O método de SSD foi proposto para reduzir o tempo requerido para se atingir uma alta proporção de locos em homozigose, por meio do avanço das gerações fora de época normal da semeadura da cultura. Consiste em avançar as gerações segregantes, tomando uma única semente de cada indivíduo, para obter a geração seguinte. Assim, cada linhagem corresponde a uma planta F_2 diferente e, portanto, reduz-se a perda devido à amostragem deficiente (NASS et al., 2001). Uma vantagem desse método é a seleção realizada com altos níveis de endogamia, contudo, o avanço das progênies de forma aleatória, sem seleção para adaptabilidade e características desejáveis pode reduzir a eficiência do método (MURTHY, 1979).

Independente do modo como a população segregante será conduzida, todos os programas de melhoramento de soja tem como objetivo principal aumentar a produtividade, de modo que o sojicultor consiga maior lucratividade sem a necessidade de investimentos adicionais. Mas, ao mesmo tempo, características variadas devem ser consideradas nos programas de melhoramento, pois proporcionam à nova cultivar a capacidade de ser adaptada e estável as diferentes condições edafoclimáticas. A resistência à doenças, pragas e nematoides, contribuem para uma alta estabilidade de uma cultivar (YOKOMIZO et al., 2013; MELO; SANTOS; ASMUS, 2013; BOIÇA-JUNIOR et al., 2015; WYSMIERSKI, 2015). A qualidade do óleo e da proteína da soja também são características que estão sendo avaliadas nos programas de melhoramento da soja (KIIHL; ALMEIDA, 2000; VASCONCELOS et al., 2009; GULLUOGLU; ARIOGLU; KURT, 2011).

Apesar do empenho por parte dos melhoristas de desenvolver novas cultivares de soja com todas essas características desejáveis, ainda existem vários problemas fitossanitários na cultura que ocasionam a diminuição da produtividade e dos lucros do agricultor.

A soja é atacada pelos percevejos pentatomídeos, causando danos irreversíveis. No Brasil, as espécies que causam grandes prejuízos econômicos são: percevejo marrom (*Euschistus heros* F.), percevejo verde (*Nezara viridula* L.), e o percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii* W.), que compõem o chamado “complexo de percevejos” da soja (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

Os percevejos perfuram as partes da planta com seus aparelhos bucais sugadores, mas, preferencialmente, se alimentam de sementes em desenvolvimento (McPHERSON; BUSS; ROBERTS, 1944). Essa alimentação da semente pode causar o aborto ou a deformação da mesma, diminuição da germinação, emergência e sobrevivência das plantas (DAUGHERTY et al., 1967; TODD; TURNIPSEED, 1974). Além do processo de deformação das sementes, também ocorre o aparecimento de manchas escuras e áreas esbranquiçadas, redução no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes e aumento dos níveis de proteína em detrimento da diminuição dos teores de óleos (PANIZZI et al., 1979; VILLAS-BÔAS et al., 1990; MINER, 1966; GAZZONI, 1998). Outra consequência ao ataque dos insetos sugadores é a queda de vagens, que impede a formação de hormônios de senescência, e causa o atraso na maturidade da planta, retenção foliar e hastes verdes, que inviabilizam a colheita mecanizada (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1995).

A maioria dos percevejos são polívoros, e os adultos conseguem facilmente se mover em toda a lavoura de soja para se alimentar e ovipositar nas plantas que estão mais atraentes. Os percevejos adultos são atraídos durante a fase de prefloração ou floração (R1 a R2) e sua população tende a crescer até o final do período de granação (R6) (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Mas, as maiores densidades populacionais do inseto geralmente ocorrem durante o início de R5 (início do período de granação) e R6, quando a soja é mais suscetível ao ataque, uma vez que os insetos se alimentam das sementes em desenvolvimento (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999). Após o final do estágio R6, os insetos tendem a abandonar as lavouras de soja e migrar para outras lavouras (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). É válido ressaltar que, as ninfas também têm uma participação semelhante ou até maior que os insetos adultos nos danos causados (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009).

Outro impacto da alimentação dos percevejos é que a punção fornece a oportunidade de colonização da planta por outros patógenos, o que pode reduzir ainda mais o rendimento e a qualidade das sementes (McPHERSON; BUSS; ROBERTS, 1944). Como exemplo, a levedura *Eremothecium coryli* (antes denominada (*Nematospora coryli* Peglion)), causadora da mancha-fermento, que causa a deterioração das sementes (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002).

Estudos mostram que os danos são similares no ataque de percevejos à cultura da soja, entretanto cada espécie possui sua peculiaridade. Os danos causados pelo percevejo *P. guildinii* têm se mostrado mais graves, principalmente na avaliação do peso das sementes, assim como na qualidade do teste visual e do teste de tetrazólio (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002). Essa espécie também causa uma taxa de retenção foliar maior na soja quando comparada com as espécies *N. viridula* e *E. heros* (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1995).

O percevejo *N. viridula* é o mais adaptado às regiões mais frias do Brasil, entretanto tem expandido a sua distribuição para regiões tropicais. Esse inseto fica em atividade o ano inteiro, usando outras plantas como hospedeiras na entressafra da soja (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009).

Ao contrário, o percevejo *E. heros* entra em estágio de dormência no período de entressafra sobre as folhas mortas no solo, o que acarreta uma maior densidade populacional e sobrevivência dos mesmos para a safra seguinte (CORRÊA-FERREIRA; KRZYZANOWSKI; MINAMI, 2009). Este percevejo está

presente principalmente nas regiões do norte do Paraná e no Centro-Oeste brasileiro, que é a maior região produtora de soja no País (PANIZZI; NIVA, 1994).

Reduções da produção de soja causadas pelo ataque destes insetos-pragas vêm sendo documentadas, relacionadas principalmente com a redução da qualidade das sementes para a comercialização (TODD; TURNIPSEED, 1974; McPHERSON et al., 1979; MUSSER et al., 2011). Guedes et al. (2012), demonstraram que a presença de um percevejo por metro quadrado, pode causar perdas de até 125 kg . ha⁻¹.

Pesquisas do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA – mostram que o custo de aplicação com inseticidas na cidade de Sorriso/MT, com preços médios de maio a junho de 2011, girava em torno de R\$9,15 ha⁻¹ para Beta ciflutrina + Imidacloprido e R\$10,89 ha⁻¹ para Tiametoxan + Lambdacialotrina, sem considerar os gastos com operação mecânica e mão-de-obra (CEPEA, 2011).

A aplicação de inseticidas é cara e nem sempre eficaz. Desde 1990 tem sido registrado a ineficiência de inseticidas no controle dos percevejos sendo sugerida a resistência do *E. heros* ao inseticida Endosulfan (SOSA-GÓMEZ; CORSO; MORALES, 2001), e mais recentemente casos de resistência e baixa eficiência no controle destes insetos (PANIZZI; BUENO; SILVA, 2012). Outro problema é falta de novas moléculas no mercado e a não perspectiva da liberação de novas moléculas de inseticidas nesta década (GUEDES et al., 2012; GAZZONI, 2012; CORRÊA-FERREIRA et al., 2013).

Na ausência de um controle eficaz das pragas, os agricultores tendem a realizar aplicações de ‘segurança’ aumentando o risco de resistência, além de aumentar a população de pragas secundárias, interrupção da ação de predadores naturais, alteração na dinâmica de pragas para as culturas existentes e poluição ambiental (EMBRAPA, 2013).

Uma estratégia alternativa, ou pelo menos para complementar o uso consciente de inseticidas, provém de pesquisas objetivando o melhoramento de plantas, de forma a torná-las mais resistentes aos insetos-pragas. Tanto ecológica como economicamente, a resistência de plantas é uma tática de controle de pragas desejável, uma vez que é compatível com outros métodos de controle como químico, microbiano, cultural e frequentemente exhibe efeitos sinérgicos com

inseticidas e inimigos naturais (KOGAN, 1989), além de não representar ônus adicional ao agricultor.

A resistência a insetos em soja tem sido objetivo de alguns programas de melhoramento, mas a obtenção de cultivares agronomicamente competitivas e resistentes ao complexo de percevejos não tem apresentado sucesso pelo fato da resistência aos percevejos apresentar controle poligênico, com predominância de efeitos aditivos (GODOI; PINHEIRO, 2009). Contudo, o controle genético para as diferentes espécies de percevejos é o mesmo (PINHEIRO, 1993), ou seja, selecionando-se os genótipos resistentes para uma espécie, a resistência para o complexo de percevejos seria assegurada.

Entretanto, poucas cultivares de soja resistentes ao complexo de percevejos já foram lançadas no Brasil. O Programa de Melhoramento Genético do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), tem a maior proporção de cultivares melhoradas para a resistência como IAC-100 e IAC-17 (ROSSETTO, 1989), além de IAC-23 e IAC-24 (MIRANDA et al., 2001; MIRANDA; LOURENÇÃO 2002), sendo cultivares adaptadas à região Sudeste. Na busca por novas fontes de resistência pode-se citar também as introduções PI 227687, PI 274454, PI 229358, PI 171451 e PI 171444 (PINHEIRO et al., 2006). Desta forma, a literatura demonstra que existem alelos de resistência da soja ao complexo de percevejos que podem ser utilizados para o desenvolvimento de uma nova cultivar resistente aos insetos sugadores e adaptada às outras regiões edafoclimáticas, e com elevada produtividade.

A cultivar IAC-100 foi eleita por vários pesquisadores como a fonte de resistência aos insetos desfolhadores e sugadores (PINHEIRO et al., 2005, McPHERSON et al., 2007, CAMPOS et al., 2010, BANSAL et al., 2013). Essa cultivar também apresenta outras características agrônomicas favoráveis como, resistência ao besourinho (*Diphaulaca viridipennis*), baixa retenção foliar e poucas manchas nas sementes, mesmo na presença de grande infestação dos percevejos (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES E COMERCIANTES DE SEMENTES E MUDAS DO RIO GRANDE DO SUL - APASSUL, 2011).

Para o desenvolvimento de uma nova cultivar resistente aos percevejos, os melhoristas podem fazer uso de três tipos de resistência de plantas a insetos: antixenose, antibiose e tolerância (HESLER; THARP, 2005).

A antixenose ou não preferência é manifestada no comportamento do inseto, resultando principalmente em redução da atratividade e aceitação do substrato,

refletindo-se na redução do número de ovos e da área consumida, ou seja, quando uma planta ou variedade é não atraída ou não preferida pelo inseto em comparação com outra cultivar (RECTOR et al., 2000).

Os principais efeitos da antibiose são: mortalidade das formas jovens, mortalidade na transformação para adulto, redução do tamanho e peso dos indivíduos, redução da fecundidade, alteração da proporção sexual e alteração no tempo de vida dos insetos. Deste modo, a antibiose caracteriza-se pelo efeito adverso da planta sobre o inseto (HESLER; THARP, 2005).

Já a tolerância refere-se a capacidade da planta de suportar o ataque do inseto através da regeneração dos tecidos destruídos, emissão de novos ramos ou perfilhos ou por outro meio, desde que não ocasione perda na qualidade e quantidade da produção (LARA, 1991). Pelo fato da tolerância não afetar o comportamento ou biologia do inseto, pode proporcionar em longo prazo aumento na população das pragas, podendo resultar em dano econômico a plantação. Entretanto, tal efeito pode ser contornado desde que sejam utilizadas táticas complementares de manejo integrado (LARA, 1991) tais como, o controle cultural, controle químico consciente e controle biológico.

É importante salientar que a evasão é considerada uma pseudo-resistência, e ocorre quando a planta passa rapidamente pela sua fase de maior suscetibilidade (LARA, 1991). Rosetto e Lara (1991) propuseram outro mecanismo de pseudo-resistência denominado diluição de dano. De acordo com estes autores a cultivar de soja IAC-100 tem produtividade semelhante a IAS 5, porém, o tamanho da semente menor. Dessa forma, uma lavoura de IAC-100 tem o dobro de sementes que uma lavoura de IAS 5, o que provoca uma diluição de 50% no dano de percevejos. Embora estes fenômenos não sejam casos de resistência propriamente ditos, os mesmos, podem ser utilizados na prática, contribuindo para o controle de determinados insetos-praga. O mecanismo de resistência do tipo tolerância também está relacionado a capacidade da cultivar IAC-100 em abortar as vagens danificadas e substituí-las por novas (ROSSETTO et al., 1995).

Os diversos programas de melhoramento genético de plantas têm contribuído para o desenvolvimento de cultivares de alto rendimento e adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas do País (SANTOS, 2005). A seleção e recomendação de genótipos mais produtivos é um objetivo básico dos programas de melhoramento de qualquer espécie cultivada. O processo de seleção é frequentemente realizado

avaliando-se o desempenho dos genótipos em diferentes ambientes. Contudo, a decisão de lançamento de novas cultivares normalmente é dificultada pela ocorrência da interação genótipo x ambiente, do inglês *genotype x environment*, G x E (ALLARD; BRADSHAW, 1964).

O termo “ambiente”, conforme Rosmagenta e Fox (1993) é um termo geral que envolve uma série de condições sob as quais as plantas são cultivadas. Deste modo, o ambiente pode ser um local, ano, tipos de práticas culturais, épocas de semeadura ou mesmo a junção de vários fatores. Quando os genótipos são avaliados em diferentes condições, estão sujeitos as variações do ambiente e os seus comportamentos geralmente são diferenciados (ALLARD; BRADSHAW, 1964; CRUZ; REGAZZI, 1994; BORÉM; MIRANDA, 2013, RAMALHO et al., 2012).

A interação G x E ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos testados em diferentes ambientes. Ela pode ser simples, quando é proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e complexa, quando denota a falta de correlação entre medidas de um mesmo genótipo em ambientes distintos e indica uma inconsistência na superioridade de genótipos com a variação ambiental (ROBERTSON, 1959). O tipo de interação complexa aumenta as dificuldades do melhorista em selecionar genótipos superiores, e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade. A existência de interações complexas traz a necessidade de realizar avaliações em um número maior de ambientes.

A interação G x E pode ser reduzida, utilizando-se cultivares específicas para cada ambiente, ou utilizando-se cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade, ou estratificando-se a região considerada em sub-regiões com características ambientais semelhantes, dentro das quais a interação passa a ser não-significativa (ALLARD; BRADSHAW, 1964).

Estudos a respeito da interação G x E, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações sobre o comportamento de cada genótipo frente as variações ambientais (CRUZ; REGAZZI, 1994, RAMALHO et al., 2012). Para tal objetivo, realizam-se estudos de adaptabilidade e estabilidade que favorecem a identificação de genótipos de comportamento previsível e que sejam responsivos as variações ambientais, em condições específicas (ambientes favoráveis ou desfavoráveis) ou amplas (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Segundo Borém e Miranda (2009) a adaptabilidade de uma cultivar refere-se à sua capacidade de aproveitar vantajosamente o estímulo ambiental. Enquanto a estabilidade de performance refere-se à sua capacidade de apresentar um comportamento altamente previsível, mesmo com as variações ambientais.

No desenvolvimento de uma nova cultivar, deve ser dada fundamental atenção para a avaliação dos padrões de adaptabilidade às condições ambientais relacionados aos caracteres avaliados, como produtividade, aparência, resistência a insetos, dentre outros, sendo então, experimentos multi-locais e em várias épocas, a principal forma de mensurar esses efeitos (PLAISTED; PETERSON, 1959).

Diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos. A diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação G x E. Dentre as metodologias em estudos genéticos destaca-se o modelo GGE *Biplot* (*Genotype plus Genotype by Environment Biplot*) (YAN et al., 2000).

A análise GGE *biplot* proposta por Yan (1999) e Yan et al. (2000) permite a visualização do padrão de interação G x E em multi-locais. O GGE *biplot* enfatiza dois conceitos. Em primeiro lugar, a produção é medida pelo efeito combinado do genótipo (G), ambiente (E), e da interação genótipo por ambiente (G x E), contudo nas avaliações das cultivares, apenas G e G x E são consideradas simultaneamente, por isto o termo GGE. Em segundo lugar, a técnica *biplot* desenvolvida por Gabriel (1971) é utilizada para apresentar graficamente a análise a GGE em multi-locais. O GGE *biplot* é construído pelos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2, também conhecido como efeitos primários e secundários, respectivamente) obtidos a partir de dados da variação de rendimento devido a GGE, usando o valor singular de decomposição (SVD) (YAN, 1999;. YAN et al, 2000).

O GGE *biplot* é utilizado para identificar o padrão de interação G x E dos dados, mostrando 'quem venceu onde', o que também facilita a identificação dos mega ambientes. Um mega ambiente é definido como um conjunto de locais que de forma consistente compartilham a mesma melhor cultivar(s) (YAN; HUNT, 1998; YAN, 1999;. YAN et al, 2000). Pois, o escore genotípico da PC1 tem uma correlação quase perfeita com os principais efeitos genotípicos, ou seja, uma cultivar ideal deve ter um alto escore de PC1 (capacidade de alto rendimento) e um baixo escore de PC2 (elevada estabilidade). Da mesma forma, o teste do ambiente ideal

deve ter um baixo escore de PC1 (mais seletivo para os progênies) e baixo escore de PC2 (mais representativo nos ambientes) (YAN, 1999; YAN et al, 2000).

As análises gráficas *biplot*, que são típicas de uma estatística multivariada, auxiliam na escolha dos progênies mais promissoras quanto a um conjunto de características de interesse para o melhoramento genético, conforme estudado por Silva e Vello (2006) em soja, Badu-Apraku et al. (2012) em milho (*Zea mays*), Rakshit et al. (2012) em sorgo (*Sorghum bicolor*), Mattos et al. (2013) em cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), entre outros.

Portanto, os objetivos gerais deste trabalho foram avaliar progênies de soja em diferentes ambientes quanto a adaptabilidade e estabilidade em relação aos caracteres envolvidos na resistência dos insetos sugadores, alta produtividade e boas características agrônômicas; e a viabilidade do uso de diferentes métodos de melhoramento, genealógico e MSD, no desenvolvimento de novas cultivares de soja resistente ao complexo de percevejos.

Referências

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 503-507, 1964.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES E COMERCIANTES DE SEMENTES E MUDAS DO RIO GRANDE DO SUL - APASSUL. **Descrição da cultivar de soja IAC 100**. Disponível em: <http://www.apassul.com.br/index.php?menu=cultivares_mostra&acao=mostrar&chave=291>. Acesso em: 22 set. 2015.

BADU-APRAKU, B.; OYEKUNLE, M.; OBENG-ANTWI, K.; OSUMAN, A. S.; ADO, S. G.; COULIBAY, N.; YALLOU, C. G.; ABDULAI, G. A.; BOAKYEWA, A.; DIDJEIRA, A. Performance of extra-early maize cultivars based on GGE biplot and AMMI analysis. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 150, n. 4, p. 473-483, 2012.

BANSAL, R.; JUN, T.; MIAN, M.A.R.; MICHEL, A.P. Developing Host-Plant Resistance for Hemiptera Soybean Pests: Lessons from Soybean Aphid and Stink Bugs. **Soybean – Pest Resistance**, Croatia, v. 2, p. 19-28, 2013.

BOIÇA-JUNIOR, A.L.; BOTTEGA, D.B.; SOUZA, B.H.S.; RODRIGUES, N.E.L.; MICHELIN, V. Determinação dos tipos de resistência a *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de soja. **Ciências Agrárias**. Londrina, v. 36, n. 2, p. 607-618, 2015.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6 ed. Viçosa: UFV, 2013. 523p.

BRUM, A.L.; HECK, C.R.; LEMES, C.L.; MÜLLER, P.K. A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. **Anais... XLIII CONGRESSO DA SOBER – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, 53, 2005, Ribeirão Preto, São Paulo, 2005.

CAMPOS, M.; KNUTSON, A.; HEITHOLT, J.; CAMPOS, C. Resistance to Seed Feeding by Southern Green Stink Bug, *Nezara viridula* (Linnaeus), in Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill. **Southwestern Entomologist**, Washington, v. 35, n. 3, p. 233-239, 2010.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Proibição do metamidofós deve elevar custos no controle de percevejos**, 2011. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/soja/custos/2011/03Ago.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos – Décimo Segundo levantamento / Agosto, 2015**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf>. Acesso em: 29 set. 2015.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; CASTRO, L.C. de; ROGGIA, S.; CESCINETTO, N. L.; COSTA, J.M. da; OLIVEIRA, M.C.N. de. **MIP-Soja: resultados de uma tecnologia**

eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja. 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87596/1/Doc-341.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, Malden, v. 4, n. 2, p. 145–150, 2002.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MINAMI, C.A. **Percevejos e a Qualidade da Semente de Soja – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15 p.

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da soja e seu manejo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 45p.

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

DAUGHERTY, D.M. Pentatomidae as vectors of yeast spot disease of soybeans. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 60, n. 1, p.147-152, 1967.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil, 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

GABRIEL, K.R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, Oxford, v. 58, p. 453–467, 1971.

GAZZONI, D.L. **A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial** – Londrina: Embrapa Soja, Novembro de 2013. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94641/1/Doc-344-online.pdf>>. Acesso em 12 jun. 2015.

GAZZONI, D.L. Efeito de populações de percevejos na produtividade, qualidade da semente e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1229-1237, 1998.

GAZZONI, D.L. Perspectivas do manejo de pragas. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja - Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília: EMBRAPA, c. 12, p. 789 – 829, 2012.

GODOI, C.R.C.; PINHEIRO, J.B. Genetic parameters and selection strategies of soybean genotypes resistant to stink bug complex. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 32, n. 2, p. 328-336, 2009.

GUEDES, J.V.C.; ARNEMANN, J.A.; STÜRMER, G.R.; MELO, A.A.; BIGOLIN, M.; PERINI, C.R.; SARI, B.G. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 28-34, 2012.

- GULLUOGLU, L.; ARIOGLU, H., KURT, C. Adaptability and stability of new soybean cultivars under double cropped conditions of Turkey. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 6, n. 14, p. 3320-3325, 2011.
- HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breed. Rev**, New York, v. 9, p. 115-179, 1992.
- HESLER, L.S.; THARP, C. Antibiosis and antixenosis to *Rhopalosiphum padi* among triticale accessions. **Euphytica**, Dordrecht, v. 143, p. 153-160, 2005.
- JUMBO, M.; WELDEKIDAN, T.; HOLLAND, J.B.; HAWK, J.A. Comparison of conventional, modified single seed descent, and doubled haploid breeding methods for maize inbred line development using germplasm enhancement of maize breeding crosses. **Crop Science**, Madison, v. 51, p.1534–1543, 2011.
- KIIHL, R.A.S.; ALMEIDA, L.A.A. O futuro do melhoramento genético como agregador de tecnologia via semente. In: CONGRESSO DE TECNOLOGIA E COMPETITIVIDADE DA SOJA NO MERCADO GLOBAL, 2000, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2000. p.45-47.
- KOGAN, M. Plant resistance in soybean insect control. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA, 4. **Actas**, Buenos Aires, v.3, p.1519-1525, 1989.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.
- MARTIN, J.H.; WALDREN, R.P.; STAMP, D.L. **Principles of field crop production**. 4th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ. 2006. 1030p.
- MATTOS, P.H.C.D.; OLIVEIRA, R.A.D.; BESPALHOK FILHO, J.C.; DAROS, E.; VERÍSSIMO, M. A. A. Evaluation of sugarcane genotypes and production environments in Paraná by GGE biplot and AMMI analysis. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 83-90, 2013.
- McPHERSON, R. M.; NEWSOM, L.D.; FARTHING, B.F. Evaluation of four stink bug species from three genera affecting soybean yield and quality in Louisiana. **Journal of Economic Entomology**, New York, v. 72, n. 2, p. 188-194, 1979.
- McPHERSON, R.M.; TODD, J.W.; YEARGAN, K.V. Handbook of soybean insect pests. **Entomological Society of America**, Lanham. 1944. 144p.
- McPHERSON, R.M.; BUSS, G.R.; ROBERTS, P.M. Assessing stink bug resistance in soybean breeding lines containing genes from germplasm IAC-100. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.100, n. 4, p.1456-1463, 2007.
- MELO, C.L.P.; SANTOS, W.R.; ASMUS, G.L. Fenotipagem de progênies de soja quanto à resistência ao nematoide reniforme em condições controladas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.13, n.1, 2013.
- MINER, F.D. **Biology and control of stink bugs on soybeans**. Fayetteville: Arkansas Experiment Station, 1966. 40 p.

MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, F.T.S.; UNEDA, S.H.; LOURENÇÃO, A.L.; ITO, M.F. IAC-23 e IAC-24: cultivares de soja resistentes a insetos para o estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. p. 12.

MIRANDA, M.A.C.; LOURENÇÃO, A.L. Melhoramento genético da soja para a resistência a insetos: uma realidade para aumentar a eficiência do controle integrado de pragas e viabilizar a soja orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, 2002. p.52-60.

MURTY, B.R. Selection of parental material, breeding methods and evaluation procedures in developing improved crop varieties. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.39, p. 305-314, 1979.

MUSSER, F.R. CATCHOT, A.L.; GIBSON, B.K.; KNIGHTEN, K.S. Economic injury levels for southern green stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in R7 growth stage soybeans. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 63-69, 2011.

NASS, L.L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. c. 2, p. 29-56.

PANDINI, F.; VELLO, N.A.; LOPES, A.C.A. Heterosis in soybean for seed yield components and associated traits. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, n.4, v. 45, p. 401-412, 2002.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F. A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. cap. 5, p. 335-420.

PANIZZI, A.R.; NIVA, C.C. Overwintering strategy of the brown stink bug in northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v. 29, n. 3, p. 509-511, 1994.

PANIZZI, A.R.; SMITH, J.G.; PEREIRA, L.A.G.; YAMASHITA, J. Efeito dos danos de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) no rendimento e qualidade da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1978, Londrina, **Anais...** Londrina: EMBRAPA, CNPSo, 1979. v. 2, p. 59-78.

PINHEIRO, J.B. **Dialelo parcial entre parentais de soja resistentes e suscetíveis a insetos**. 1993. 143p. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

PINHEIRO, J.B., VELLO, N.A., ROSSETTO, C.J., ZUCCHI, M.I. Potential of soybean genotypes as insect resistance sources. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.5, p.294-301, 2005.

PINHEIRO, J.B.; VENDRAMIM, J.D.; LOURENÇÃO, A.L. Programas geram cultivares de soja resistentes a insetos. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 3, n. 5, p. 56-59, 2006.

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

RAKSHIT, S.; GANAPATHY, K.N.; GOMASHE, S.S.; RATHORE, A.; GHORADE, R.B.; KUMAR, M.N.; PATIL, J.V. GGE biplot analysis to evaluate genotype, environment and their interactions in sorghum multi-location data. **Euphytica**, v. 185, p. 465-479, 2012.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A. de F.B.; SANTOS, J.B. dos; NUNES, J.A.R. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RECTOR, B.G.; ALL, J.N.; PARROTT, W.A.; BOERMA, H.R. Quantitative trait loci for antibiosis resistance to corn earworm in soybean. **Crop Science**, Madison, v.40, n.1, p.233-238, 2000.

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

ROESSING, A.; MICHELLON, S. **As perspectivas de expansão da soja**. In: XLIII Congresso Da Sober – Sociedade Brasileira de Economica, Administração e Sociologia Rural. Ribeirão Preto. 2005.

ROMAGOSA, I.; FOX, P.N. Genotype x environment interactions and adaptations. In: HAYWARD, M. D.; BOSEMARK, N. O.; ROMAGOSA, I (Ed). **Plant Breeding**: principles and prospects. London, Ed. Chapman & Hall, 1993. p. 375-390.

ROSSETTO, C.J. Breeding for resistance to stink bugs, In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989. Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Asociacion Argentina de la Soja Press. 1989. v. 4, p. 2046-2060.

ROSSETTO, C.J.; GALLO, P.B.; RAZERA, L.F.; BORTOLETTO, N.; IGUE, T.; MEDINA, P.F.; TISSELI FILHO, O.; AQUILERA, V.; VEIGA, R.F.A.; PINHEIRO, J.B. Mechanisms of resistance to stink bug complex in the soybean cultivar IAC-100. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 24, n. 3, p. 517-522, 1995.

ROSSETTO, C.J.; LARA, F.M. Diluição de dano, mecanismo de pseudoresistência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13,1991, Recife. **Resumos...** Recife: Sociedade Entomológica do Brasil, 1991. p. 525.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M.L. **O Brasil**: território e sociedade no início do século XXI.Ed. Rio de Janeiro: Record. 2012. 473p.

SANTOS, S.V. **Seleção de pré-cultivares de soja baseadas em índices**. 2005. 104 p. Tese (Doutorado) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, L.A.S.; VELLO, N.A. Escolha de genitores baseada na análise *biplot* de genótipos x caracteres em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 2006. p. 135.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; CORSO, I.C.; MORALES, L. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and methamidophos in the neotropical brown stink bug. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 317–320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, .24, n.2, p.401–404, 1995.

TOOD, J.W.; TURNIPSEED, S.G. Effects of southern green stink bug damage on yield and quality of soybeans. **Journal of Economic Entomology**, New York, v. 67, n. 3, p. 421-426, 1974.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – U SDA. **World Agricultural Supply and Demand Estimates**. 10 de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2015.

VASCONCELOS, E.S.; REIS, M.S.; SEDYIAMA, T.; DAMIÃO, C. Qualidade fisiológica de sementes de cultivares e linhagens de soja no Estado de Minas Gerais no Estado de Minas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 307-312, 2009.

VILLAS-BÔAS, G.L.; GAZZONI, D.L.; OLIVEIRA, M.C.N.; COSTA, N.P.; ROESSING, A.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A. Efeito de diferentes populações de percevejos sobre o rendimento e seus componentes, características agrônômicas e qualidade de semente de soja. **Boletim de Pesquisa Embrapa CNPSO**, Londrina, v. 1, p. 43, 1990.

WYSMIERSKI, P. T. **Seleção de linhagens experimentais de soja para tolerância à ferrugem asiática e produtividade**. 2015. 168p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2015.

YAN, W. Methodology of cultivar evaluation based on yield trial data—with special reference to winter wheat in Ontario.1999. 120 p. **Thesis**, University of Guelph, Guelph, ON, Canada. 1999.

YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 597-605, 2000.

YAN, W.; L.A. HUNT. Genotype by environment interaction and crop yield. **Plant Breed. Rev.** New York, v.16, p.135–178,1998.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A.; UNFRIED, J. R. Análise AMMI da produtividade de grãos em linhagens de soja selecionadas para resistência à ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Goiânia, v. 48, n. 10, p. 1376 – 1384, 2013

2 INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM SOJA COM ÊNFASE NA RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS

Resumo

A compreensão da interação de genótipos por ambiente é laboriosa e de difícil visualização. A análise multivariada *biplot* de genótipos x ambiente (G x E) e genótipos x caracteres (G x C), facilita a interpretação dos dados. Deste modo, este trabalho propôs a avaliação de 28 genótipos de soja com resistência ao complexo de percevejos e cinco testemunhas pelo método de GGE *biplot*. Para isto, os genótipos foram avaliados sob a infestação natural do complexo de percevejos em três ambientes. Os caracteres avaliados foram: número de dias para a maturidade, período de granação, peso total de sementes, peso de sementes boas, peso de cem sementes e retenção foliar. A metodologia foi capaz de demonstrar graficamente a interação dos genótipos com o ambiente, e os genótipos 7, 9, 8 e 23 foram os que obtiveram maior estabilidade nos três ambientes. É possível extrair dos genótipos avaliados potenciais candidatos a novas cultivares de soja com resistência ao complexo de percevejos e alta produtividade.

Palavras-chave: *Glycine max*; GGE *Biplot*; Estabilidade; Percevejos sugadores

Abstract

Understanding the genotype by environment interaction is a laborious and difficult task. The biplot multivariate analysis of genotype by environment (G x E) and genotype by characters (G x C) facilitate the interpretation of the data. This work proposes the evaluation of 28 soybean genotypes with resistance to stink bugs complex and five experimental checks adopting the GGE Biplot method. The genotypes are evaluated under natural infestation of stink bug in three different environments. The evaluated traits considered in this study are: number of days to maturity, grain filling period, grain yield, weight of healthy seeds, weight of hundred seeds, leaf retention. The methodology is able to graphically show the genotype by environment interaction. In particular, results show that the genotypes 7, 9, 8 e 23 considered in this study achieve greater stability in the three considered environments. The extracted genotypes can be used to develop new soybean cultivar with resistance to stink bug complex and higher yield.

Keywords: *Glycine max*; GGE *Biplot*; Stability; Sucking bugs

2.1 Introdução

A maioria dos pentatomídeos fitófagos, comumente chamados de “percevejos”, são polípagos e possuem ampla gama de hospedeiros incluindo plantas cultivadas e silvestres (PANIZZI, 1997; COOMBS, 2000). Os percevejos são as principais pragas agrícolas em todo o mundo, e são atraídos quando as plantas

estão em fase de crescimento e desenvolvimento de sementes ou frutos (McPHERSON; McPHERSON, 2000; OLSON; RUBERSON; ANDOW, 2012).

No Brasil, a soja é um dos principais hospedeiros destes insetos sugadores que causam danos irreversíveis na fase reprodutiva da planta. Os percevejos mais abundantes nessa leguminosa são: *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Euschistus heros* (F.) (GUEDES et al., 2012). Segundo Degrande e Vivan (2011) o ataque dos percevejos pode causar perdas superiores a 30% na produtividade, chegando a 50% no valor germinativo das sementes, além de distúrbios fisiológicos causados devido a presença destes insetos-praga (PANIZZI; SLANSKY, 1985; SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1995).

A resistência a insetos em soja tem sido objetivo de alguns programas de melhoramento, visto que o ataque de percevejos é indicado como um dos responsáveis pela redução no rendimento da cultura (GODOI; PINHEIRO, 2009). Para o desenvolvimento de materiais genéticos superiores, é essencial que o mesmo possua uma série de características favoráveis. Entre elas destacamos a importância de um elevado potencial produtivo bem como resistência, de modo aumentar o ganho do agricultor (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Diante do exposto, o melhorista precisa lançar mão de estratégias para obter materiais promissores. Neste sentido, a utilização de índices de seleção no melhoramento genético de plantas tem sido uma ferramenta eficiente, que permite avaliar diferentes informações de forma conjunta (SILVA, 1982, CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Por meio desta estratégia é possível realizar a seleção com base em um conjunto de caracteres (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

A expressão dos caracteres está ligada ao controle genético, ao ambiente em que as plantas são cultivadas e a interação entre esses dois fatores (YAN; KANG, 2003, MOHAMMADI; AMRI, 2009). A resposta distinta dos genótipos em diferentes condições ambientais é denominada de interação genótipo por ambiente (G x E), que reduz a correlação entre os valores fenotípicos e genotípicos, podendo muitas vezes dificultar a seleção e a recomendação dos genótipos adaptados e estáveis (YAN; HOLLAND, 2010).

Segundo Ramalho, Santos e Zimmermann (2005), a condução de experimentos de avaliação em local único pode proporcionar uma superestimativa da herdabilidade e conseqüentemente dos ganhos previstos com a seleção. Para que o sucesso do programa de melhoramento seja garantido, é necessário que as

avaliações sejam efetuadas em mais de um local, com a finalidade de estimar a variação devido a interação G x E. Diante disso, a utilização de procedimentos específicos de análise é imprescindível na identificação e seleção dos genótipos com maior potencial de resultar em uma nova cultivar (CRUZ; REGAZZI, 1994).

A metodologia GGE *biplot* (*genotype main effects + genotype environment interaction*) proposta por Yan et al. (2000) permite a análise visual da interação G x E em dados multi-locais. Na análise de GGE *biplot* é considerado o efeito combinado do genótipo (G), ambiente (E) e da interação (G x E), contudo, apenas G e G x E são relevantes e, devem ser analisados simultaneamente na avaliação dos genótipos. Na metodologia GGE, o cosseno do ângulo entre dois ambientes corresponde a correlação genética entre eles. Outros tipos de *biplots* não apresentam essa propriedade (YAN et al., 2007), tornando essa metodologia mais eficiente em relação a outras técnicas baseadas em *biplot* (YAN, 2011).

O método GGE *Biplot* vêm sendo utilizado na cultura da soja por diversos autores como: Lee et al. (2003), Silva e Vello (2006), Dardanelli et al. (2006), Morrison et al. (2008), Asfaw et al. (2009), Zhe et al. (2010), Ashraf et al. (2010) e Kumar et al. (2014).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja quanto à resistência ao complexo de percevejos e ao rendimento em três ambientes pelo método de GGE *Biplot*.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Obtenção da população

A população de estudo é oriunda do cruzamento entre as cultivares IAC-100 (resistente ao complexo de percevejos) e CD-215 (suscetível). Os cruzamentos foram realizados em 2007 e as sementes F₁ foram semeadas em casa de vegetação. A geração F₂ foi cultivada em campo durante o ano agrícola 2008/09 e a população foi conduzida pelo método genealógico visando selecionar novas cultivares de soja com resistência ao complexo de percevejos e alta produtividade.

As avaliações foram feitas da seguinte forma: um ano visando a seleção dos genótipos para a resistência aos insetos sugadores (sem controle químico de insetos) e no ano seguinte visando produtividade (com controle químico de insetos),

e assim sucessivamente, até a geração F₇. A partir de então, a seleção passou a ser realizada com base no caráter de resistência aos insetos-praga.

A população de estudo possui 114 genótipos que foram selecionadas ao longo do avanço de gerações pelo índice de seleção multiplicativo segundo Oliveira et al. (2013). A função matemática estabelecida foi (Equação 1):

$$(PTS - k_1)(PSB - k_2) \quad (1)$$

Onde:

PTS: peso total de sementes na parcelas;

*k*₁: média geral do peso total de sementes nas parcelas acrescido de 15%;

PSB : peso de sementes boas das parcelas;

*k*₂: média geral do peso de sementes boas acrescido de 15%.

O índice de seleção utilizado satisfaz três condições: *i*) assumir como menor valor de *PTS* = média geral do peso total de sementes nas parcelas acrescido de 15%; *ii*) assumir como menor valor de *PSB* = média geral do peso de sementes boas acrescido de 15% e; *iii*) assumir seu valor máximo quando *PTS* e *PSB* seja maiores possíveis.

2.2.2 Experimentos em campo

Os experimentos foram conduzidos com 114 genótipos, os dois genitores (IAC-100 e CD-215) e três cultivares comerciais como testemunhas, sendo elas: Conquista, Vmax e Potência. A parcela experimental foi representada por quatro linhas de cinco metros, considerando como parcela útil apenas as duas linhas centrais. As fileiras foram espaçadas em 0,5 m, contendo 18 sementes por metro linear, com delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições.

Os experimentos de desempenho dos genótipos foram realizados em três locais, sendo eles: a Estação Experimental do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no distrito de Anhumas/SP, nos anos agrícolas 2013/14 (ambiente 1) e 2014/15 (ambiente 2) e na área experimental do Departamento de Genética no Campus da ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba/SP no ano agrícola 2014/15 (ambiente 3).

A cidade de Piracicaba fica localizada no estado de São Paulo, com altitude média de 554 m, classificação climática de Koeppen: Cwa, temperatura média anual de 21,6 °C, pluviosidade média anual de 1328,1 mm, latitude 22° 25' e longitude 47° 22'. O distrito de Anhumas também está localizado na cidade de Piracicaba, com altitude média de 445 m, classificação climática de Koeppen: Aw, temperatura média anual 22,8 °C, pluviosidade média anual 1290,7 mm, latitude 22° 10' e longitude 51° 13'.

A resposta dos genótipos foi avaliada com base nos seguintes caracteres:

1. Número de Dias para a Maturidade (NDM), contados desde a data de semeadura até a data em que 95% das vagens apresentam-se maduras;
2. Período de Granação (PEG) em dias, obtido pela diferença entre os estágios reprodutivos R7 e R5;
3. Retenção Foliar (RF), avaliado na maturidade, por uma escala de notas de 1 a 5, onde 1 corresponde a plantas com senescência normal e 5 plantas com caules e folhas verdes (colheita impraticável);
4. Peso Total de Sementes (PTS) em kg . ha⁻¹, peso total das sementes produzidas na parcela, após padronização da umidade em 13%;
5. Peso de Sementes Boas (PSB) em kg . ha⁻¹, peso das sementes sem danos provocados pelo ataque dos percevejos. Esta avaliação é realizada no beneficiamento das sementes, que foram submetidas ao método do espiral onde é possível fazer a separação de grãos chochos, verdes e mal formados;
6. Peso de Cem Sementes (PCS) em gramas, corresponde ao peso de uma amostra de 100 sementes após padronização da umidade.

Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultura, com exceção da aplicação de inseticidas para o complexo de percevejos permitindo a ocorrência de infestação natural. O controle da densidade populacional dos insetos sugadores foi realizado semanalmente, de forma aleatória, pelo método do pano de batida (STRÜRMER et al., 2012).

2.2.3 Análises dos dados

O índice multiplicativo de seleção (OLIVEIRA et al., 2013) foi aplicado nos três ambientes e realizada uma classificação dos dez melhores genótipos em cada local. O genótipo 8 estava presente nos ambientes 1 e 2, e o genótipo 16 nos ambientes 2 e 3, deste modo, 28 genótipos foram selecionados (Tabela 1). Em seguida, foi realizada uma análise de variância para verificar a diferença entre os genótipos em cada local, e em seguida uma análise conjunta para avaliar a interação G x E. As análises foram realizadas com a plataforma R v. 3.0 (R CORE TEAM, 2015).

As análises de homogeneidade das variâncias foram avaliadas pelo teste de Hartley (F_{\max}) e a normalidade dos dados foram testadas pelo teste de Shapiro-Wilk.

Após a confirmação da interação G x E (teste F significativo), foi realizada a avaliação dos genótipos juntamente com as testemunhas em análises multivariadas GGE *biplot*.

A metodologia GGE *biplot* proposta por Yan et al. (2000) é baseada no seguinte modelo (Equação 2):

$$Y_{ij} - y_j = y_1 \varepsilon_{i_1} \rho_{j_1} + y_2 \varepsilon_{i_2} \rho_{j_2} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Onde:

Y_{ij} : é o valor observado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente,

y_j : é média geral de todos os genótipos no ambiente j;

$y_1 \varepsilon_{i_1} \rho_{j_1}$: é o primeiro componente principal (PC1);

$y_2 \varepsilon_{i_2} \rho_{j_2}$: é o segundo componente principal (PC2);

y_1 e y_2 : são os autovalores associados ao PC1 e PC2, respectivamente;

ε_{i_1} e ε_{i_2} : são os escores do primeiro e do segundo componente principal, respectivamente, para o i-ésimo genótipo;

ρ_{j_1} e ρ_{j_2} : são os escores do PC1 e PC2, respectivamente, para o j-ésimo ambiente;

ε_{ij} : é o resíduo do modelo associado com o i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente.

Tabela 1 - Peso total de sementes (PTS) em kg . ha⁻¹ e peso de sementes boas (PSB) em kg . ha⁻¹ para 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Genótipos	PTS			Média	PSB			Média
	A1	A2	A3		A1	A2	A3	
1	3100	1650	2300	2350	2900	1125	2150	2050
2	2600	975	3875	2475	2275	700	3425	2125
3	3125	2025	3850	3000	2750	1325	3500	2525
4	2650	2250	3100	2675	2425	1775	2775	2325
5	3850	1675	3600	3050	3600	1300	3250	2725
6	3325	2375	3300	3000	3050	1800	3050	2625
7	3875	2600	4075	3525	3650	850	3850	2775
8	3575	2800	3150	3175	3400	1950	3025	2800
9	3400	2700	3475	3200	3025	1700	3250	2650
10	3225	2125	3250	2875	3075	1700	3000	2600
11	3600	1075	3550	2750	3375	525	3300	2400
12	2900	1425	3250	2525	2675	875	3125	2225
13	2975	1800	3550	2775	2950	1525	3250	2575
14	3050	2200	3000	2750	2850	1175	2850	2300
15	3150	2300	3675	3050	2900	1850	3325	2700
16	3525	1650	4050	3075	3300	1300	3825	2800
17	3200	2725	2975	2975	2975	2225	2800	2675
18	3075	1675	3125	2625	2950	1175	3200	2450
19	3925	1750	3775	3150	3650	1250	3550	2825
20	3050	1775	2775	2525	2850	1300	2575	2250
21	3125	2200	3275	2875	2825	1525	2425	2250
22	3300	2250	3575	3050	3000	1550	3300	2625
23	3225	2475	3925	3200	2800	1925	3625	2775
24	3075	1800	3550	2800	2725	1425	3275	2475
25	3250	2075	3075	2800	2850	1625	2375	2275
26	3200	1975	3500	2900	2800	1550	3125	2500
27	2900	2675	3475	3025	3025	2175	3175	2800
28	2975	2550	3475	3000	2725	2075	3150	2650
T1	2250	1800	3050	2375	1925	1400	2650	2000
T2	2325	2075	3925	2775	1625	1625	2375	1875
T3	2950	1125	2600	2225	2700	725	2325	1925
T4	3200	2000	3125	2775	2750	1525	2850	2375
T5	2275	1925	4175	2800	1450	1550	2950	1975
μ_g	3225	2050	3425	2900	2975	1475	3125	2525
μ_t	2600	1775	3375	2575	2100	1375	2625	2025
μ_G	3125	2025	3400	2850	2850	1450	3050	2450

* μ_g média dos genótipos; μ_t média das testemunhas; μ_G média geral

A produtividade de um genótipo (*i*) em determinado ambiente (*j*) será, aproximadamente, o produto do escore da PC1 do genótipo *i* versus o PC1 do

ambiente j , mais o produto do escore do PC2 do genótipo i versus o escore do PC2 do ambiente j , por meio do método GGE *biplot*. Geometricamente, isto será o comprimento do vetor ambiente, multiplicado pelo comprimento do vetor do genótipo e multiplicado pelo cosseno do ângulo entre eles (KROONENBERG, 1995). A análise GGE *biplot* foi realizada por meio do pacote GGEBiplotGUI (FRUTOS; GALINDO; LEIVA, 2014) da plataforma R v. 3.0 (R CORE TEAM, 2015).

Diante do exposto, essa propriedade permite que sejam consideradas as seguintes informações: *i*) a similaridade e dissimilaridade entre ambientes e as diferentes respostas dos genótipos; *ii*) a similaridade e a dissimilaridade entre os genótipos e a sua resposta nos ambientes; *iii*) a natureza positiva ou negativa e a magnitude de interação entre qualquer genótipo e qualquer ambiente (YAN et al., 2000).

Além dos *biplots* da interação G x E, foram gerados também *biplots* da interação entre genótipos x caracteres (G x C) para determinar qual a relação entre os genótipos e as características avaliadas. Considerando que as características possuem valores unitários diferentes, para essa análise os dados foram padronizados utilizando a escala “1 – *Std Deviation* (SD)” do pacote GGEBiplotGui.

2.3 Resultados e Discussão

Na Figura 1 pode-se observar a flutuação populacional dos percevejos sugadores em cada ambiente, representada pela média de insetos presentes por data de avaliação.

Para as avaliações no ambiente 1, 96% das parcelas entraram em R5 até o dia 18/02, e na avaliação realizada no dia 18/03 53% destas já estavam em R7. No ambiente 2, 94% do total das parcelas avaliadas entraram em R5 até o dia 11/02, e na avaliação do dia 18/03 58% delas se encontravam em R7. No terceiro ambiente, 87% das parcelas estavam em R5 no dia 02/02, e 95% delas já se encontravam em R7 na avaliação do dia 16/03. Estes dados podem ser correlacionados com os picos de percevejos presentes nos diferentes ambientes (Figura 1).

O aumento na população de percevejos no final do ciclo da cultura (Figura 1), pode ser explicado pela presença de vagens nas plantas, considerando que essa é a fase crítica do ataque dos insetos, e os mesmos podem ter migrado de áreas vizinhas já colhidas (PANIZZI et al., 2000).

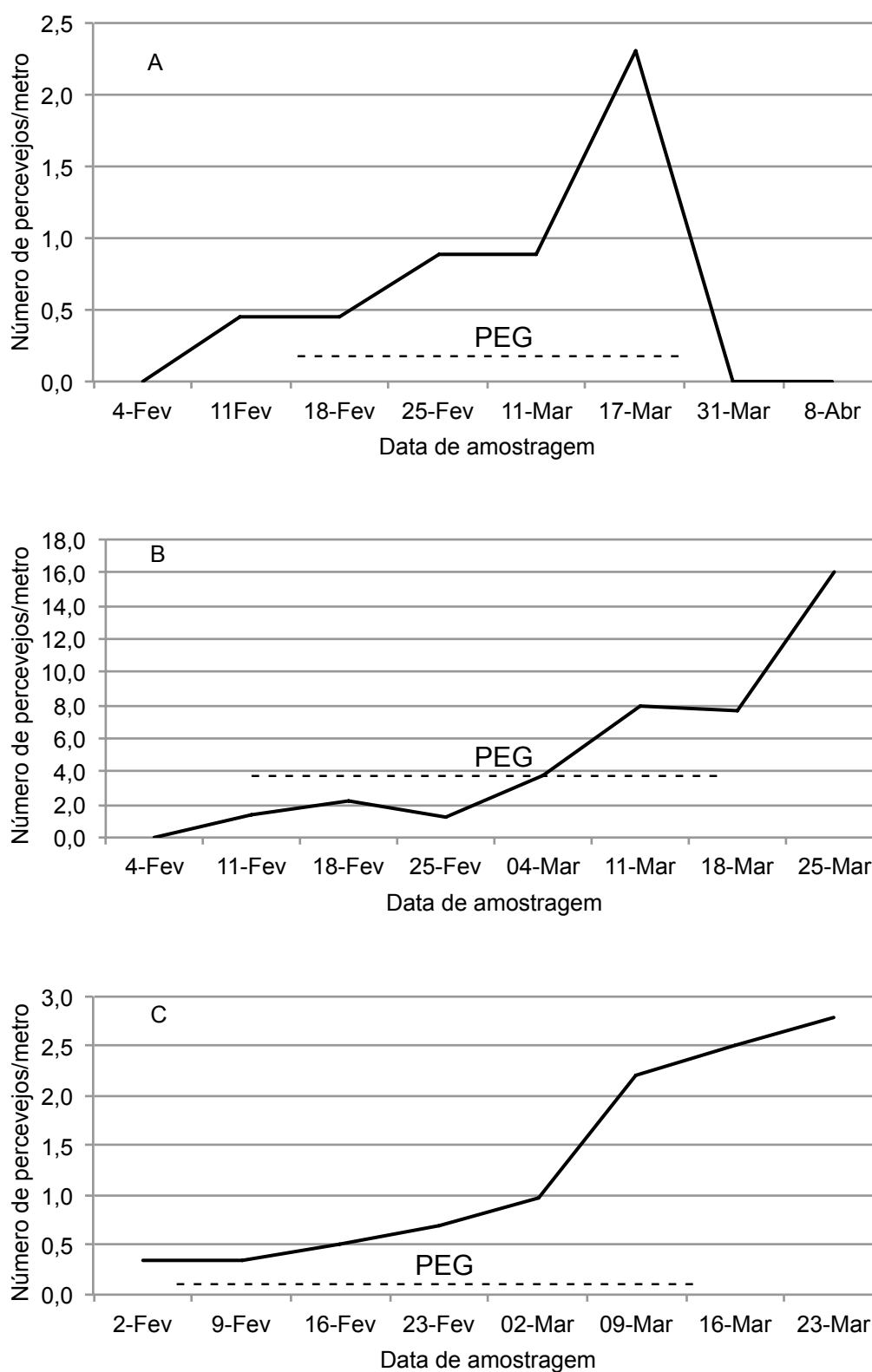


Figura 1 – Número médio de percevejos por amostragem nos experimentos de soja, com destaque para o estágio de período de granação (PEG), compreendido entre os estágios fenológicos R5 e R7, em três ambientes (A: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; B: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; C: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

A análise conjunta mostrou que a interação G x E foi significativa para PTS, PSB e PCS ao nível de 1%, a RF ao nível de 5%, e para as características NDM e PEG não houve diferença significativa pelo teste F (Tabela 2).

Bhan et al. (2005) afirmam que obter mais informações sobre o desempenho e a estabilidade é importante quando é detectado significância na interação G x E nos experimentos multi-locais. Os mesmos autores afirmam que a análise de GGE *biplot* pode ser utilizada de forma eficaz em experimentos de competição, mesmo quando a interação G x E não é significativa.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância conjunta e o coeficiente de variação em porcentagem (CV%) para peso total de sementes (PTS), peso de sementes boas (PSB), peso de cem sementes (PCS), número de dias para maturação (NDM), período de granação (PEG) e retenção foliar (RF) para 28 genótipos e cinco testemunhas de soja avaliados em Anhumas/SP nos anos agrícolas 2013/14 e 2014/15 e ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15

FV	GL	PTS	PSB	PCS	NDM	PEG	RF
Ambiente	2	46596492**	59856757**	159,153**	3828,1**	2376,33**	0,152981*
Rep/Amb	6	1036428**	1252128**	12,896**	35,8**	26,2 ^{NS}	0,079566 ^{NS}
Genótipo	32	1098628*	1332182**	7,611**	11,7**	26,38 ^{NS}	0,130948*
GxA	64	1219083**	992032**	1,895**	6,7 ^{NS}	30,9 ^{NS}	0,084755*
Resíduo	187	363130	312552	1,032	5,4	28,52	0,06514
CV%		21,86	23,18	8,52	1,96	13,2	22,07

^{NS} não significativo, *significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Em estudos que utilizam a análise de componentes principais como base, tem-se que nos primeiros eixos de interação há maior representação da porcentagem padrão, com diminuição para os eixos subsequentes. Deste modo, a medida que aumenta o número de eixos selecionados para as análises, eleva-se a porcentagem de ruído, o que reduz o poder de predição da análise (OLIVEIRA et al., 2003). Além disso, Le Roux e Gardner (2005) consideram que a análise gráfica *biplot* não pode ser considerada apenas como uma descrição visual detalhada de um fenômeno em forma multidimensional, embora isso seja útil, a mesma proporciona a pesquisadores de diferentes áreas uma plataforma onde são transformadas ideais teóricas em criativas aplicações visuais.

A análise de GGE *biplot* neste trabalho mostrou que a soma do PC1 e PC2 explicam 73,33% (41,57% + 31,76%) do PTS e 80,81% (52,11% + 28,7%) para o PSB (Figuras 2 e 3). Devido ao alto valor acumulado de explicação das porcentagens das somas de quadrados nos dois primeiros eixos de interação, a

interpretação gráfica da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foi realizada com base apenas nos dois primeiros eixos da interação G x E.

Estudos realizados por Kumar et al. (2014) utilizando a mesma metodologia para a avaliação da interação G x E de soja na Índia, apresentaram valores de PC1 e PC2 de 71,8% e 23%, respectivamente, explicando 94,8% da variação presente na população estudada. Para estudar a performance de diferentes genótipos de soja em diferentes datas de plantio a análise de GGE *biplot* explicou 75,8% do total de variação, com os valores da PC1 de 45,97% e PC2 de 29,83% (KANDIL, et al., 2012).

É muito comum em estudos multi-locais apresentar uma resposta diferencial dos genótipos nos diferentes ambientes, devido à ocorrência de interação G x E. Neste estudo, os genótipos 19, 7 e 5 foram os mais responsivos em produtividade para Anhumas no ano agrícola de 2013/14. Para o mesmo local no ano agrícola 2014/15 os três melhores genótipos foram 21, 14 e 7. Já na cidade de Piracicaba no ano agrícola de 2014/15 os genótipos que se destacaram foram 7, 16 e 23. Os ranques demonstram existência de interação dos genótipos com os ambientes, é válido ressaltar que o genótipo 7 está presente no ranque entre os três melhores genótipos em todos os ambientes (Tabela 1).

Experimentos em diferentes ambientes são realizados anualmente para as principais culturas, a fim de avaliar o desempenho e a adaptação das novas cultivares. Normalmente faz-se dois tipos de avaliações, a primeira é dos genótipos x ambientes, e a segunda genótipos x caracteres (G x C). O principal objetivo das análises é escolher cultivares superiores para atender as diferentes demandas dos produtores, processadores e consumidores com base nos experimentos multi-locais e avaliação de múltiplos caracteres (YAN; RAJCAN, 2002). Essa metodologia considera que o efeito principal do ambiente não é relevante na seleção de cultivares. Isso se deve ao fato de que, na seleção de cultivares e formação de mega-ambientes, a capacidade adaptativa dos genótipos é mais importante que as condições agroclimáticas (CAMARGO-BUITRAGO; INTIRE; CÓRDON-MENDONZA, 2011).

Os genótipos 7, 9, 8 e 23 se destacaram pelo bom desempenho, enquanto que a testemunha T3 (IAC-100) e os genótipos 2 e 1 apresentaram baixa performance para o caráter de peso total de sementes (Figura 2). A resposta da testemunha T3 foi previsível, uma vez que essa cultivar é obsoleta no mercado,

contudo a mesma possui os alelos de resistência ao complexo de percevejos. As demais testemunhas, ficaram no eixo 0 ou menor que 0 da PC1, o que demonstra o alto potencial produtivo dos genótipos avaliados em comparação com as testemunhas, uma vez que muitos genótipos estão à direita da origem. E os genótipos 22, 15, 26 e 18 se destacaram como os mais estáveis nos diferentes ambientes (próximos ao centro da PC2)(Figura 2).

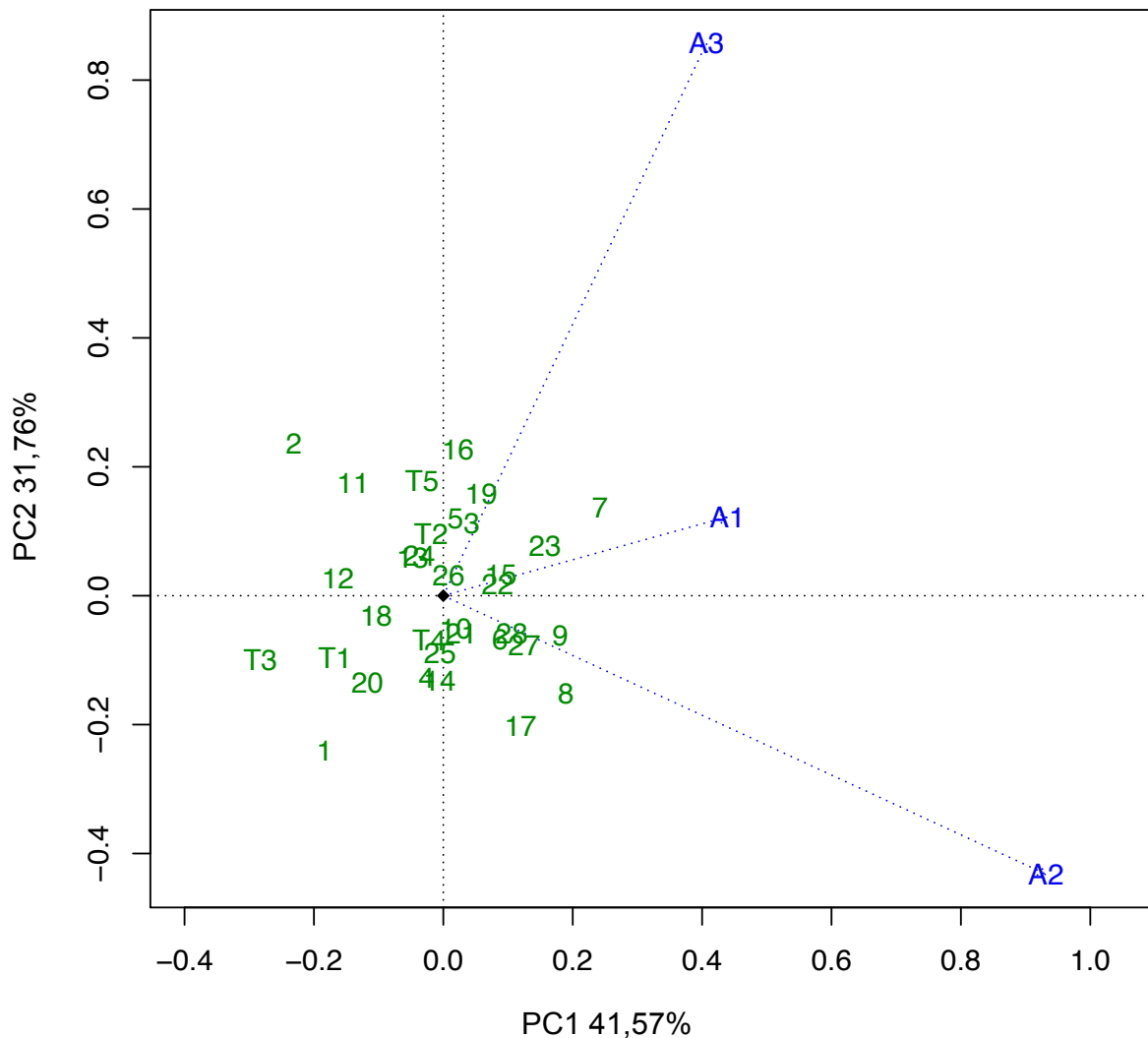


Figura 2 – GGE *Biplot* com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso total de sementes em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

A resposta para a variável peso de sementes boas demonstra que as testemunhas T2, T5 e T1 apresentaram pior desempenho, e os genótipos 7, 19 e 11 foram os que apresentaram o melhor desempenho (Figura 3). A representação gráfica dos genótipos para o caráter PSB se apresenta de forma espelhada com a análise de PTS, ou seja, os melhores genótipos ficaram alocados no lado esquerdo do gráfico para o PSB, enquanto que para o PTS os mesmos ficaram alocados no lado direito do gráfico, essas informações podem ser observadas nas figuras 5 e 6 com a seta apontando para o maior efeito principal do genótipo.

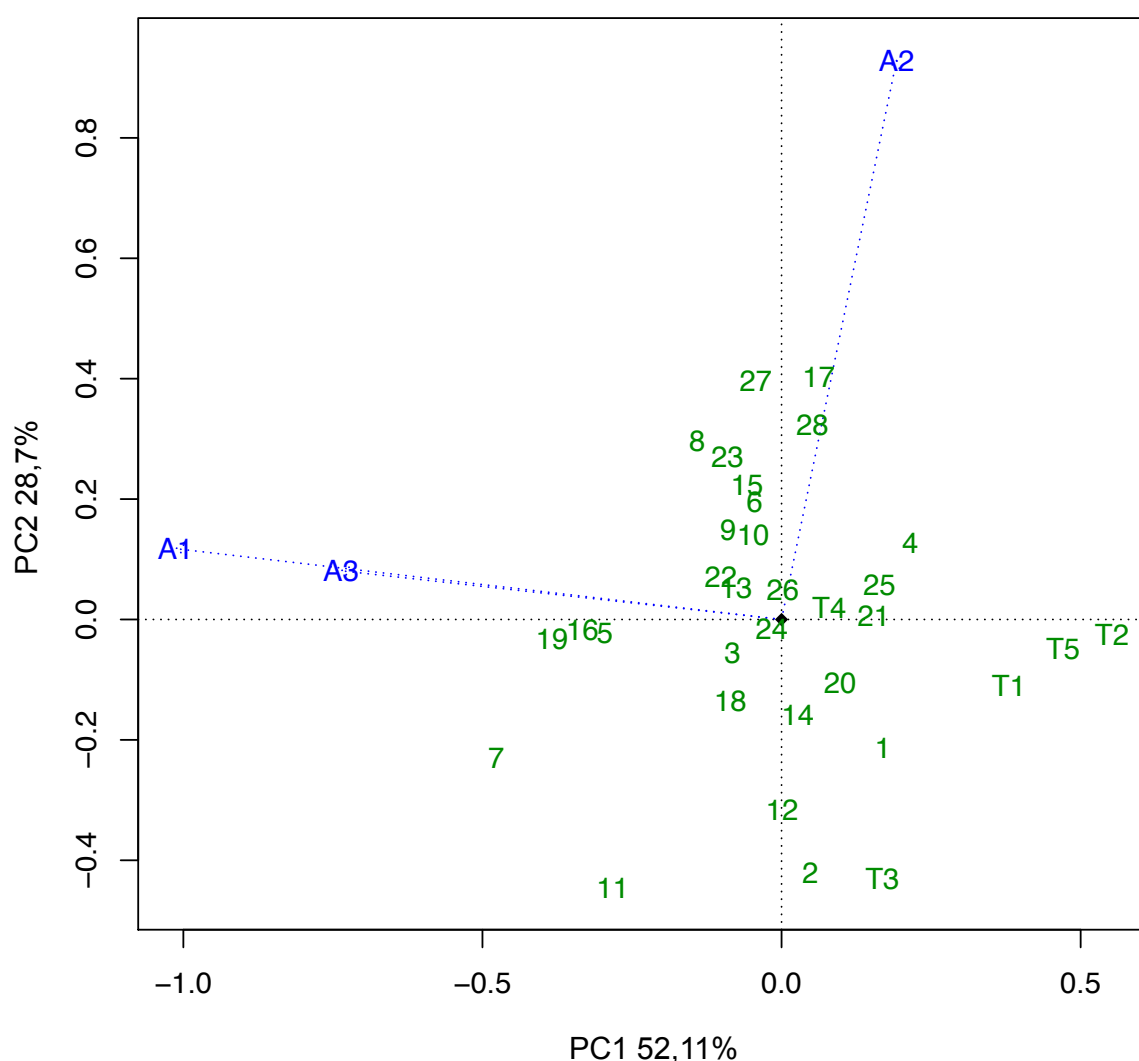


Figura 3 – GGE *Biplot* com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso de sementes boas em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Mesmo com um reduzido número de locais a análise de GGE *biplot* é eficiente. Kumar et al. (2014) realizaram estudos baseados na metodologia de GGE *biplot*. Quatro genótipos foram estudados em quatro ambientes, esses autores avaliaram o número de ramos onde a PC1 explicou 58,4% e PC2 35,2%, e para o caráter produtividade a PC1 foi capaz de explicar 71,8% e a PC2 23% da variação total, baseado nessas análises os autores conseguiram identificar os dois genótipos que apresentaram a maior produtividade com boa estabilidade em todos os ambientes.

Da mesma forma, Al-Ubaidi et al. (2013) realizaram avaliações em três ambientes para sete genótipos de trigo em três anos agrícolas onde a análise de GGE *biplot* foi capaz de explicar 99,6% do total da variação (99,6% e 0,3% para PC1 e PC2, respectivamente). Estes autores afirmam que mesmo com os dados de locais sendo semelhantes, a metodologia GGE *biplot* foi uma ferramenta útil na identificação dos melhores locais para a caracterização genética das cultivares. Assim, a técnica GGE *biplot* pode ser comparada com uma caixa de ferramentas para agrônomos, melhoristas de plantas, geneticistas e biometristas para interpretar e compreender os dados de G e G x E em experimentos multi-locais.

O rendimento e a estabilidade dos genótipos foram avaliados pelo método *Average Environment Coordination* – AEC – (YAN, 2001; YAN; HUNT, 2002; YAN, 2002). Neste método, a média de todos os ambientes é definida pelos PC1 e PC2, representados por um círculo. Uma linha é então desenhada passando pela média dos ambientes e pela origem do *biplot*, que serve como abscissa da AEC, sendo que esta linha é chamada de eixo médio dos ambientes. A ordenada da AEC é a linha que passa pela origem e é perpendicular ao eixo das abscissas AEC. Ao contrário da abscissa AEC, que tem um sentido, com a seta apontando para o maior efeito principal do genótipo, a ordenada AEC é perpendicular e em qualquer direção a partir da origem do *biplot* e indica o maior efeito da interação G x E e baixa estabilidade. A ordenada AEC separa os genótipos em inferiores e superiores com relação à média. Além disso, o rendimento médio dos genótipos é aproximado pelas projeções de seus marcadores para a abscissa AEC (Figuras 4 e 5).

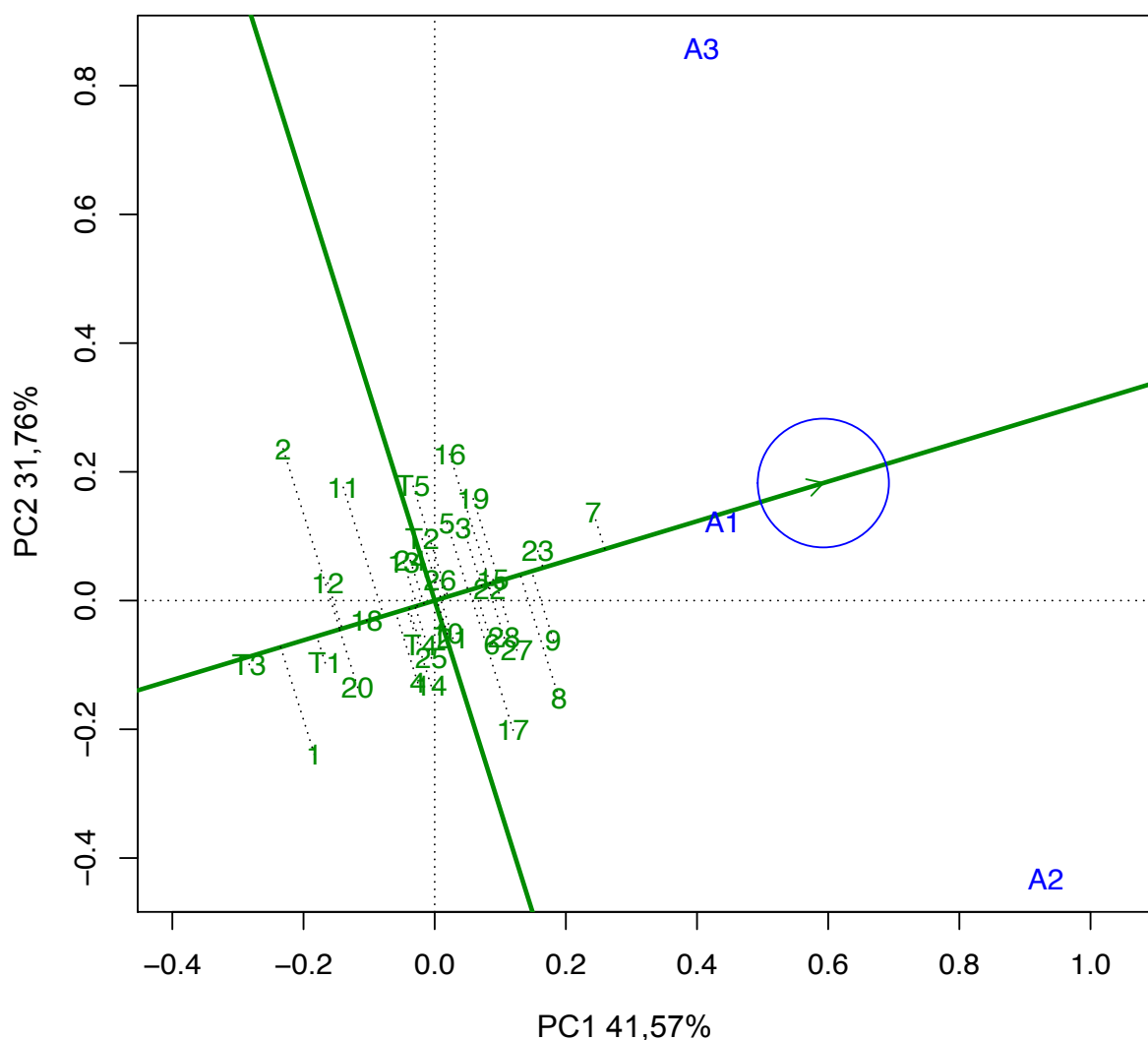


Figura 4 – Gráfico mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso total de sementes em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Para os dados de PTS os genótipos 7 e 23 estão entre os que ficaram acima da média, enquanto que a testemunha T3 e o genótipo 1 entre os que ficaram abaixo da média. O comprimento médio do vetor em relação ao ambiente (a distância desde a origem até o marcador médio do *biplot*) é uma medida da importância relativa do principal efeito do genótipo *versus* a interação G x E. Quanto maior ele é, mais importante é o efeito principal do genótipo, e mais significativa a seleção com base no desempenho médio. Este estudo foi capaz de selecionar os genótipos com base no rendimento médio, neste sentido os genótipos acima da média (genótipos 7 até o 26) devem ser selecionados em função do PTS (Figura 4).

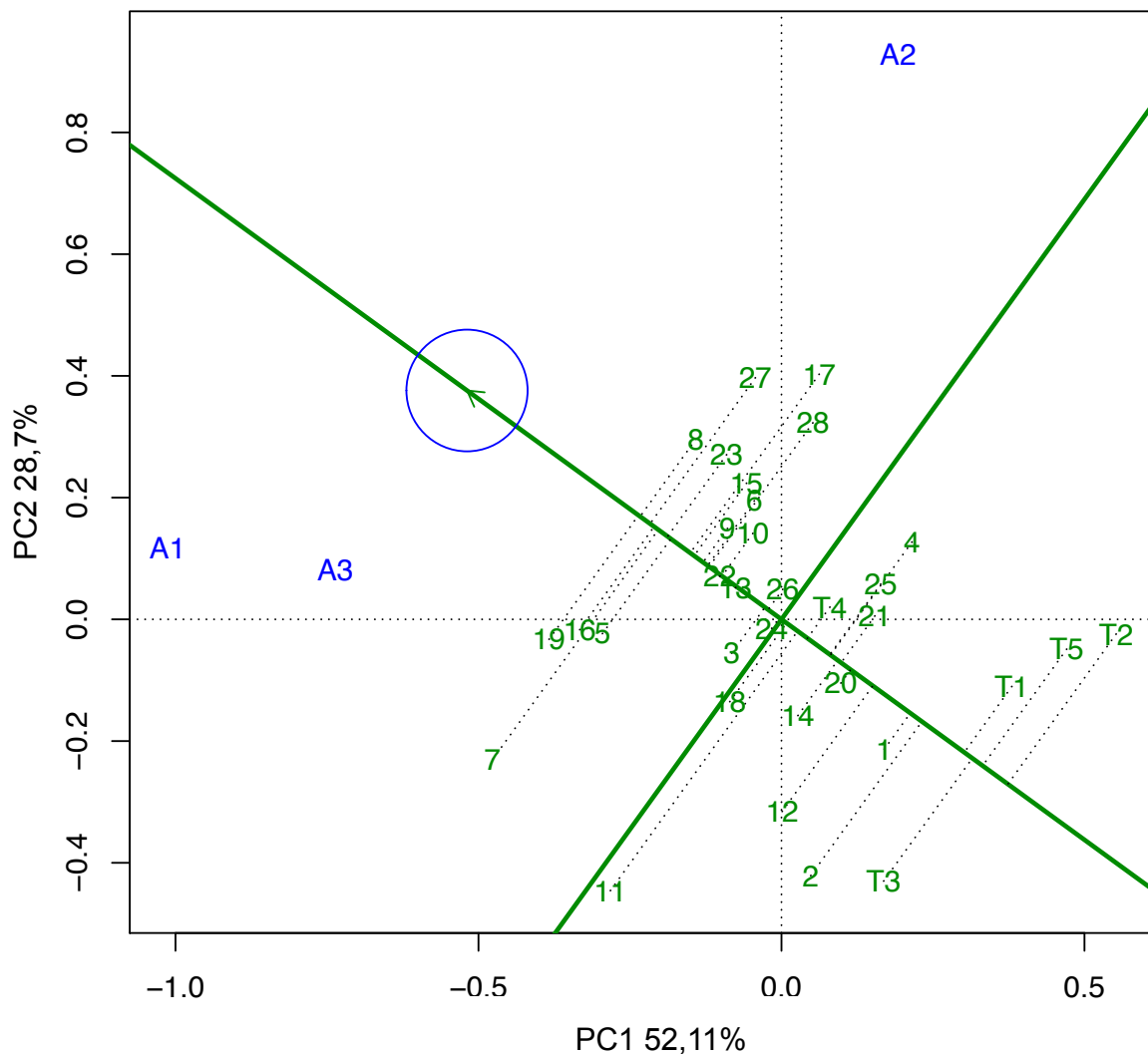


Figura 5 – Gráfico mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso de sementes boas em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Deve-se destacar que a estabilidade genotípica é tão importante tanto quanto o rendimento. A maior projeção à ordenada AEC, independentemente da direção, representa uma maior tendência da interação G x E de um genótipo, o que significa que é mais variável e menos estável nos ambientes. Por exemplo, os genótipos 7, 23 e 9 foram estáveis e com alto rendimento para o caráter PTS. Enquanto que os genótipos 16, 17 e 8 foram menos estáveis, mas também apresentaram rendimento acima da média (Figura 4). Com relação ao peso de sementes boas, os genótipos 13, 22 e 26 foram os mais estáveis e com alto rendimento, enquanto que os genótipos 7, 19, 17 e 27 apresentaram alto rendimento, porém com baixa estabilidade (Figura 5).

Nas análises GGE *biplot* o genótipo ideal é definido pelo maior comprimento do vetor e zero interação G x E, como está representado por uma seta no centro do menor círculo na figura 6 e 7. Embora esse genótipo ideal não exista na realidade, ele é usado como referência para a avaliação dos demais genótipos. Os demais círculos concêntricos auxiliam a visualização da distância entre cada genótipo com o genótipo ideal. A figura 6 demonstra que os genótipos 7 e 23 possuem o maior rendimento e a melhor estabilidade, em comparação com os demais genótipos. Os genótipos 9, 22, 15 e 19 são considerados como genótipos desejáveis, e os genótipos inferiores são T3, 1 e 2 para o caráter PTS (Figuras 6).

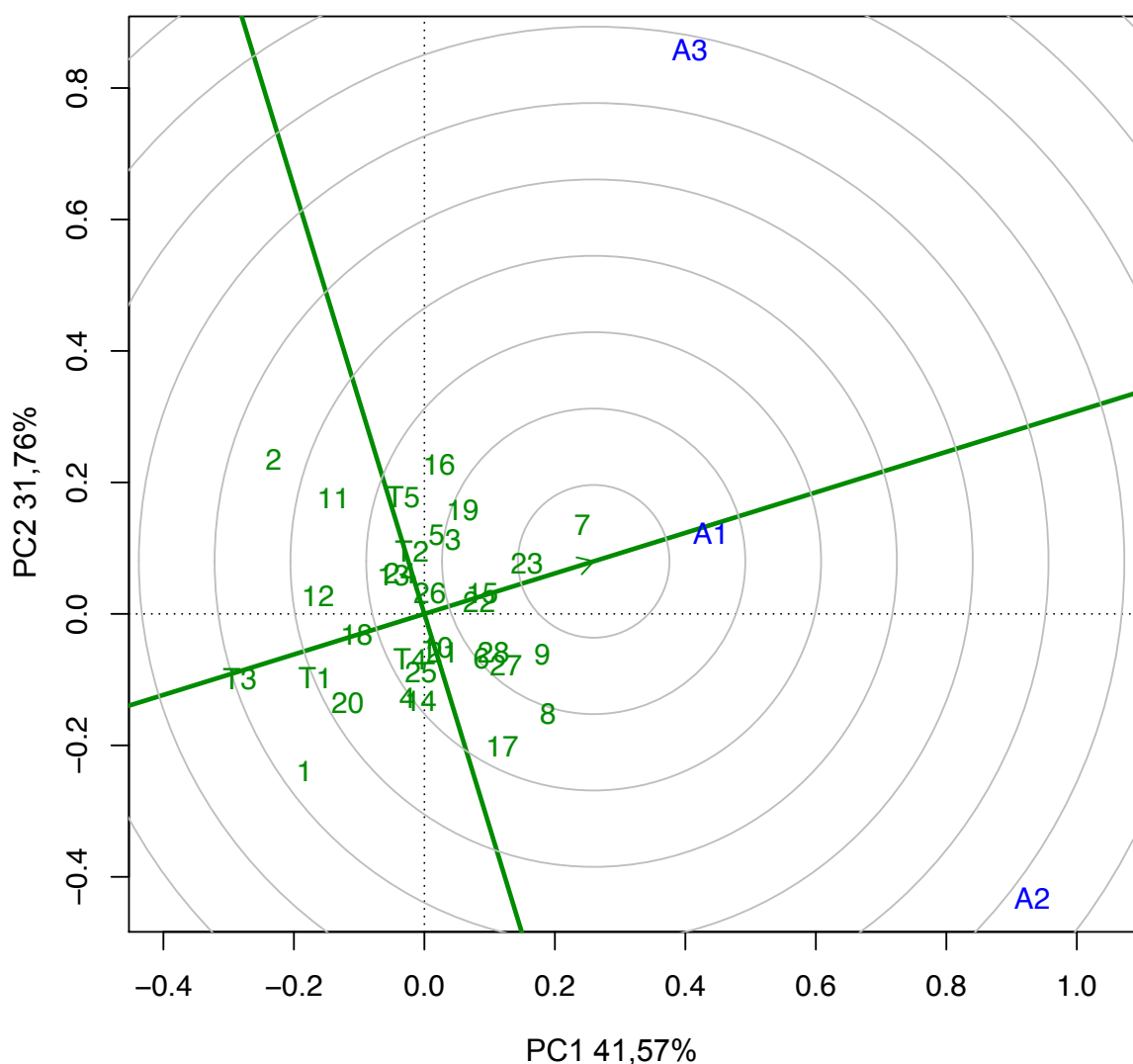


Figura 6 – Representação gráfica do genótipo ideal com base nos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso total de sementes em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Para o peso de sementes boas, nenhum genótipo ficou dentro do círculo que representa o genótipo ideal, os genótipos 8, 23, 15, 6, 9, 10, 22, 13, 16 e 5 ficaram no círculo subsequente representando os genótipos desejáveis. E as testemunhas T2, T3, T5, e T1 são considerados genótipos inferiores (Figura 7). A resposta inferior no peso de sementes boas das testemunhas (T2, T5 e T1) pode ser explicada uma vez que as mesmas não possuem a resistência ao complexo de percevejos, desde modo, o dano causado por estes insetos praga pode ser verificado no caráter PSB. Para a testemunha T3, a mesma possui a resistência aos insetos sugadores, entretanto, não tem alta produtividade de sementes, e os caracteres PTS e PSB estão positivamente correlacionados.

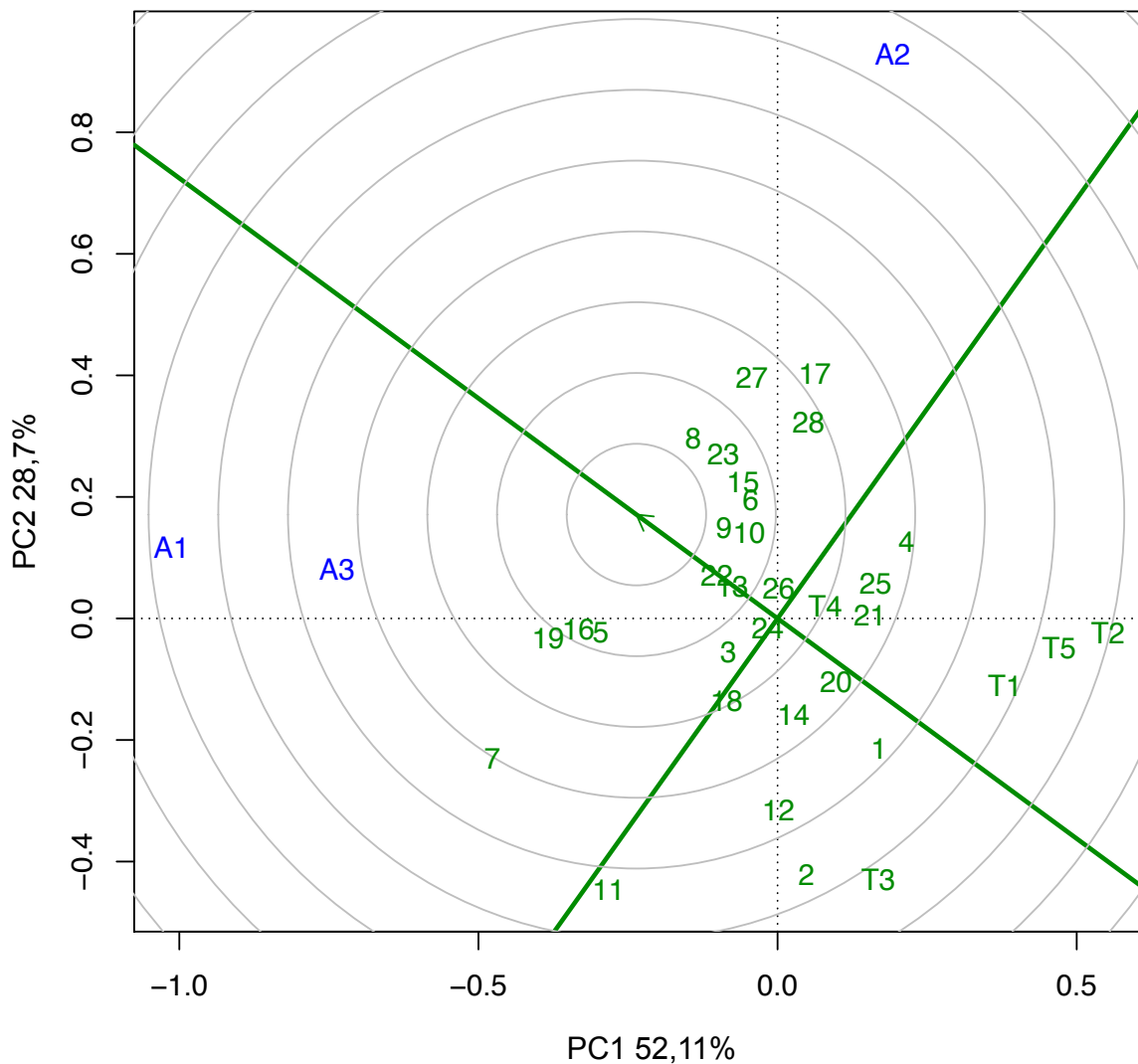


Figura 7 – Representação gráfica do genótipo ideal com base nos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso de sementes boas em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

A análise para as demais características avaliadas como peso de cementsentes, retenção foliar, número de dias para a maturidade e período de granação estão representadas nas figuras 8, 9, 10 e 11, respectivamente.

Apesar da não significância da interação G x E para os caracteres NDM e PEG, os mesmos apresentaram diferentes respostas nas análises de GGE *biplot*. Na análise *biplot* para esses caracteres, a soma da PC1 e PC2 explica 90,92% da variação para NDM (66,15% para PC1 e 24,77% para PC2), e 92,99% para o caráter de PEG com 62,92% e 30,07% para PC1 e PC2, respectivamente. A análise de GGE *biplot* foi considerada satisfatória uma vez que a soma dos dois principais componentes explicam mais do que 74% do total da variância devido ao G + G x E (YAN; HUNT, 2001).

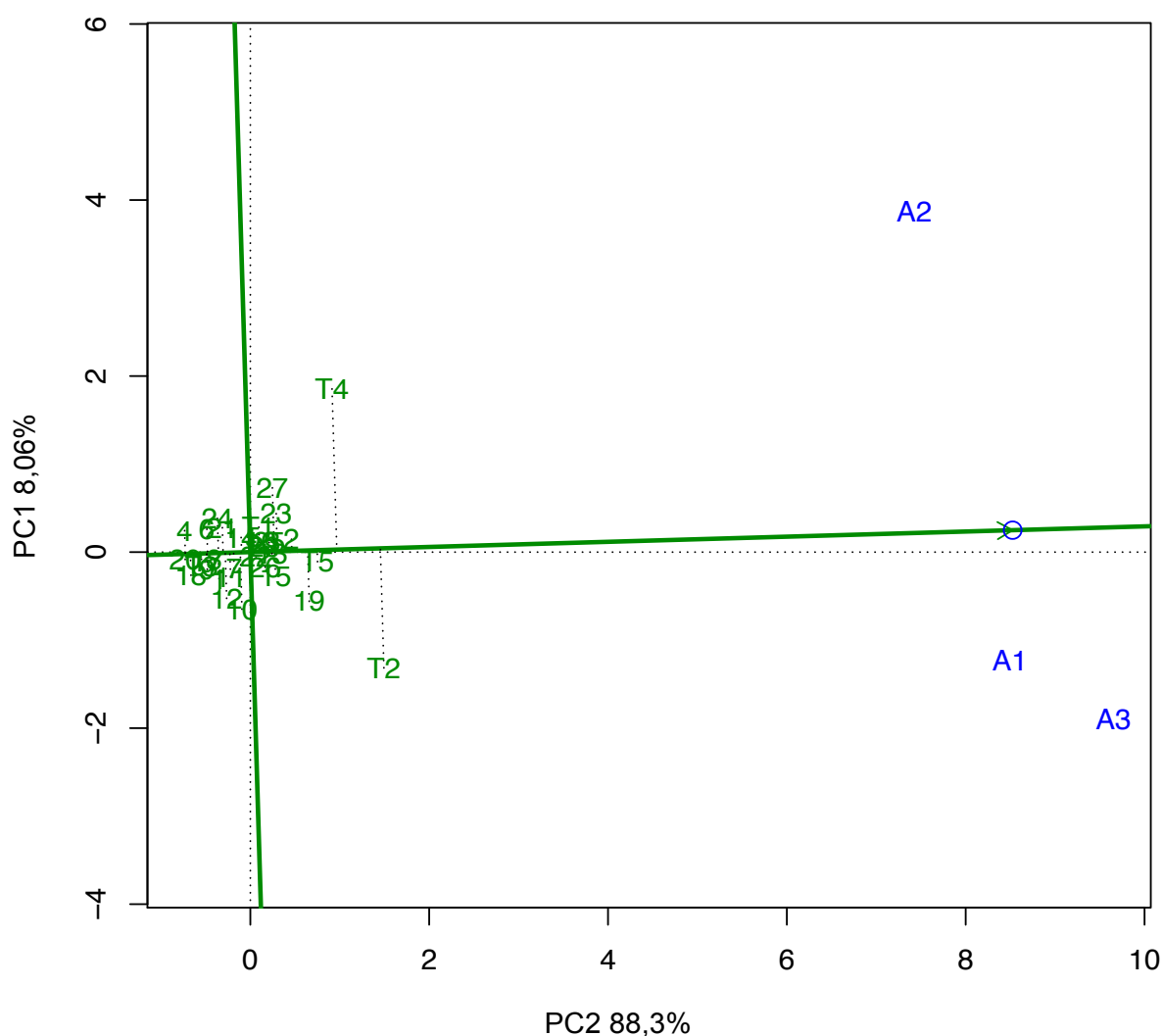


Figura 8 – Gráficos mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o peso de cementsentes em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

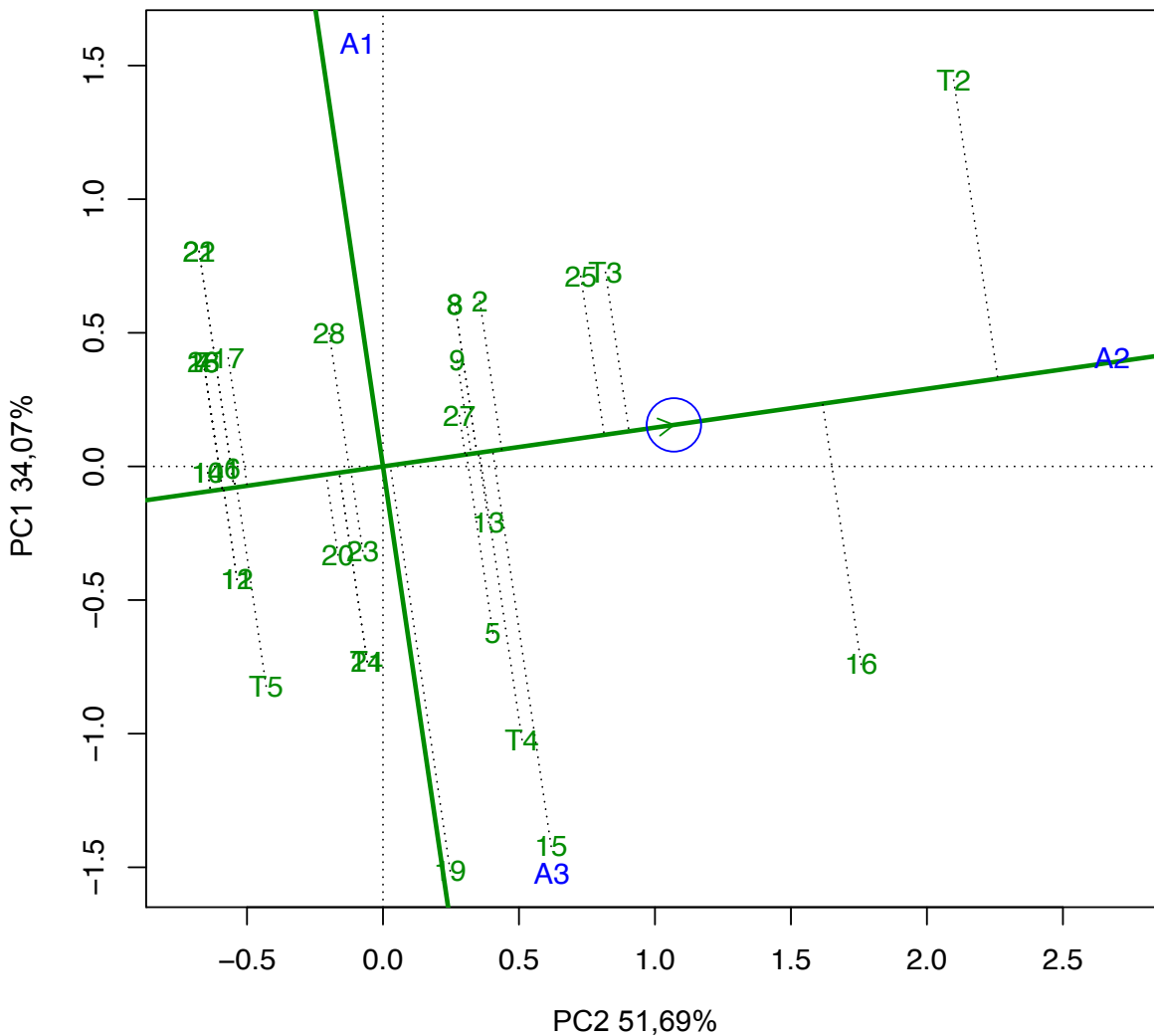


Figura 9 – Gráficos mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para a retenção foliar em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

O perfil do gráfico de GGE *biplot* para os caracteres de PCS e NDM é similar, com os genótipos aglomerados próximo ao ponto central, para os caracteres RF e PEG os genótipos se apresentaram mais dispersos (Figuras 8, 9, 10 e 11). Para PCS as testemunhas T2 e T4 se destacam pelo maior peso, uma vez que ambas são cultivares comerciais de soja.

Para o caráter período de granação da testemunha T3 (IAC-100) ficou isolada dos demais genótipos, no sentido contrário ao da seta, indicando um baixo valor de PEG como é comprovado pela literatura, sendo este um mecanismo de pseudo-resistência (Figura 11). Estudos realizados por Pinheiro (1993), consideram que a

ocorrência de menor período de granação é desejável, uma vez que isso representa um menor tempo de exposição da soja aos insetos sugadores durante o período crítico de dano (R5-R7).

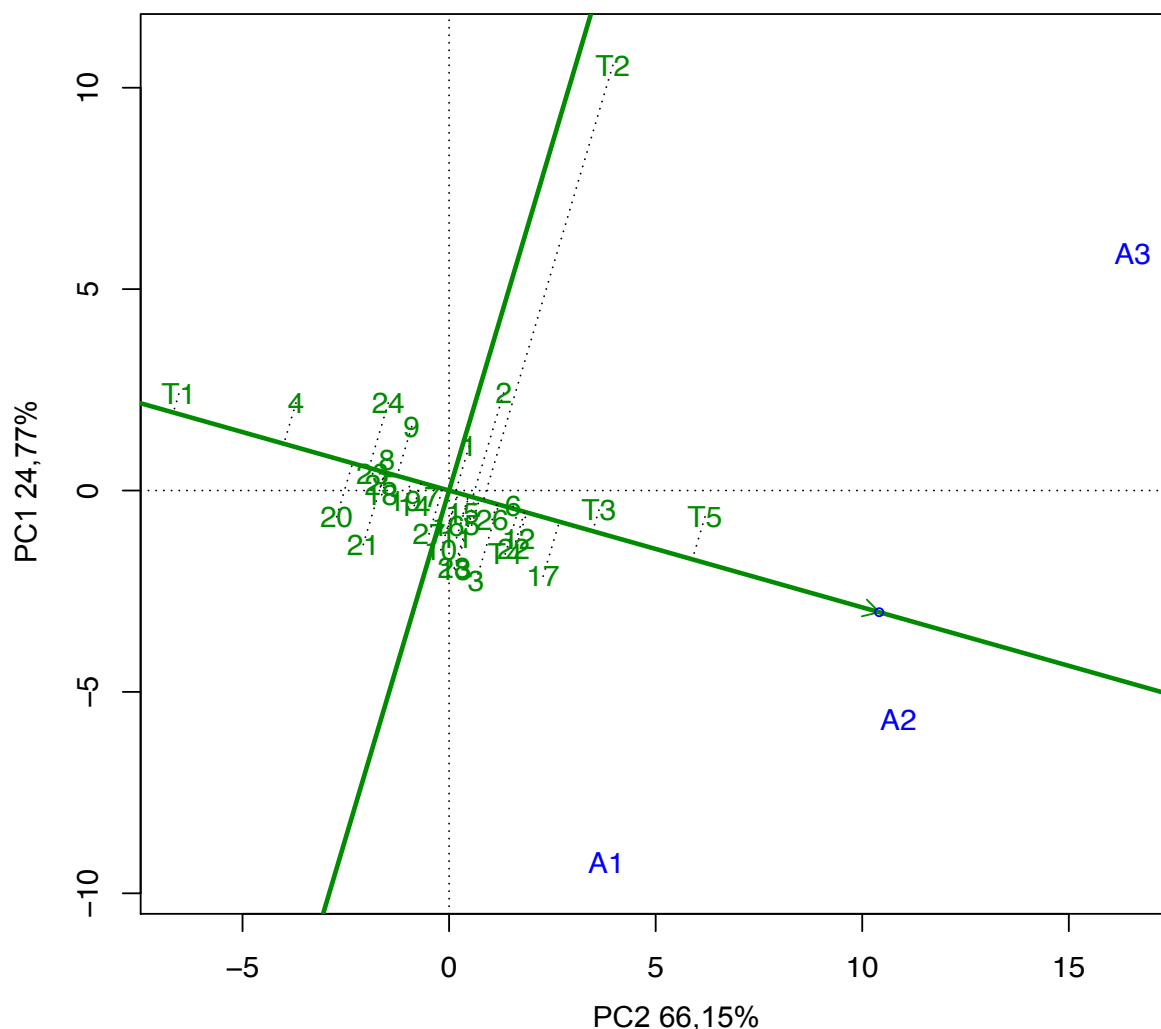


Figura 10 – Gráficos mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o número de dias para maturidade em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

Estudos realizados por Santos (2012) e Pereira (2015) indicam que os caracteres PCS, NDM e PEG apresentam entre si correlação positiva, ou seja, um menor período de granação resulta em menor peso de sementes, por exemplo. Uma das características de pseudo-resistência da IAC-100 é o pequeno tamanho das sementes, sendo capaz de produzir mais sementes e, dessa forma causando a

diminuição dos danos (ROSSETTO, 1989; LARA,1991; PINHEIRO, 1993; GODOI et al., 2002).

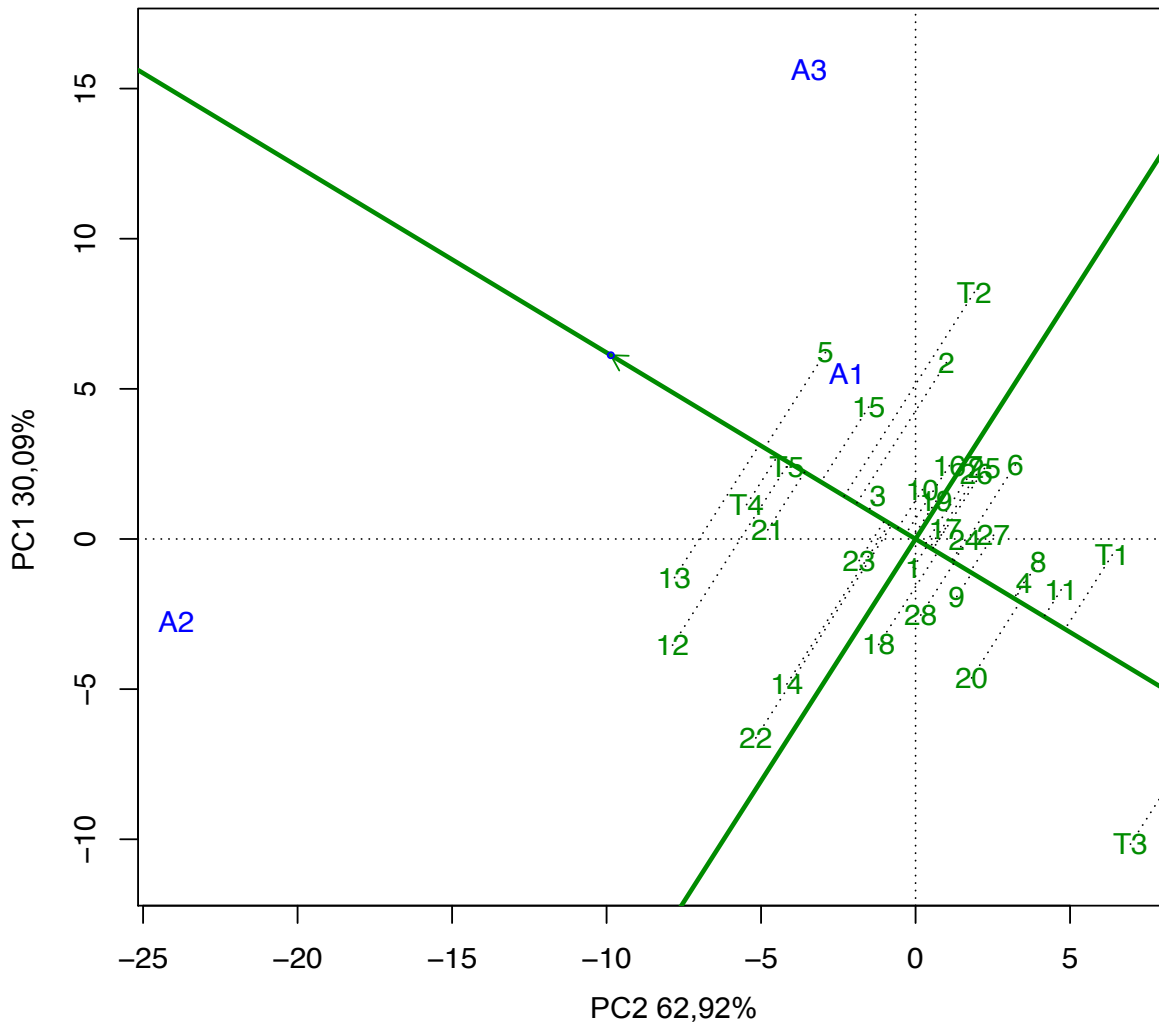


Figura 11 – Gráficos mostrando a relação entre a média e a estabilidade com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para o período de granação em 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax) em três ambientes (A1: Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14; A2: Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15; A3: ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15)

O caráter de retenção foliar é de grande importância para estudos de resistência de soja ao complexo de percevejos, pois está relacionado à um dano fisiológico causado por estes insetos-praga. São desejados genótipos com menores escores para esta característica. Plantas de soja atacadas por percevejos em sua fase reprodutiva, podem perder grãos e vagens, e esse estresse irá ocasionar a retenção foliar e hastes verdes. Haste verde consiste na manutenção de hastes primárias e secundárias verdes, e manutenção foliar é a retenção propriamente dita,

mesmo após a maturação fisiológica das sementes (SILVA et al, 2013). Os genótipos que mais se destacaram positivamente para o caráter de retenção foliar foram 10, 4, 6, 12 T5 e 22 (Figura 9), é válido lembrar que, quanto menor a nota de RF melhor é a resposta do genótipo, uma vez que a nota 1 é a que representa a senescência normal das plantas. O referido caráter é bastante influenciado pela densidade populacional e do comportamento destes insetos-praga presente nas parcelas experimentais e em qual fase de desenvolvimento da planta.

De acordo com Zhang et al. (2006) a metodologia GGE *biplot* é uma excelente ferramenta visual para a seleção de cultivares de soja em diferentes ambientes e que maximizam a diferenciação genética entre as cultivares. Essa metodologia também é capaz de identificar as cultivares que foram mais adaptadas a um ambiente ou que tiveram uma resposta mais estável nos diferentes ambientes. A análise de interação G x C é favorável na identificação das cultivares que possuem as características agrônômicas desejáveis. Esses autores acreditam que esse tipo de informação pode facilitar a escolha de genitores em programas de melhoramento, pois detalha tanto as correlações entre os caracteres quanto o potencial dos genitores em originar cruzamentos promissores.

A interpretação das associações é realizada pelo cosseno do ângulo entre os dois vetores a serem comparados. Foram adotados os seguintes critérios: a associação é positiva se o ângulo entre os vetores for $<90^\circ$; é negativa se o ângulo for $>90^\circ$; e é nula se o ângulo entre os vetores for igual a 90° (YAN; TINKER, 2006).

Zhang et al. (2006) utilizaram a metodologia de GGE *biplot* para a avaliação 100 genótipos de soja de diferentes grupos de maturação em dois ambientes por dois anos agrícolas. A metodologia foi eficiente para separar os genótipos mais adaptados e estáveis dentro de cada grupo de maturação. Estes autores também realizaram a segunda opção da metodologia de GGE que é a avaliação de genótipos por caracteres em cada ambiente (G x C). Neste estudo, os caracteres de produtividade, teor de óleo e peso de cem sementes estavam positivamente correlacionadas.

Na análise da interação de G x C, é possível confirmar a correlação positiva entre os caracteres PTS e PSB em todos os ambientes, sugerindo que a mensuração de um caráter pode auxiliar na seleção indireta do outro (Figuras 12, 13 e 14). Estudos realizados por Rocha (2015), Pereira (2015) e Moreira (2015) indicam que ao se selecionar plantas com alto peso de sementes boas em

experimentos sob o ataque dos percevejos, seleciona-se concomitantemente as plantas mais produtivas. As avaliações do PSB está diretamente relacionado com o PTS, um vez que este é mensurado pelo peso de grãos da parcela após o beneficiamento das sementes, que separa os grãos danificados pelos percevejos.

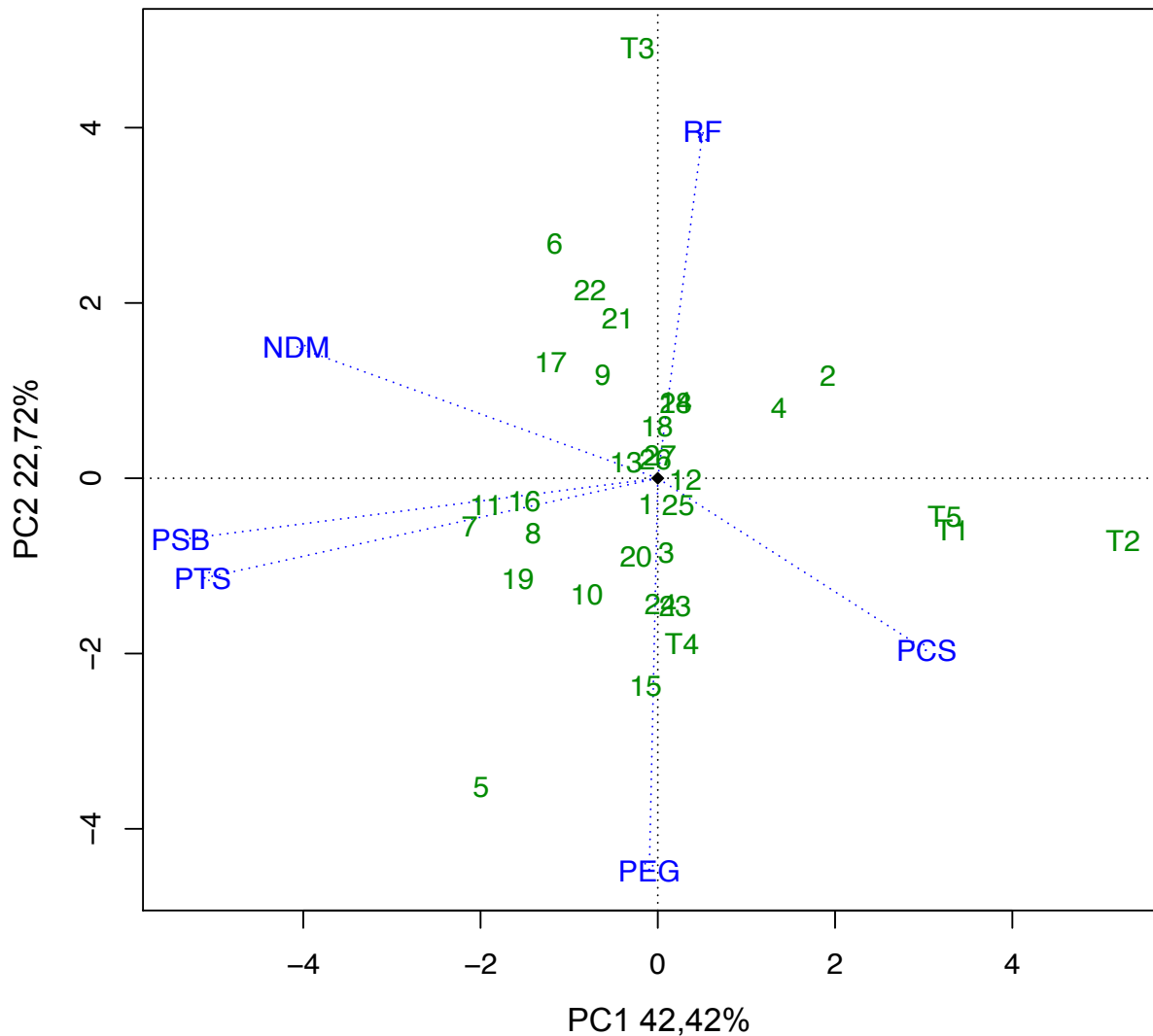


Figura 12 – GGE *Biplot* para genótipos x caracteres (G x C) com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para Anhumas/SP no ano agrícola 2013/14 de 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax). PTS: peso total de sementes; PSB: peso de sementes boas; PCS, peso de cem sementes; RF: retenção foliar; NDM: número dias para maturação; PEG: período de granação

Seguindo o mesmo raciocínio, com o ângulo dos vetores $<90^\circ$, também existe uma correlação positiva entre os caracteres PEG e PCS: quanto maior o período de granação espera-se que a peso das sementes seja maior ou, quando menor o período de granação espera-se que seja menor o peso das sementes. A RF é um

caráter flutuante pois está diretamente relacionada com a resposta em ataque do complexo de percevejos (Figuras 12, 13 e 14).

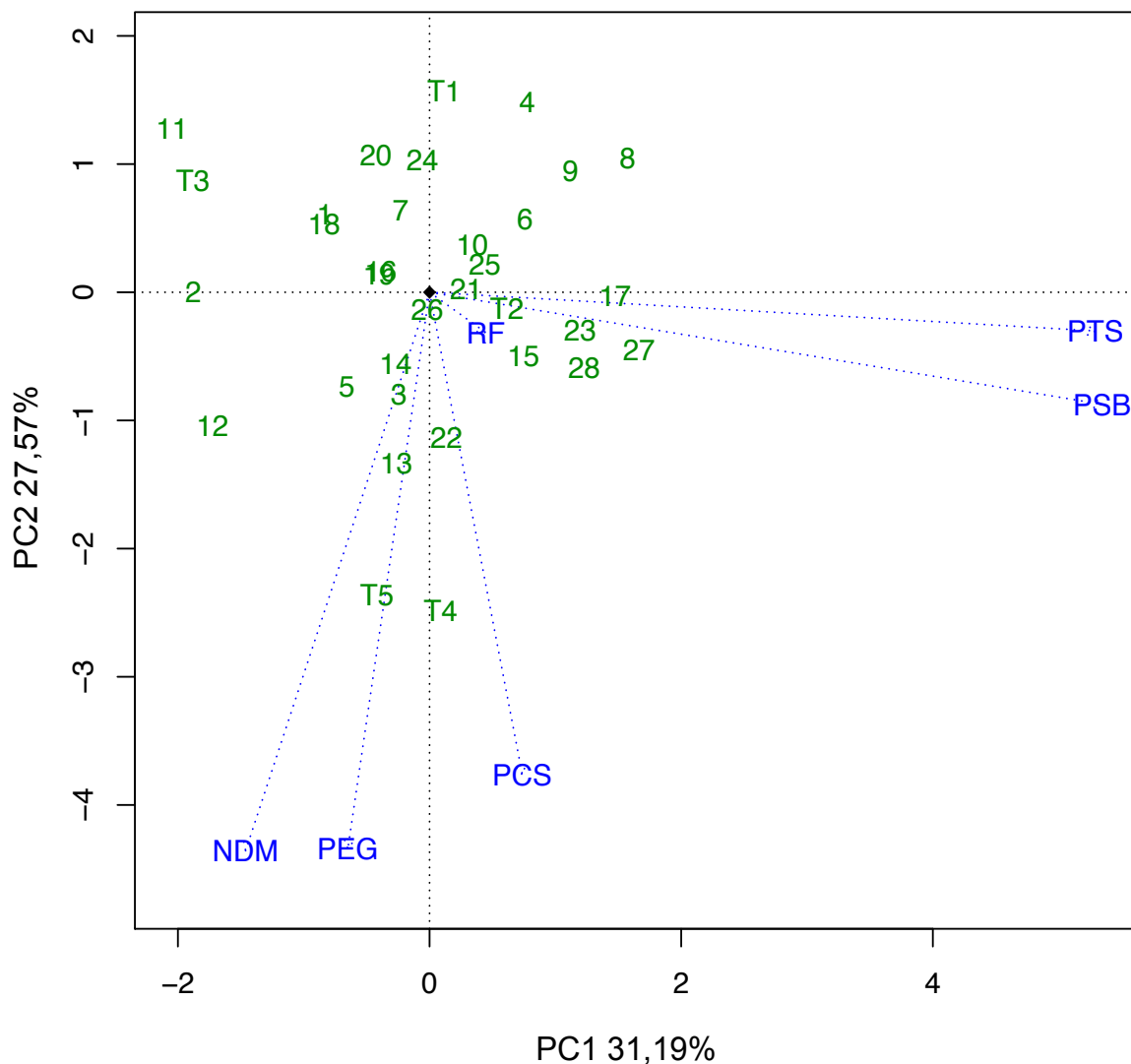


Figura 13 – GGE *Biplot* para genótipos x caracteres (G x C) com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para Anhumas/SP no ano agrícola 2014/15 de 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax). PTS: peso total de sementes; PSB: peso de sementes boas; PCS, peso de cem sementes; RF: retenção foliar; NDM: número dias para maturação; PEG: período de granação

Miranda et al. (2001) e Miranda e Lourenção (2002) relataram que genótipos resistentes produzem um grande número de vagens porém com sementes menores, isso permite que ocorra a “diluição de dano”, uma vez que grande porcentagem de sementes se conservarão livres do ataque dos percevejos. Este fato é um dos mecanismos de resistência da cultivar IAC-100, que foi utilizada como fonte de resistência no cruzamento entre IAC-100 e CD-215.

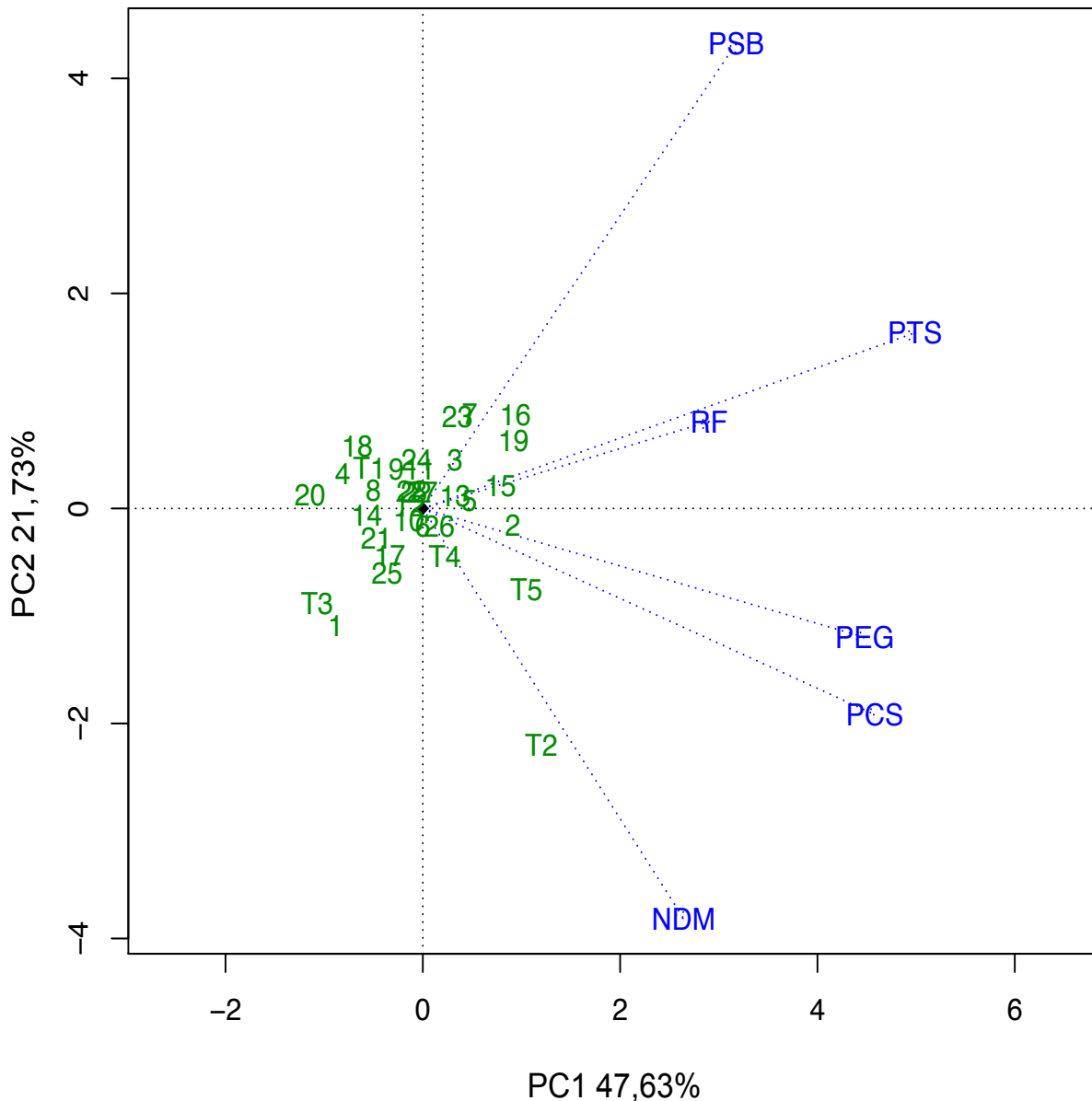


Figura 13 – GGE *Biplot* para genótipos x caracteres (G x C) com os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) para ESALQ/SP no ano agrícola 2014/15 de 28 genótipos e cinco testemunhas (T1: CD-215; T2: Conquista; T3: IAC-100; T4: Potência; T5: Vmax). PTS: peso total de sementes; PSB: peso de sementes boas; PCS, peso de cem sementes; RF: retenção foliar; NDM: número dias para maturação; PEG: período de granação

O NDM está positivamente correlacionado com o PEG para os ambientes 2 e 3, porém negativamente no ambiente 1. Há uma tendência de quanto menor o número de dias necessários para a maturação, menor será o período de granação. É válido ressaltar que o menor período de granação está relacionado com o mecanismo de pseudo-resistência, pois quanto menor PEG, é mais provável que ocorra a evasão hospedeira.

2.4 Conclusões

A análise GGE *biplot* permitiu classificar os genótipos avaliados quanto à adaptabilidade e estabilidade nos diferentes ambientes.

Os genótipos 7, 23, 9, e 8 foram os genótipos mais responsivos nos três ambientes avaliados para o caráter de peso total de sementes. Para o caráter de peso de sementes boas os genótipos 19, 8, 16 e 7 foram os que mais se destacaram.

O peso de sementes boas está positivamente correlacionado com o peso total de sementes em todos os ambientes. Deste modo, a seleção para PSB visando obter genótipos com resistência ao complexo de percevejos, resulta na seleção de genótipos com boa produtividade.

É oportuno realizar outros ensaios de competição e a seleção dentro da população avaliada para o futuro lançamento de novas cultivares de soja agronomicamente superiores e com resistência ao complexo de percevejos.

Referências

- AL-UBAIDI, M.O.; AL-KAISY, A.M.; AL-ISSAWI, M.H.; FADHEL, F.; FULLER, M. Performance assessment of wheat cultivars under three locations using GGE-biplot. **Journal of Genetic and Environmental Resources Conservation**, Eskilstuna, v. 1, n. 3, p. 262-270, 2013.
- ASFAW, A.; ALEMAYEHU, F.; GURUM, F.; ATNAF, M. AMMI and SREG GGE biplot analysis for matching varieties onto soybean production environments in Ethiopia. **Scientific Research and Essay**, v. 4, p. 1322-1330, 2009.
- ASHRAF, M.; IQBAL, Z.; ARSHAD, M.; WAHEED, A.; GLUFRAN, M.A.; CHAUDHTY, Z.; BAIG, D. Multi-environment response in seed yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill], genotypes through GGE biplot technique. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 42, p. 3899-3905, 2010.
- BHAN, M.K.; PAL, S.; RAO, B.L.; DHAR, A.K.; KANG, M.S. GGE biplot analysis of oil yield in lemon- grass (*Cymbopogon* spp.). **Journal of New Seeds**, London, v. 7, p. 127- 139, 2005
- CAMARGO-BUITRAGO, I.; INTIRE, E.M.; CÓRDON-MENDOZA, R. Identificación de mega-ambientes para potenciar el uso de progênies superiores de arroz en Panamá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia, v.46, n.9, p.1601-1069, 2011.
- COOMBS, M.T. Seasonal phenology, parasitism, and evaluation of mowing as a control measure for *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) in Australian pecans. **Environmental Entomology**, Annapolis, v. 29, p. 1027- 1033, 2000.

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480p.

DARDANELLI, J.L.; BALZARINI, M.; MARTÍNEZ, M.J.; CUNIBERTI, M.; RESNIK, S.; RAMUNDA, S.F.; ROSANA, H.; BAIGORRI, H. Soybean maturity groups, environments, and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. **Crop science**, Madison, v. 46, p.1939-1947, 2006.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. In. YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S.A. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, v.11, 2007. 274p.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. In. YUYAMA, M. M.; SUZUKI, S.; CAMACHO, S.A. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, v.11, 2007. 274 p.

FRUTOS, E.; GALINDO, M.P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, Berlin, v. 28, p. 1629-1641, 2014.

GABRIEL, K.R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, Oxford, v.58, n.3, p.453-467, 1971.

GODOI, C.R.C.; PEREIRA, F.S.; UMENO, F.; ÁZARA, N.A.; LIMA, P.M.S.; SILVA, R.P.; OLIVEIRA, A.B.; ARAÚJO, I.M.; ZUCCHI, M.I.; PINHEIRO, J.B. Resistência a insetos em populações de soja com diferentes proporções gênicas de genitores resistentes. **Revista Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.1, n.32, p.47-55, 2002.

GODOI, C.R.C.; PINHEIRO, J.B. Genetic parameters and selection strategies of soybean genotypes resistant to stink bug complex. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.32, n.2, p.328-336, 2009.

GUEDES, J.V.C.; ARNEMANN, J.A.; STÜRMER, G.R.; MELO, A.A.; BIGOLIN, M.; PERINI, C.R.; SARI, B.G. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p.28-34, 2012.

KANDIL, A. A.; SHARIEF, A. E.; MORSY, A. R.; EL-SAYED, A. M. Performance of some promising genotypes of soybean under different planting dates using biplots analysis. **Journal of Basic & Applied Sciences**, Mississauga, v. 8, n. 2, p. 379-385, 2012.

KROONENBERG, P. M. **Introduction to biplots for GxE tables**. Brisbane: University of Queensland, 1995. Disponível em: <<http://www.ggebiplot.com/Kroonenberg1997.pdf>>. Acesso em: 26 e set. 2015.

KUMAR, A.; KUMAR, S.; KAPOOR, C.; BHAGAWATI, R.; PANDEY, A.; PATTANAYAK, A. GGE biplot analysis of genotype x environment interaction in soybean grown in NEH regions of India. **Environment & Ecology**. Kalyani, v. 32, p. 1047 – 1050, 2014.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2a ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LE ROUX, N.J.; GARDNER, S. Analysing your multivariate data as a pictorial: a case for applying biplot methodology? **International Statistical Review**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 365-387, 2005.

LEE, S.J.; YAN, W.; AHN, J.K.; CHUNG, I.M. Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 81, p. 181-192, 2003.

McPHERSON, J. E.; McPHERSON, R. M. 2000. **Stink bugs of economic importance in America north of Mexico**. CRC Press LLC.

MIRANDA, M.A.C.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, F.T.S.; UNEDA, S.H.; LOURENÇÃO, A.L.; ITO, M.F. IAC-23 e IAC-24: cultivares de soja resistentes a insetos para o estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBMP, 2001. p. 12.

MIRANDA, M.A.C.; LOURENÇÃO, A.L. Melhoramento genético da soja para a resistência a insetos: uma realidade para aumentar a eficiência do controle integrado de pragas e viabilizar a soja orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa-Soja, 2002. p.52-60.

MOHAMMADI, R.; AMRI, A. Analysis of genotype x environment interactions for grain yield in durum wheat. **Crop Science**, Madison, v.49, n.4, p.1177-1186, 2009.

MOREIRA, F. F. **Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**. 2015. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MORRISON, M.J.; COBER, E.R.; SALEEM, M.F.; MCLAUGHLIN, N.B.; FRÉGEAU-REID, J.A.; MA, B.-L.; YAN, W.; WOODROW, L. Changes in Isoflavone Concentration with 58 Years of Genetic Improvement of Short-Season Soybean Cultivars in Canada. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2201-2208, 2008.

OLIVEIRA, B.A.; DUARTE, J.B.; PINHEIRO, J.B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, p. 357-364, 2003.

OLIVERIA, K.C.; DOMINQUINI, M.R.; PEREIRA, F.B.; SILVA, L.R.; VIEIRA, C.C.; PINHEIRO, J.B. Índice de Seleção em Soja Visando Resistência ao Complexo de Percevejos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2013, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: SBMP, 2013. p. 2615-2617.

OLSON, D.M.; RUBERSON, J.R.; ANDOW, D.A. Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. **Agriculture, ecosystems & environment**, Amsterdam, v. 156, p. 94-98, 2012.

PANIZZI, A.R. Wild host of pentatomids: Ecological significance and role in their pest status on crops. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 99-122, 1997.

PANIZZI, A.R.; McPHERSON, J.E.; JAMES, D.G.; JAVAHERY, M.; McPHERSON, R.M. Stink bugs (Pentatomidae). In: SCHAEFER, C.W.; PANIZZI, A.R. (Ed.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC, 2000. chap. 13, p. 432-434.

PANIZZI, A.R.; SLANSKY, F. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, v. 68, n. 1, p.184-214, 1985.

PEREIRA, F.B. **Estratégias de seleção para resistência a percevejos e alta produtividade em populaces segregantes de soja**. 2015. 75p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

PINHEIRO, J.B. **Dialelo parcial entre parentais de soja resistentes e suscetíveis a insetos**. 1993. 143 p. Dissertação de mestrado (Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

R Core Team (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

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

ROCHA, F da. **Seleção de progênies de soja para resistência ao complexo de percevejos**. 2015. 81p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

ROSSETTO, C.J. Breeding for resistance to stink bugs. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989. Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Asociacion Argentina de la Soja Press. 1989. v. 4, p. 2046-2060.

SANTOS, M.F. **Mapeamento de QTL e expressão gênica associados à resistência da soja ao complexo de percevejos**. 2012. 119p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SILVA, J.P.G.F.; BALDIN, E.L.L.; SOUZA, E.S.; CANASSA, V.F.; LOURENÇÃO, A.L. Characterization of antibiosis to the redbanded stink bug *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean entries. **Journal of Pest Science**, Berlim, v. 86, n.4, p. 649-657, 2013.

SILVA, L.A.S.; VELLO, N.A. Escolha de genitores baseada na análise biplot de genótipos x caracteres em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. Anais... Londrina: EMBRAPA - CNPSo, 2006. p. 135.

SILVA, R.G. **Métodos de genética quantitativa aplicados ao melhoramento animal**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1982. 162p.

- SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F. Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.24, n.2, p.401–404, 1995.
- STRÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI-FILHO, A.; STEFANELO, L.S.; GUEDES, J.V.C. Eficiência de métodos de amostragem de lagartas e de percevejos na cultura de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2105-2111, 2012.
- YAN, W. GGE biplot vs. AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. **Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics**, New Delhi, v.65, n.2, p.181-193, 2011.
- YAN, W. GGEbiplot – A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. **Agronomy Journal**, Guelph, v. 93, p. 1111–1118, 2001.
- YAN, W. Singular value partitioning for biplot analysis of multi-environment trial data. **Agronomy Journal**, Guelph, v. 4, p. 990–996, 2002.
- YAN, W.; HOLLAND, J.B. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. **Euphytica**, Dordrecht, v.171, n.3, p.355- 369, 2010.
- YAN, W.; HUNT, L.A. Biplot analysis of diallel data. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 21-30, 2002.
- YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 597-605, 2000.
- YAN, W.; HUNT, L.N. Interpretation of Genotype X Environment Interaction for Winter Wheat Yield in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 19-23, 2001.
- YAN, W.; KANG, M.S. **GGE biplot analysis**: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. Florida: Boca Raton, 2003. 286p.
- YAN, W.; KANG, M.S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P. L. GGE Biplots vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop science**, Madison, v.47, n.2, p.643-655, 2007.
- YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 11-20, 2002
- YAN, W.; TINKER, N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.86, p.623-645, 2006.
- ZHANG, M.; KANG, M. S.; REESE Jr, P. F.; BHARDWAJ, H. L. Soybean cultivar evaluation via GGE biplot analysis. **Journal of New Seeds**, London, v. 7, n. 4, p. 37-50, 2006.
- ZHE, Y.; LAUER, J.G.; BORGES, R.; DE LEON, N. Effects of genotype × environment interaction on agronomic traits in soybean. **Crop science**, Madison, v. 50, p. 696-702, 2010.

3 RESISTÊNCIA AO COMPLEXO DE PERCEVEJOS: UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DO EMPREGO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MELHORAMENTO

Resumo

O conhecimento da eficácia dos diferentes métodos de melhoramento é a chave para auxiliar os melhoristas de plantas na escolha do método mais adequado para determinada cultura. A fim de proporcionar um entendimento sobre a seleção de genótipos com resistência ao complexo de percevejos em soja, este artigo analisou os resultados de dois métodos de melhoramento, genealógico e MSD (descendência de múltiplas sementes). O estudo foi realizado através da avaliação de 114 genótipos obtidos pelo método genealógico e 251 genótipos obtidos pelo método MSD. Ambas as populações foram obtidas pelo cruzamento IAC-100 (resistente ao complexo de percevejos) com CD-215. Os experimentos foram avaliados em campo durante o ano agrícola 2014/15. Os caracteres produtividade de grãos e peso de sementes boas foram utilizados como base deste estudo. Foi realizada uma análise descritiva de ambos os métodos e uma análise conjunta por modelos mistos para a averiguação da diferença existente entre eles. Os resultados confirmaram que tanto o método genealógico quanto o MSD foram eficientes no desenvolvimento de linhagens de soja superiores para produtividade de grãos e resistência aos insetos sugadores. Em particular, as principais conclusões do estudo são: *i*) o teste de Wald-*F* comprovou a existência da diferença entre os métodos estudados; *ii*) O cruzamento entre as cultivares IAC-100 e CD-215 tem potencial genético para o desenvolvimento de linhagens agronomicamente superiores e com resistência ao complexo de percevejos; *iii*) a maior variabilidade genética e maior média foi encontrada na população desenvolvida pelo método MSD; *iv*) o método genealógico obteve 10 genótipos com média superior a da melhor testemunha; *v*) a interação genótipo por ambiente influenciou na resposta das progênies avaliadas.

Palavras-chave: *Glycine max*; Método genealógico; Método MSD; Resistência de plantas

Abstract

In-depth knowledge of the effectiveness of different breeding methods is key to help plant breeders in choosing the most suitable breeding method for any specific culture. In order to provide a understanding on how to select genotypes with resistance to stink bug complex, this paper analyzes the results of two breeding methods in soybean population, i.e., pedigree and MSD (multiple seeds descent). The study was carried out by evaluating 114 genotypes obtained by pedigree method and 251 genotypes obtained by the MSD method. Both populations were obtained by crossing IAC-100 (resistance to stink bug complex) with CD-215. The experiments were evaluated in the field during the growing season 2014/15. The study is based on the analysis of the traits of both grain yield and weight of good seeds using descriptive statistics and mixed models. The analysis showed that both pedigree and MSD methods were efficient in the development of superior soybean lines for yield and resistance to stink bug complex. In particular, major findings of the study are: *i*) the Wald-*F* test proved the existence of a statistically relevant difference between the

studied methods; *ii*) the crossing between the IAC-100 and CD-215 cultivars shows genetic potential for the development of agronomical superior inbred lines and resistance to stink bug complex; *iii*) the biggest genetic variability and higher average was present in the MSD method; *iv*) the pedigree method obtained 10 genotypes greater than the average of the best experimental check; *v*) the interaction of genotype with the environment influences the analysis of results.

Keywords: *Glycine max*; Pedigree method; Plant resistance; MSD method

3.1 Introdução

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é a oleaginosa mais produzida e consumida no mundo. Isto pode ser justificado tanto pelo seu uso na alimentação animal, por meio do farelo da soja, quanto para o consumo humano de seus derivados como óleo, leite, tofu entre outros (MARTIN; WALDREN; STAMP, 2006), e essa espécie também tem a sua importância na produção de biocombustíveis (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). No Brasil, a partir dos anos 1970 a produção de soja passou a crescer e tem demonstrado grande relevância no agronegócio. Este fato pode ser atribuído ao aumento das áreas cultivadas e principalmente ao incremento na produtividade devido a utilização de novas tecnologias (SILVA; LIMA; BATISTA, 2011).

Uma das consequências das grandes áreas cultivadas com soja é o aumento dos prejuízos causados por fatores bióticos. Além disso, o processo de melhoramento genético visando elevar os patamares de produtividade de grãos e a qualidade das plantas ou de seus derivados pode torná-las ainda mais suscetíveis a insetos-praga (LUSTOSA et al., 1999).

Os percevejos mais abundantes nesta leguminosa são *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildinii* (West.) e *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae), que são conhecidos como o complexo de percevejos da soja (GALLO et al., 2002). A presença destes insetos-praga nas lavouras de soja tem como resultado direto a redução no rendimento e na qualidade dos grãos. Ademais, observa-se uma baixa porcentagem de germinação, redução do vigor, do tamanho da semente e do conteúdo de óleo. O menor incremento no conteúdo de proteína e a redução no período de armazenamento em consequência das picadas e da transmissão de moléstias, como a levedura *Eremothecium coryli* (antes denominada *Nematospora*

coryli Peglion) também podem ser atribuídos a presença destes insetos (KIMURA, 2007).

Uma estratégia alternativa, ou pelo menos complementar ao uso de inseticidas, decorre de pesquisas objetivando o melhoramento genético de plantas, de forma a torná-las mais resistentes aos insetos-pragas. Tanto ecológica como economicamente, resistência de plantas é uma tática de controle de pragas desejável. É compatível com outros métodos de controle, dentre os quais destacam-se os métodos químico, microbiano e cultural, e frequentemente exhibe efeitos sinérgicos com inseticidas e inimigos naturais (KOGAN, 1989).

Vários métodos de seleção são usados no melhoramento para a identificação das progênies que possuem as melhores combinações dos caracteres desejados. Os mais usuais incluem o método genealógico, SSD e o método da população. O método genealógico ou *pedigree*, envolve a seleção visual das melhores famílias em cada geração, seguido da seleção dentro de cada família de uma ou mais plantas para originar a próxima geração. O método de descendência de semente única (SSD) ou descendência de múltiplas sementes (MSD), envolve avançar uma semente ou uma vagem de cada planta para a próxima geração para desenvolver linhas quase homozigóticas que ainda preservam a maior parte da variação genética original. O método da população ou "*bulk*", em que a população é conduzida sem nenhuma seleção artificial até as gerações avançadas, quando as progênies quase homozigotas são selecionadas visualmente para os testes de progênies (ORF; DIERS; BOERMA, 2004).

A escolha do método depende do objetivo do melhoramento, bem como outros importantes fatores. Dentre eles destaca-se a variabilidade disponível, disponibilidade de máquinas agrícolas e estufas, tamanho e habilidade da equipe de melhoramento. O melhoramento de soja, assim como em outras culturas, tem início com o desenvolvimento de variabilidade para os caracteres desejados, avaliação e identificação das progênies superiores e a produção e comercialização de sementes (MILADINOVÍČ et al., 2011).

Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência relativa dos métodos de melhoramento, genealógico e MSD, para a seleção de soja com alto potencial produtivo e resistentes ao complexo de percevejos.

3.2 Material e Métodos

3.2.1. Obtenção da população

O cruzamento entre as cultivares IAC-100 e CD-215 deram origem as populações de estudo. A cultivar IAC-100 foi desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), esta cultivar apresenta resistência aos percevejos sugadores, além de possuir resistência ao besourinho (*Diphaulaca viridipennis*), baixa retenção foliar e poucas manchas nas sementes, mesmo na presença de grande infestação dos percevejos (ASSOCIAÇÃO DOS COMERCIANTES DE SEMENTES E MUDAS DO RIO GRANDE DO SUL - APASSUL, 2011). A cultivar CD-215 é considerada suscetível ao complexo de percevejos, contudo, apresenta resistência ao cancro da haste e a mancha olho-de-rã, resistência moderada ao oídio e a tolerância à acidez do solo (COOPERATIVA CENTRAL AGROPECUÁRIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E ECONÔMICO LTDA - COODETEC, 2011).

Os cruzamentos foram realizados no final de 2007 e início de 2008 em casa de vegetação e a geração F_2 foi conduzida em campo no qual uma vagem de cada planta F_2 deu origem à população do método MSD, e as demais sementes foram conduzidas conforme o método genealógico.

3.2.2 Métodos de seleção

3.2.2.1 MSD

O avanço das gerações da população de estudo entre o cruzamento IAC-100 e CD-215 conduzidos pelo método MSD, foi realizado em casa de vegetação, no Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizado no município de Piracicaba, SP, sob um ambiente controlado (MÖLLER, 2010; ROCHA, 2015). Em cada vaso foram semeadas três sementes de cada planta F_2 . Essa metodologia foi repetida sucessivamente, até que a população atingisse a geração F_7 . Após essa etapa, cada planta F_7 foi colhida individualmente, e as sementes foram multiplicadas na região Centro-Oeste do Brasil. As sementes oriundas da multiplicação foram semeadas em campo no ano agrícola 2012/13 e 2013/14. A instalação do experimento ocorreu no ano agrícola 2014/15 com as sementes multiplicadas na colheita anterior. A população total

conduzida pelo método de MSD possui 251 progênies e cinco testemunhas (IAC-100, CD-215, Potência, Vmax e Urano).

3.2.2.2 Genealógico

As demais sementes obtidas entre o cruzamento IAC-100 e CD-215 deram origem à população que foi conduzida pelo método genealógico. As plantas F₂ foram semeadas em campo o ano agrícola 2008/09, sem o controle químico de insetos (SANTOS, 2012). A primeira seleção foi realizada em função do ataque dos insetos-praga, uma vez que, plantas altamente suscetíveis não foram capazes de produzir sementes com qualidade.

Foi realizada uma multiplicação das sementes no ano agrícola de 2009/10, com o controle químico dos insetos sugadores. E assim sucessivamente, um ano sendo realizada seleção para resistência (sem controle químico de insetos) e no ano seguinte, multiplicação das sementes (com controle químico de insetos).

No ano agrícola 2013/14, 504 progênies F_{7:3} foram semeadas em campo com a infestação natural de percevejos. Foi utilizado um índice de seleção multiplicativo conforme Oliveira et al. (2013), no qual foram selecionadas 114 progênies. As progênies selecionadas originaram o experimento avaliado no ano agrícola de 2014/15 juntamente com 11 testemunhas (IAC-100, CD-215, Conquista, Potência, Vmax, Arapoty, FTS Campo Mourão, Pioneer 97R21, duas linhagens elites do programa de melhoramento de soja da ESALQ, LQ 1402 e LQ 1509, e uma linhagem do programa de melhoramento genético de soja da UNESP/Jaboticabal, JAB 0005-617631).

3.2.3 Experimentos e Avaliação do Desempenho Agrônomico e Resistência

Os experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2014/15 na Estação Experimental de Anhumas pertencente ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ – USP). Cada unidade experimental foi representada por quatro linhas de cinco metros, considerando como parcela útil apenas as duas linhas centrais. As fileiras foram espaçadas em 0,5 m, contendo 18 sementes por metro linear. Ambos os experimentos foram conduzidos com o delineamento em alfa-látice (16 x 16 para o método MSD e 25 x 5 para o

método genealógico) com três repetições. As médias das progênies foram corrigidas levando-se em consideração a recuperação da informação interblocos pela análise de modelos mistos.

A infestação dos percevejos ocorreu de forma natural e a densidade populacional dos insetos foi acompanhada semanalmente, de forma aleatória, pelo método de pano de batida (STÜRMER et al., 2012). A amostragem por batida de pano teve início quando as primeiras progênies atingiram o estágio R3 sendo finalizada quando as progênies atingiram o ponto de colheita.

Para as avaliações de desempenho das progênies foram considerados os seguintes caracteres: produtividade de grãos (PG), avaliada pelo peso total ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) da parcela e peso de sementes boas (PSB, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), ou seja, sementes sem danos provocados por percevejos, avaliado após a colheita e beneficiamento dos grãos. Para o beneficiamento, as sementes passaram por um espiral, onde os grãos chochos, verdes e malformados foram separados das sementes boas pela ação das forças da gravidade e centrífuga.

3.2.4 Análise dos dados

As análises foram realizadas no pacote `asrem1` (ASReml-R) da plataforma R v. 3.0 (R CORE TEAM, 2015). Seguindo a notação matricial do seguinte modelo (Equação 1):

$$y = X_1f_1 + X_2f_2 + Z_g + W_b + Wp + e \quad (1)$$

em que:

y é o vetor de dados;

f_1 é o vetor dos efeitos fixo referente os métodos de condução;

f_2 é o vetor dos efeitos fixo de testemunhas;

g é o vetor dos efeitos aleatórios de progênies sendo uma matriz diagonal indicando que cada método tem seu componente de variância para genótipos independentemente;

b é o vetor de efeitos aleatórios de repetição dentro de métodos de condução;

p é o vetor dos efeitos aleatório de blocos dentro de repetição dentro de métodos;

e é o vetor de erros ou resíduos (assumidos aleatórios) e uma matriz diagonal indicando que cada método tem seu componente de variância para resíduos independentes.

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

O modelo utilizado neste trabalho teve como base o estudo realizado por Duarte (2005) sobre a “Especificação do modelo de análise estatística de dados quantitativos e suas implicações na seleção de genótipos em plantas”.

Na análise de modelos mistos com dados desbalanceados, os efeitos fixos do modelo não são testados via teste F, como é realizado no modelo da análise de variância. Nesse caso, os efeitos fixos do modelo foram testados pelo teste Wald-F.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Flutuação populacional de percevejos

Na Figuras 1, pode-se observar a flutuação populacional de percevejos sugadores nos dois experimentos, sendo representada pela média de percevejos por data de amostragem.

Em geral, a presença dos insetos na cultura da soja está diretamente relacionada a presença das vagens nas plantas. Este período ocorre desde o início da formação das vagens até o ponto de acúmulo máximo de matéria seca no grão, sendo esta a fase de maior sensibilidade da cultura ao ataque dos insetos-praga (GAZZONI, 1998).

Segundo Corrêa-Ferreira, Krzyzanowski e Minami (2009) e Stürmer et al. (2012), o nível de dano econômico para percevejos sugadores é de um a dois insetos por metro de fileira, em campos de produção de sementes e grãos, respectivamente, considerando as ninfas grandes (3, 4 e 5 ínstar) e os adultos das diferentes espécies do complexo de percevejos. Deste modo, verificou-se que em ambos experimentos a população de percevejos ultrapassou o nível de dano econômico (Figura 1). Ou seja, a infestação foi suficiente para avaliar a reação das

progênies em relação ao ataque dos insetos-praga, permitindo a discriminação dos mesmos quanto a resistência a insetos.

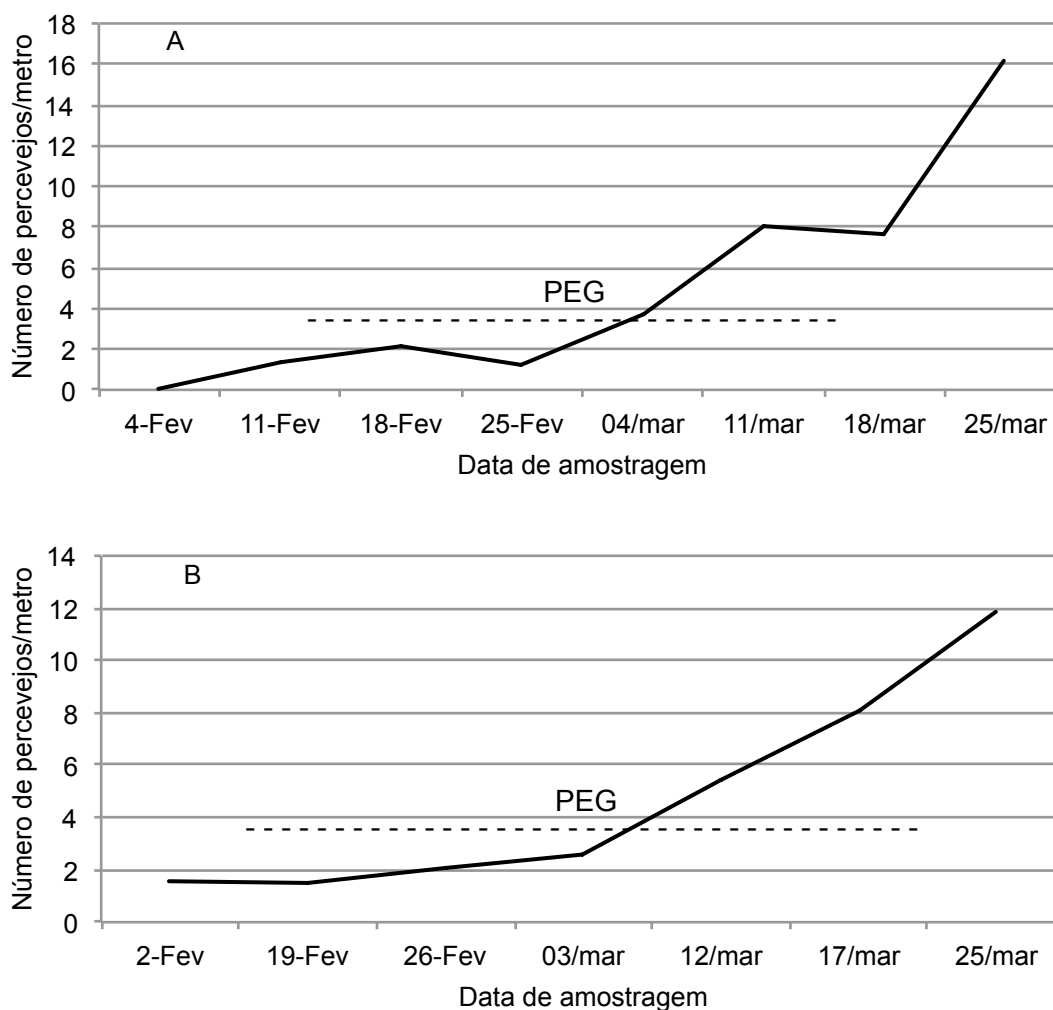


Figura 1 – Variação do número médio de percevejos por amostragem em dois experimentos de soja conduzidos para a avaliação quanto a resistência ao complexo de percevejos, com destaque para o estágio de período de granação (PEG), compreendido entre os estágios fenológicos R5 e R7 (A: população desenvolvida pelo método genealógico; B: população desenvolvida pelo método MSD) na distrito de Anhumas, SP, no ano agrícola 2014/15

3.3.2 Análise Descritiva

As médias analisadas neste trabalho foram ajustadas pela metodologia BLUP – *Best Linear Unbiased Predictor* (melhor preditor linear não viesado). Piepho e colaboradores (2008) demonstraram que o BLUP é mais preciso quando comparado aos outros procedimentos de predição e estimação.

Na Tabela 1 observa-se as médias dos BLUPs para os caracteres PG e PSB, das duas populações de estudo, oriundas dos métodos de melhoramento

genealógico e MSD. Os caracteres PG e PSB foram selecionados para o enfoque deste trabalho, levando em conta os estudos realizados por Rocha (2015), Pereira (2015) e Moreira (2015). Tais autores demonstraram uma correlação positiva entre estes dois caracteres, e a sua relação com a resistência ao complexo de percevejos. Sendo assim, ao selecionar plantas com alta produtividade na presença dos insetos sugadores, seleciona-se simultaneamente as plantas mais resistentes.

Tabela 1 – Médias BLUP (melhor preditor linear não viesado) para os caracteres produtividade de grãos (PG) em $\text{ha} \cdot \text{kg}^{-1}$ e peso de sementes boas (PSB) em $\text{ha} \cdot \text{kg}^{-1}$ em duas populações de soja conduzidas por diferentes métodos de melhoramento, genealógico e MSD (descendência de múltiplas sementes), avaliados no distrito de Anhumas, SP, no ano agrícola 2014/15

Genealógico		
	PG	PSB
Média geral das progênies	1906,60	1239,07
Média dos 10 melhores	2272,59	1296,93
Média dos 10% melhores	2234,88	1290,94
Média das testemunhas	1757,23	1210,26
IAC-100	1647,39	1210,17
CD-215	1759,59	1214,07
MSD		
	PG	PSB
Média geral das progênies	2070,12	1661,73
Média dos 10 melhores	2675,91	2233,35
Média dos 10% melhores	2567,29	2129,05
Média das testemunhas	2200,20	1681,03
IAC-100	2524,74	1925,42
CD-215	2025,10	1506,49

A diferença relativa entre as médias das dez melhores progênies dos diferentes métodos para o caráter PG é de aproximadamente $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, sendo uma diferença de 15%. Contudo, quando se avalia o caráter PSB, o método MSD possui uma média de quase $1.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ maior do que no método genealógico. Essa informação também pode ser observada indiretamente nos histogramas sobrepostos das médias BLUP de produtividade de grãos e peso de sementes boas (Figura 2).

Um fator que deve ser considerado é o número médio de percevejos por amostragem, que foi maior no experimento do método genealógico em todo o período de granação, quando comparado ao experimento do método MSD (Figura

1). Os danos causados por estes insetos-praga são irreversíveis nas médias de produtividade da cultura da soja.

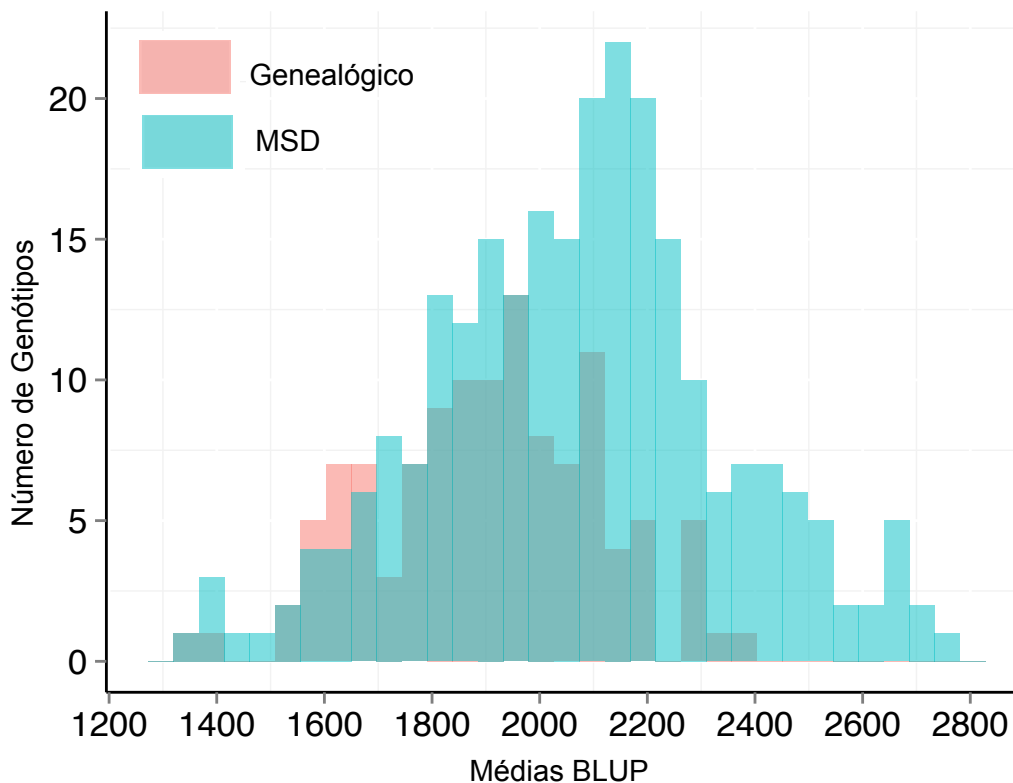


Figura 2 – Histograma de distribuição das médias BLUP (melhor preditor linear não viesado) para o caráter de produtividade de grãos em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ para duas populações de soja desenvolvidas pelo método genealógico e MSD avaliados no distrito de Anhumas, SP, no ano agrícola 2014/15

Teoricamente, a maior intensidade de seleção do método genealógico implicaria na seleção dos melhores indivíduos, e conseqüentemente, maior média do que o método MSD (BOROJEVIR, 1986). Entretanto, os resultados obtidos neste estudo indicam uma inversão do resultado esperado. A média relativa à população do método genealógico foi menor do que à média do método MSD. Isto pode ter ocorrido devido a diversos fatores como: *i*) intensidade de seleção, que reduz a variabilidade genética em uma população; *ii*) uma seleção não eficiente; *iii*) maior população de insetos sugadores na área experimental; *iv*) os efeitos de heterose e dominância nas seleções iniciais realizadas neste método.

Resultados semelhantes em soja foram encontrados por Miladinović et al. (2011) onde a média do peso total de grãos da população oriunda do método SSD foi maior que a média da população do método genealógico. Esses autores afirmam que para produtividade de grãos quando os indivíduos forem selecionados

exclusivamente com base no valor fenotípico, o método SSD é mais eficiente que os métodos genealógico e *bulk*.

Mesmo com a preponderância dos métodos SSD e MSD em relação ao genealógico, outros autores discutem os problemas relacionados à amostragem populacional quando a mesma é pequena ou deficiente, causando perda de variabilidade genética. Em experimentos com soja, Martin, Wilson e Laviolette (1978) relatam que devido à baixa emergência das plântulas e a presença de plantas estéreis, aproximadamente 15% da população de SSD foi perdida a cada ciclo. Tais perdas podem alterar a frequência genética da população. Este tipo problema não ocorre frequentemente quando se utiliza o método de MSD, onde múltiplas sementes são mantidas para a próxima geração.

O método de SSD é bastante utilizado pelos melhoristas de plantas autógamas, por apresentar algumas vantagens. Dentre elas destacamos: (a) facilidade em conduzir a população segregante; (b) a seleção natural não influencia as populações; (c) cultivo das populações segregantes pode ser realizado em qualquer ambiente (verão, inverno, telados, casa de vegetação entre outros) (RAMALHO et al., 2012).

O método genealógico também tem sido bastante empregado no melhoramento de plantas autógamas. Este método é bastante trabalhoso visto que estão envolvidas atividades como semear as famílias em linhas, anotar a genealogia e avaliar visualmente as famílias e indivíduos dentro destas. Não obstante, tem-se mostrado pouco eficiente na maioria dos casos principalmente para caracteres de baixa herdabilidade (PATIÑO; SINGH, 1989; CUTRIM et al., 1997).

Estudos realizados em café (*Coffea arabica*), o método genealógico foi eficiente para a seleção de novas progênies com melhor desempenho em produtividade, vigor vegetativo, percentagem de grãos chochos e classificação quanto à peneira (PEDRO et al. 2011).

A nova cultivar de trigo (*Triticum aestivum*) 'BRS Marcante' lançada pela equipe da Embrapa Trigo de Passo Fundo, RS, foi desenvolvida utilizando o método genealógico. A cultivar caracteriza-se pela ampla capacidade de adaptação as condições de cultivo do Sul do Brasil, e também, possui bom rendimento de grãos e qualidade industrial da classe de pão (CAIAERÃO, 2015).

Existem diferentes tipos de métodos de melhoramento e condução de populações segregantes para plantas autógamas. Além do SSD e genealógico,

podem ser citados os métodos massal, o método da população ou *bulk* e suas modificações (NASS et al., 2001).

Para estimar o potencial genético de progênies de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o teor de fibra bruta, Júnior e colaboradores (2015), avaliaram três métodos de melhoramento: *bulk*, *bulk* com famílias F₂ e SSD. As estimativas dos parâmetros genéticos demonstraram discrepância entre os métodos estudados. Essas diferenças parecem estar relacionadas aos processos de amostragem inerentes à cada método. Isso se deve ao fato de que a característica principal - teor de fibra - não estava sujeita à seleção natural. As progênies desenvolvidas pelo método *bulk*, apresentaram as maiores estimativas de parâmetros genéticos, maior variabilidade e também a menor interação com o ambiente.

Além da escolha do método de melhoramento, existem outros fatores que interferem no trabalho dos melhoristas de plantas. Um dos fatores que merece destaque, é a interação genótipos x ambientes. Estudos realizados por Raposo, Ramalho e Abreu (2000) demonstraram a presença de tal fenômeno em feijão. Estes autores afirmam que no método genealógico, o componente da interação correspondeu a apenas 23,34% da estimativa da variância genética. Para as famílias que eram derivadas do método *bulk*, essa relação entre a variância da interação pela variância genética foi cerca de 10 vezes maior do que no método genealógico. Uma possível explicação para essa diferença é devido a magnitude da variância genética entre as famílias.

Outro critério que pode ser utilizado para a análise da eficiência relativa dos diferentes métodos, é o número de progênies cujo desempenho médio supera, em valores absolutos, a média de um padrão previamente escolhido (RAPOSO; RAMALHO; ABREU, 2000). Na Tabela 3, são apresentados esses números para cada um dos dois métodos de melhoramento em relação as quatro testemunhas em comum nos dois experimentos, os genitores, IAC-100 e CD-215, e as cultivares comerciais, Potência e Vmax.

A cultivar comercial, Potência, foi a testemunha com o melhor desempenho nos dois experimentos e para os dois caracteres, PG e PSB, dentre as quatro testemunhas analisadas (Tabela 2). Deve ser destacado que pelo menos 8 progênies de cada método de melhoramento apresentaram desempenho superior à média das testemunhas para os dois caracteres e em ambos os métodos, com exceção do método MSD para a característica de PG. Contudo, quando se observa

o desempenho destas linhagens em relação as médias de PSB, oito progênies oriundas do método MSD foram melhores que a testemunha Potência (Tabela 3).

Tabela 2 – Desempenho médio da cultivar Potência nos experimentos de avaliação entre os métodos genealógico e descendência de múltiplas sementes (MSD) para os caracteres de produtividade de grãos (PG) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e peso de sementes boas (PSB) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, avaliado no ano agrícola 2014/15

	PG	PSB
Genealógico	2550,09	1893,33
MSD	3012,02	2662,57

Foi possível perceber a presença da interação genótipos por ambientes, uma vez que o ranque das quatro testemunhas analisadas não é o mesmo para os dois experimentos (Tabela 3). A Tabela 1 também demonstra esse efeito: a cultivar IAC-100 obteve uma resposta superior à cultivar CD-215 no experimento conduzido com a população oriunda do método MSD, e o oposto ocorre com as populações conduzidas pelo método genealógico. Ambos experimentos foram conduzidos na fazenda experimental ESALQ/USP no distrito de Anhumas, SP, contudo, existe algum fator inerente como a população de percevejos, diferença do dia de semeadura, tipo de solo, incidência solar e/ou tratos culturais que interferiu na resposta das progênies.

Tabela 3 – Número de progênies de cada método, genealógico e descendência de múltiplas sementes (MSD), superiores a cada testemunha para produtividade de grãos (PG) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e peso de sementes boas (PSB) em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, avaliados no distrito de Anhumas, SP, no ano agrícola 2014/15

		Genealógico ¹	MSD ²
PG	CD-215	87	150
	IAC-100	101	12
	Potência	10	0
	Vmax	92	70
		Genealógico ¹	MSD ²
PSB	CD-215	94	168
	IAC-100	99	42
	Potência	18	8
	Vmax	113	178

¹: população composta por 114 progênies; ²: população composta por 251 progênies

3.3.3 Análise de Modelos Mistos

As estimativas dos parâmetros genéticos dos componentes aleatórios obtidos por meio da análise de modelo mistos para os dois métodos podem ser observadas na Tabela 4. Com base na taxa Z (Componente de Variância/Erro Associado²) todos os fatores foram estatisticamente significativos, com exceção do efeito de blocos e repetições.

A variância presente no método MSD (148543,88) é maior que a encontrada no método genealógico (94145,33) para a característica de PG, e o mesmo se repete com o PSB com a variância de 121944,29 e 85295,34 para os métodos MSD e genealógico, respectivamente (Tabela 4).

A herdabilidade do caráter PG foi de 26,0% e 22,7% para os métodos MSD e genealógico, respectivamente, e para PSB de 28,9% para o MSD e 26,6% para o método genealógico.

Tabela 4 – Estimativas dos parâmetros genéticos obtidos por meio da análise de modelos mistos para produtividade de grãos (PG) e peso de sementes boas (PSB) duas populações de soja desenvolvidas pelo método genealógico e MSD

		Gamma	Componente de Variância	Erro Associado	Z
PG	Rep	51950,65	51950,65	43091,35	1,21
	Rep/Blocos	767,07	767,07	490,02	1,57
	V _{a,MSD}	148543,88	148543,88	27743,76	5,35
	V _{a,Genealógico}	94145,33	94145,33	28737,34	3,28
	V _{r,MSD}	423305,08	423305,08	26912,04	15,73
	V _{r,genealógico}	321382,22	321382,22	29551,22	10,88
PSB	Rep	51897,80	51897,80	41452,01	1,25
	Rep/Blocos	572,32	572,32	365,80	1,56
	V _{a,MSD}	121944,29	121944,29	21469,76	5,68
	V _{a,Genealógico}	85295,34	85295,34	23160,64	3,68
	V _{r,MSD}	312806,41	312806,41	19791,39	15,81
	V _{r,genealógico}	234901,92	234901,92	21635,27	10,86

Os melhoristas de plantas têm uma infinidade de opções oriundas dos cruzamentos realizados anualmente. Se obtiverem muitas populações é necessário, concomitantemente, avaliar menor número de progênies de cada, pois os recursos humanos e de infraestrutura são finitos. Deste modo, a pergunta formada quase sempre é: é preferível avaliar poucas populações e muitas progênies de cada uma ou muitas populações e poucas progênies de cada? Estudos de simulações

realizados por Wricke e Weber (1986) sugerem que, quando a herdabilidade é baixa, fato que ocorreu neste trabalho, o número de progênies deve ser aumentado em detrimento do número de cruzamentos. Sobretudo quando se utiliza populações de cruzamentos apenas entre genitores já melhorados, uma recomendação dos autores seria avaliar as populações disponíveis no maior número possível de ambientes e, de posse dos resultados, selecionar o maior número de progênies mais promissoras.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 5, verificou-se, por meio do teste de Wald-*F*, que todos os efeitos fixos do modelo são significativos $p < 0,05$, ou seja, os métodos diferem entre si para os caracteres de PG e PSB, e o mesmo ocorre para a resposta das testemunhas com as progênies.

Tabela 5 – Teste de Wald-*F* para os efeitos fixos presentes no modelo (Eq 1) para diferentes métodos de melhoramento, genealógico e MSD, em soja visando selecionar progênies com resistência ao complexo de percevejos

		gl	gl num	Wald	valor- <i>p</i>
PG	Intercepto	1	396,820	396,820	< 0,001***
	Método de melhoramento	1	4,440	4,440	0,035 *
	Testemunhas	9	34,920	34,920	<0,001 ***
	Resíduo		1		
PSB	Intercepto	1	245,485	245,485	< 0,001 ***
	Método de melhoramento	1	5,136	5,136	0,023 *
	Testemunhas	9	59,393	59,393	<0,001***
	Resíduo		1		

Os resultados obtidos pelo teste Wald reforçam o que foi discutido anteriormente neste trabalho, que existe diferença entre os métodos, genealógico e MSD, e também existe diferença na resposta das testemunhas, uma vez que as mesmas foram influenciadas pela interação genótipo por ambiente.

Borém e Miranda (2013) explana que não existe um único método para atingir os objetivos específicos dos programas de melhoramento. Para a escolha de como conduzir as populações segregantes, o melhorista deve avaliar cada situação quanto à possibilidade de alcançar os seguintes objetivos: obtenção de conhecimentos quanto genética das características envolvidas, facilidade de condução, tempo necessário, custo-benefício e mão-de-obra.

3.4 Conclusões

O método de descendência de múltiplas sementes apresentou maior média geral e a maior variabilidade tanto para o caráter produtividade de grãos quanto para o peso de sementes boas, destacando-se como o melhor método para a seleção de progênies de soja visando a resistência ao complexo de percevejos.

Quando os métodos foram comparados pela produtividade de grãos com base na testemunha comercial Potência, o método genealógico apresentou 10 progênies com média maior a testemunha.

A interação genótipo por ambiente influenciou na interpretação dos resultados. Existe diferença na resposta dos genótipos para os caracteres de produtividade de grãos e peso de sementes boas em relação aos experimentos avaliados.

É possível obter progênies de soja resistentes ao complexo de percevejos e agronomicamente superiores oriundas do cruzamento entre IAC-100 e CD-215, independentemente do método de condução de população segregante.

Referências

- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES E COMERCIANTES DE SEMENTES E MUDAS DO RIO GRANDE DO SUL– APASSUL. **Descrição da cultivar de soja IAC 100**. Disponível em: <http://www.apassul.com.br/index.php?menu=cultivares_mostra&acao=mostrar&chave=291>. Acesso em: 22 set. 2015.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6.ed. Viçosa: UFV, 2013. 523 p.
- BOROJEVIĆ, K. **Genes and Population**. Forum, Novi Sad (in Serbian). 1986.
- CAIAERÃO, E.; SÓ, M.; SCHEERENI, S. P. L.; DE CASTRO, R. L.; EICHELBERGERI, L.; DO NASCIMENTO JUNIOR, A.; DA CUNHA, S. W. G. R. Resultados agronômicos e qualitativos da nova cultivar de trigo ‘BRS Marcante’. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, 2015.
- COOPERATIVA CENTRAL AGROPECUÁRIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E ECONÔMICO LTDA – COODETEC - **Cultivar CD 215**. Disponível em: <http://www.coodetec.com.br/php/detalhes_cultivar.php?id=29>. Acesso em: 22 out. 2015.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; KRZYZANOWSKI, F.C.; MINAMI, C.A. **Percevejos e a qualidade da semente de soja – Série Sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2009. 15p. (Embrapa Soja: Circular Técnica, 67).

CUTRIM, V. DOS A.; RAMALHO, M. A. P.; CARVALHO, A. M. Eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.). irrigado. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.6, p 601-606, jun, 1997.

DUARTE, J.B. **Especificação do modelo de análise estatística de dados quantitativos e suas implicações na seleção de genótipos em plantas** (2005). Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/Seagro_2005.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2015.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRARNIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p

GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 411-424, 1998.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro** [recurso eletrônico] : / Marcelo Hiroshi Hirakuri, Joelsio José Lazzarotto – Londrina: Embrapa Soja, 2014. (Documentos 349).

JÚNIOR, V. A. P.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; BASSINELLO, P. Z.; MELO, L. C. Genetic potential of common bean progenies selected for crude fiber content obtained through different breeding methods. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, p. 5763-5774, 2015.

KIMURA, S. Yeast-spot disease of soybean [*Glycine max*] caused by *Eremothecium coryli* (Peglion) kurtzman in Japan. **Japanese Journal of Phytopathology**, Tokyo, v. 73, n. 4, p. 283-288, 2007.

KOGAN, M. Plant resistance in soybean insect control. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACIÓN EN SOJA, 4., 1989, Buenos Aires, **Actas**. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora SRL, 1989, v.3, p.1519-1525.

LUSTOSA, P.R.; ZANUNCIO, J.C.; LEITE, G.L.D.; PICANÇO, M. Qualidade da semente e senescência de genótipos de soja sob dois níveis de infestação de percevejos (Pentatomidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1347-1351, 1999.

MARTIN, J.H.; WALDREN, R.P.; STAMP, D.L. **Principles of field crop production**. 4th ed. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ. 2006. 1030p.

MARTIN, R.J.; WILCOX, J. R.; LAVIOLETTE, F. A. Variability in soybean progenies developed by single seed descent at two plant populations. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 359-362, 1978.

MILADONOVIC, J.; BURTON, J.W.; BALESEVIC TUBIC, S.; MILADINOVIC, D.; DJORDJEVIC, V.; DJUKIC, V. Soybean breeding: comparison of the efficiency of different selection methods. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 35, p. 469–480, 2011.

- MÖLLER, M. **Mapeamento de locos de resistência quantitativa da soja ao complexo de percevejos**. 2010. 86p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- MOREIRA, F. F. **Resistência ao complexo de percevejos em linhagens elite de soja**. 2015. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- NASS, L.L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap. 2, p. 29-56.
- OLIVERIA, K.C.; DOMINQUINI, M.R.; PEREIRA, F.B.; SILVA, L.R.; VIEIRA, C.C.; PINHEIRO, J.B. Índice de Seleção em Soja Visando Resistência ao Complexo de Percevejos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2013, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: SBMP, 2013. p. 2615 – 2617.
- ORF, J.H.; DIERS, B.W.; BOERMA, H.R. Genetic improvement: conventional and molecular-based strategies. In: **Soybeans: Improvement, Production, and Uses**, 3rd ed. (Eds. HR Boerma, JE Specht). ASSA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, p. 417-450, 2004.
- PATIÑO, H.; SINGH, S. P. Visual selection for seed yield in the F₂ and F₃ generation of nine common bean crosses. **Annual Report Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 32, p. 1181-1183, 1984.
- PEDRO, F. C.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; DE REZENDE, J. C.; CARVALHO, A. M. Comportamento agrônômico de progênies F₄ de cafeeiros oriundos do cruzamento entre os cultivares Mundo Novo e Catuaí. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, 2015.
- PEREIRA, F.B. **Estratégias de seleção para resistência a percevejos e alta produtividade em populações segregantes de soja**. 2015. 75p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- PIEPHO, H. P.; MÖHRING, J.; MELCHINGER, A. E.; BÜCHSE, A. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. **Euphytica**, Dordrecht, v. 161, n. 1-2, p. 209-228, 2008.
- R Core Team (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 1991-1997, 2000.

ROCHA, F da. **Seleção de progênies de soja para resistência ao complexo de percevejos**. 2015. 81p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

SANTOS, M.F. **Mapeamento de QTL e expressão gênica associados à resistência da soja ao complexo de percevejos**. 2012. 119p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SILVA, A. C. da; LIMA, E. P. C. de; BATISTA, H. R. A. **Importância da Soja para o Agronegócio Brasileiro: Uma Análise sob o enfoque da Produção, Emprego e Exportação**, 2011. Disponível em: <
http://www.apec.unesc.net/V_EEC/sessoes_tematicas/Economia%20rural%20e%20agriagricul%20familiar/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DA%20SOJA%20PARA%2000%20AGRONEG%C3%93CIO%20BRASILEIRO.pdf> Acesso em: 12 jul. 2014.

STÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI-FILHO, A.; STEFANELO, L.S.; GUEDES, J.V.C. Eficiência de métodos de amostragem de lagartas e de percevejos na cultura de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 12, p. 2105-2111, 2012.

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