

AMILTON FERREIRA DA SILVA

**SIMULAÇÃO DE DESFOLHA POR ESTRESSES BIÓTICOS,
DIVERSIDADE FENOTÍPICA E MOLECULAR E SELEÇÃO EM
GENÓTIPOS DE SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586s
2015
Silva, Amilton Ferreira da, 1984-
Simulação de desfolha por estresse bióticos, diversidade
fenotípica e molecular e seleção em genótipos de soja / Amilton
Ferreira da Silva. – Viçosa, MG, 2015.
ix, 96f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Tuneo Sedyama.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Soja. 2. *Glycine max.* 3. Soja - Desfolha. 4. Soja -
Produção. 5. Soja - Características agronômicas. 6. Divergência
genética. 7. Marcadores moleculares. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.34

AMILTON FERREIRA DA SILVA

**SIMULAÇÃO DE DESFOLHA POR ESTRESSES BIÓTICOS,
DIVERSIDADE FENOTÍPICA E MOLECULAR E SELEÇÃO EM
GENÓTIPOS DE SOJA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 02 de julho de 2015



Eder Matsuo



Rogério Faria Vieira



Aluizio Borém de Oliveira
(Coorientador)



Felipe Lopes da Silva



Tuneo Sedyama
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus

Aos meus queridos pais, Sebastião José da Silva (*In memoriam*) e Ana Rosa Ferreira da Silva, pela educação para a vida, exemplos de superação e honestidade. Com simplicidade se pode sempre chegar longe.

Aos meus irmãos, Ailton, Adilson, Andréia, João e Divino, pelo apoio nessa caminhada, os quais sempre acreditaram na minha capacidade.

Ao meu orientador, Tuneo Sedyama, pelos conhecimentos a mim repassados, amizade e conselhos.

A todos os meus amigos da pós graduação, em especial Francisco Charles, André Ricardo, Danieli e Danúbia pela grande amizade durante esse período, ajudando sempre que possível.

Aos estagiários e amigos do Laboratório de soja, Lucas, João, Yuri, Joana e todos aqueles que estão e que passaram pelo Programa Soja da UFV.

Aos meus coorientadores Cosme Damião Cruz e Aluizio Borém, pelo apoio concedido na realização desses trabalhos.

A minha mãe de coração “Dona Elena”, mulher maravilhosa, que não só cuidou da casa, mas também de mim durante todo esse tempo e que me proporcionou experimentar o melhor da culinária mineira.

Ao meus amigos de república Otávio e Haroldo pela amizade e apoio nessa caminhada.

À FAPEMIG pela bolsa concedida.

À Dra. Silvia Scianzio e ao Dr. Sivakumar Swaminathan pela oportunidade de realizar o doutorado sanduíche na Iowa State University.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a condução e finalização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Amilton Ferreira da Silva, filho de Sebastião José da Silva e Ana Rosa Ferreira da Silva, nasceu em 30 de agosto de 1984, no município de Rondonópolis, estado de Mato Grosso, Brasil.

Em agosto de 2004, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade do Estado de Mato Grosso UNEMAT – Campus de Alta Floresta, instituição onde começou seus trabalhos de Iniciação científica, realizando pesquisas com grandes culturas sob a orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho. Graduou-se em Agronomia em agosto de 2008. Em setembro do mesmo ano começou a trabalhar em empresa de assistência técnica a produtores de soja em Ipiranga do Norte-MT.

Em março de 2010, iniciou o curso de mestrado em Agronomia na Universidade Estadual Paulista -UNESP, em Ilha Solteira, São Paulo, sob a orientação do Prof. Dr. Edson Lazarini, onde trabalhou na área de manejo da cultura da soja, submetendo-se à defesa de dissertação em 27 de junho de 2011.

Em agosto de 2011 iniciou o curso de doutorado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, sob a orientação do Prof. Ph.D. Tuneo Sedyama, submetendo-se à defesa de tese em 02 de julho de 2015.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1 - ESTRESSE POR DESFOLHAMENTO CONTÍNUO NO ESTÁDIO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE SOJA ...	7
RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 2 - SIMULAÇÃO DO PROGRESSO DA FERRUGEM ASIÁTICA (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>) PELA DESFOLHA ARTIFICIAL EM CULTIVARES DE SOJA	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO	33
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CAPÍTULO 3 - DIVERSIDADE FENOTÍPICA E MOLECULAR ENTRE GENÓTIPOS DE SOJA CULTIVADOS NO VERÃO E INVERNO	59
RESUMO	59
ABSTRACT	60
INTRODUÇÃO	61
MATERIAL E MÉTODOS	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
CONCLUSÕES	80
REFERENCIAS	80

CAPÍTULO 4 - SELEÇÃO DE VAGENS COM UM, DOIS E TRÊS GRÃOS NA GERAÇÃO F4 E SEU EFEITO NA GERAÇÃO F5 E ASSOCIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO PELA ANÁLISE DE TRILHA	83
RESUMO	83
ABSTRACT.....	84
INTRODUÇÃO	84
MATERIAL E MÉTODOS	86
RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

RESUMO

SILVA, Amilton Ferreira da, D.S.c., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Simulação de desfolha por estresses bióticos, diversidade fenotípica e molecular e seleção em genótipos de soja.** Orientador: Tuneo Sedyama. Coorientadores: Cosme Damiano Cruz e Aluizio Borém de Oliveira.

A produtividade da soja depende da fotossíntese gerada pelas folhas, de modo que qualquer fator que interfira em sua área foliar poderá afetar a produção. A soja é uma planta que suporta determinado nível de redução de área foliar sem que haja decréscimo significativo do rendimento de grãos. No entanto, essa perda depende do estágio em que a desfolha ocorre. Dentre os agentes que causam desfolhamento na cultura da soja estão os insetos desfolhadores, os quais podem causar danos durante praticamente todo o ciclo de vida da cultura; e doenças, sendo a principal a ferrugem asiática que provoca desfolhamento no sentido da base para o ápice. Uma das vantagens frente a esses estresses bióticos é a variabilidade existente entre as cultivares, pois algumas características podem ser vantajosas e influenciar na reação da planta a perda de área foliar. Todos esses fatores vão influenciar os componentes de rendimento que formam a produtividade da planta. Assim, o estudo do efeito ambiental, torna-se fundamental. Nesse sentido, o objetivo desses estudos foram: I - avaliar o efeito de níveis de desfolha contínua, nos estádios vegetativo e reprodutivo, em cultivares de soja com diferentes características agronômicas; II - simular o progresso da ferrugem asiática em cultivares de soja por meio da retirada de trifólios e % de desfolha no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos; III - avaliar a divergência genética de cultivares de soja no verão e inverno com base em caracteres agromorfológicos e marcadores moleculares e IV - analisar a influência da coleta de vagens com 1, 2 e 3 grãos para formação da geração seguinte e seu respectivo efeito nas frequências do número de grãos por vagem, bem como a associação dos componentes de rendimento pela análise de trilha. Pelos resultados do primeiro experimento observou-se que a desfolha teve efeito negativo em todos os componentes de rendimento das cultivares, com maior decréscimo quando ocorre no estágio reprodutivo. A desfolha contínua, a partir de 16,7%, tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo diminuiu significativamente a produtividade da soja. Independentemente das características agronômicas, como tipo de crescimento, grupo de maturidade e forma do folíolo, o efeito do estresse por desfolhamento em cultivares

de soja é semelhante no verão, no inverno, porém as cultivares com maior grupo de maturidade menor redução na produção. Em relação a desfolha simulando a ferrugem asiática, conforme elevou-se a intensidade de desfolha no sentido da base para o ápice nos estádios reprodutivos estudados (R3, R5, R6) há decréscimo linear na produtividade da planta. A simulação de danos por ferrugem asiática por meio dos níveis desfolha das cultivares, independentemente da metodologia estudada, evidenciou a severidade na redução da área foliar e seu consequente reflexo negativo na produtividade. A dissimilaridade genética entre as cultivares a partir de caracteres agromorfológicos varia de acordo com a época de cultivo. Por meio dos marcadores moleculares foi demonstrada variabilidade genética entre os genótipos estudados, com resultados diferentes dos agrupamentos formados a partir dos caracteres agronômicos. Dessa forma, tanto os dados fenotípicos, quanto os moleculares, mostraram-se ferramentas informativas na caracterização da divergência existente entre as cultivares de soja. Independentemente do número de grãos (1, 2 ou 3) das vagens selecionadas em F4, a frequência do número de grãos nas vagens das plantas da geração seguinte não é modificada. Nos dois ambientes estudados (Casa de vegetação e campo) as vagens com 2 e 3 grãos tiveram efeito direto e positivo na produtividade.

ABSTRACT

SILVA, Amilton Ferreira da, D.S.c., Universidade Federal de Viçosa, July, 2015. **Defoliation simulation by biotic stresses, phenotypic and molecular diversity and selection in soybean genotypes.** Adviser: Tuneo Sedyama. Co-advisers: Cosme Damião Cruz and Aluizio Borém de Oliveira.

Soybean yield depends on mainly the photosynthesis generated by the leaves, so that any factor that interferes in their leaf area can affect production. The soybean is a plant that supports determined reduction of leaf area level without significant decrease of yield. However, this loss depends on the stage at which defoliation occurs. Among the agents that cause defoliation of soybean are the defoliating insects, which can cause damage during the entire crop cycle; and diseases, being the main the soybean rust that causes defoliation from the bottom to the top, when environmental conditions are favorable. One of the advantages in relation this biotic stress is the variability among the cultivars because some traits may be advantageous and influence on plant response to loss of leaf area. All these factors will influence the yield components that make up the plant yield. Thus, the study of the environmental effect is essential. In this sense, the objective of the studies were: I - Evaluate the effect of continuous defoliation levels in vegetative and reproductive stages in soybean cultivars with different agronomic traits; II - Simulate the progress of Asian rust in soybean cultivars by removal of trefoliolate leaves and of defoliation percentage towards the bottom to the top in three reproductive stages; III - To assess the genetic diversity of soybean cultivars in summer and winter through agromorphological traits and molecular markers and IV - to analyze the influence of the pods collection with 1, 2 and 3 seeds to training the next generation and their respective effects on frequencies the number of seeds per pod, as well the association of yield components by path analysis. Through of results of the first experiment was observed that the defoliation has a negative effect on all yield components of cultivars with greater decrease when occurs on the reproductive stage. It was noted also that the continuous defoliation, from 16.7% in both the vegetative as well as on the reproductive stage significantly decreased soybean yield. Regardless of the agronomic traits, such as growth type, maturity group and leaf shape, the effect of stress by defoliation on soybean cultivars is similar in summer, but in winter, the cultivars with greater maturity group have higher performance. Regarding defoliation simulating the Asian rust, according increased the defoliation intensity from the bottom to the top during the reproductive stages studied (R3, R5, R6) there is a linear

decrease in plant yield. The damage simulation of Asian rust through defoliation levels on the cultivars, independent of the study methodology, showed the severity in reducing the leaf area and its consequent negative impact on yield. The genetic dissimilarity between cultivars from agromorphological traits varies according on the growing season. Through of molecular markers was demonstrated genetic variability between genotypes, with results different of the clusters formed from the agronomic traits. Thus, both the phenotypic and molecular data, proved to be informative tools to characterize the existing diversity between the soybean cultivars. And finally, regardless of the number of seeds (1, 2 or 3) per pods selected in F4, the frequency of the number of seeds in the pods of the next generation plants is not modified. In both study environment (greenhouse and field) the pods with 2 and 3 seeds had a direct and positive effect on yield.

INTRODUÇÃO GERAL

No mundo a soja é a principal oleaginosa produzida e consumida. Sua importância é tanto para o consumo animal, através do farelo, quanto para o consumo humano, por meio do óleo. No Brasil, a partir dos anos 1970, a produção da soja passou a ter grande relevância para o agronegócio, devido o aumento das áreas cultivadas e, principalmente, pelo incremento da produtividade pela utilização de novas tecnologias.

Na safra de 2013/2014 a produtividade média da soja foi 2.854 kg ha⁻¹ e produção de 86,1 milhões de toneladas em uma área de 30,1 milhões de hectares. Entre os principais fatores que limitam a obtenção de altos rendimentos em soja estão os insetos-pragas e doenças. A cultura da soja está sujeita, durante todo o seu ciclo, ao ataque de insetos-praga e aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus (EMBRAPA, 2010). Um dos principais efeitos da maioria desses estresses bióticos é o desfolhamento prematuro da planta de soja.

A soja é uma planta que suporta determinado nível de redução de área foliar sem que haja decréscimo significativo do rendimento de grãos. A tolerância da soja ao desfolhamento depende do índice de área foliar (IAF), da taxa de fotossíntese, da quantidade de luz interceptada, da distribuição da luz nos estratos da planta e, possivelmente, da partição de fotossintatos entre as estruturas vegetativas e reprodutivas (HAILE et al., 1998).

Insetos-praga desfolhadores atuam modificando a arquitetura do dossel, reduzindo a área foliar efetiva, diminuindo a interceptação da luz, a taxa de crescimento da cultura (TCC), o acúmulo de massa seca (MS) e, conseqüentemente, levando ao decréscimo do rendimento de grãos (HAILE et al., 1998; GAZZONI & MOSCARDI, 1998).

A habilidade da soja de evitar redução substancial do rendimento após o desfolhamento depende de vários fatores entre os quais estão a intensidade do desfolhamento; o desenvolvimento fenológico da soja na ocasião do desfolhamento; a habilidade da cultivar em tolerar ou compensar o desfolhamento; os fatores ambientais, como radiação, precipitação e fertilidade do solo (PEDIGO et al., 1986).

Dentre as várias espécies de insetos encontradas nas áreas produtoras de soja, alguns são considerados como pragas pela importância dos danos que causam. Entre

os insetos desfolhadores, os mais importantes são as lagartas da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) e coleópteros como o *Cerotoma* e as vaquinhas. Esses, se não controlados adequadamente, podem causar perdas totais em lavouras (SOUSA-GOMES et al. 1993).

Diversas pesquisas foram realizadas nas quais variou-se épocas (desde estádios vegetativos iniciais até reprodutivo final) e níveis (de 0 a 100%) de desfolhamento, demonstrando desde a não ocorrência de resposta até quase redução total no rendimento (SOUZA et al., 2014; BAHRY et al., 2013; BUENO et al., 2010; PELUZIO et al., 2004; PELUZIO et al., 2002; COSTA et al., 2003; BARROS et al., 2002; SALVADORI & CORSEUIL, 1979; PIKCLE & CAVINESS, 1984; DIOGO, 1997; PETERSON et al., 1998; CAMPELO & SEDIYAMA, 1999; FONTOURA et al., 2006). No entanto, pesquisas com desfolhamento contínuo ainda não haviam sido realizadas.

Além dos insetos, as doenças também podem causar desfolha precoce na cultura da soja, dentre elas, a ferrugem causada por *Phakopsora pachyrhizi*, também conhecida como ferrugem asiática, é a mais importante, podendo causar perdas de até 100%. Os sintomas iniciais da doença são pequenas pústulas foliares, de coloração castanha a marrom-escura. Na face inferior da folha, pode-se observar uma ou mais urédias que se rompem liberando os uredósporos. As lesões tendem para o formato angular e podem atingir 2 a 5 mm de diâmetro, podendo aparecer em pecíolos, vagens e caules (SINCLAIR & HARTMAN, 1999).

À medida que mais lesões são formadas nos folíolos, as áreas infectadas começam a amarelar e, eventualmente, os folíolos caem das plantas. Apesar da ferrugem da soja iniciar nas folhas mais baixas do dossel, quando o ambiente for favorável, a doença rapidamente progride para as folhas mais altas até que todas as folhas apresentem os sintomas da doença. Muitas plantas doentes podem tornar-se completamente desfolhadas. A perda de tecidos foliares resulta na redução de produtividade devido à diminuição do tamanho e número de grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior a perda de rendimento e de qualidade (YANG et al., 1991). Em casos severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou no início da granação, pode causar o aborto e a queda das vagens, resultando em até perda total do rendimento (EMBRAPA, 2010). Atualmente, a mais efetiva maneira de manejar a ferrugem asiática da soja é

pelo uso de fungicidas. Entretanto, para ser eficiente, a seleção do fungicida correto e a sua aplicação no momento certo são cruciais.

As cultivares de soja diferenciam-se com relação a diversos caracteres agronômicos, tais como: altura da planta, altura de inserção da primeira vagem, número de nós, número de vagem por plantas, número de sementes por vagem, peso de cem sementes, produtividade, resistência a doenças e pragas, etc. A importância do conhecimento da variabilidade genética nos programas de melhoramento, ou seja, o quanto desta variabilidade está relacionado a diferenças genéticas, permite conhecer o potencial da população para a seleção (RAMALHO et al, 1996).

O processo de diferenciação de genótipos pelas técnicas convencionais com caracteres morfológicos é de grande importância, no entanto, como todos os anos são lançadas dezenas de cultivares, muitas vezes as características são muito semelhantes, e em determinados casos, pode-se não possuir muita garantia devido à dependência de condições ambientais adequadas. Nesse sentido, técnicas de biotecnologia, como os marcadores moleculares são de grande utilidade, principalmente no processo de caracterização e seleção de genótipos. Marcadores moleculares são características de DNA que diferenciam dois ou mais indivíduos e são herdadas geneticamente. Os distintos tipos de marcadores moleculares, hoje disponíveis, diferenciam-se pela tecnologia utilizada para revelar variabilidade em nível de DNA e, assim, variam quanto à habilidade de detectar diferenças entre indivíduos, custo, facilidade de uso, consistência e repetibilidade (MILACH, 1998).

Em termos de variabilidade genética, os marcadores moleculares, permitem compreender e organizar a variabilidade genética de um programa de melhoramento de forma única, isto é, acessando a variabilidade do DNA que não é influenciada pelo ambiente, por exemplo, os caracteres morfológicos e fenotípicos de uma planta em geral. A primeira consequência disto é a possibilidade de planejar os cruzamentos de um programa, de forma a maximizar as diferenças genéticas entre genótipos elites, diferenças essas que muitas vezes não podem ser observadas em nível de fenótipo. A segunda é a possibilidade de organizar o germoplasma do programa em “pools” gênicos, facilitando a escolha de parentais e diminuindo o número de combinações a serem feitas pelo melhorista. Como consequência do estudo da variabilidade genética, muitas vezes é possível identificar o padrão molecular (fingerprinting) de genótipos de interesse, que podem ser, posteriormente, utilizados para a proteção do germoplasma (MILACH, 1998).

Obtendo-se todas essas informações de variabilidade fenotípica e molecular entre as cultivares de soja, e necessário ainda o conhecimento da correlação entre componentes de rendimento da soja, o qual é fundamental para a tomada de decisão no processo de seleção em um programa de melhoramento, pois pode-se fazer a seleção indireta de um caráter quantitativo, de difícil ganho de seleção, através da seleção de um outro caráter diretamente a ele correlacionado de maior ganho genético ou de fácil seleção visual.

O número de grãos por vagem é um caráter que tem forte ligação com a produtividade. Assim, procura-se nos programas de melhoramento selecionar plantas com muitas vagens, nas quais tenham um número mais elevado de grãos (principalmente 3). No entanto, no método de melhoramento SPD, não tem-se informação se a seleção dessas vagens com maior número de grãos poderá influenciar positivamente o frequência de maior número de grãos por vagem na geração subsequente.

Diante de toda essa gama de informações, verifica-se que apesar da soja ser uma cultura amplamente pesquisada no Brasil e no mundo, ainda há muitas lacunas a serem preenchidas no que diz respeito ao manejo e melhoramento da mesma, afim de elevar a produtividade das lavouras.

Nesse sentido, os objetivos desses trabalhos foram:

1. Avaliar o efeito de níveis de desfolha contínua, nos estádios vegetativo e reprodutivo, em cultivares de soja com diferentes características agronômicas.
2. Simular o progresso da ferrugem asiática em cultivares de soja por meio da retirada de trifólios e porcentagem de desfolha no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos.
3. Avaliar a divergência genética de cultivares de soja no verão e inverno a partir de caracteres agromorfológicos e marcadores moleculares.
4. Analisar a influência da coleta de vagens com 1, 2 e 3 grãos para formação da geração seguinte e seu respectivo efeito nas frequências do número de grãos por vagem, bem como a associação dos componentes de rendimento pela análise de trilha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHRY, C. A.; NARDINO, VENSKE, E.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q. S.; CARON, B. O. Desempenho agronômico da soja em função da

desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.4, p.19-24, 2013.

BARROS, H. B.; SANTOS, M. M.; PELÚZIO, J. M.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, R. R.; VENDRUSCO, J. B. Desfolha na produção de soja (*Glycine max* 'M-SOY 109'), cultivada no cerrado, Gurupi-TO, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2. p. 5-10, 2002.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Circular técnica 79. Embrapa soja, 2010, 11p.

CAMPELO, J. G. E.; SEDIYAMA, T. Efeitos de desfolhas sobre o início do florescimento da soja cultivada no inverno. **Revista Ceres**, v. 46, p. 652-666, 1999.

COSTA, M.A.G.; BALARDIN, R.S.; COSTA, E.C.; GRÜTZMACHER, A.D.; SILVA, M.T.B. da. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.813-819, 2003.

DIOGO, A. M. **Influência da remoção de folhas, em vários estádios de desenvolvimento, na produção de grãos e outras características agrônômicas da soja**. Viçosa, MG, UFV, 1997. (Dissertação de mestrado).

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2010. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. 255p.

FONTOURA, T. B.; COSTA, J. A.; DAROS, E. Efeito de níveis e épocas e desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agrária**, v. 7, n. 1-2, p. 49-54, 2006.

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

HAILE, F.J. et al. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.353-362, 1998.

MILACH, S. C. K. Marcadores de DNA. **Biotechnology Ciência e Desenvolvimento**. Brasília, v. 1, n. 5, p. 14 – 17, 1998.

PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, v.31, p.341-368, 1986.

PELÚZIO, J. M.; BARROS, H. B.; BRITO, E. L.; SANTOS, M. M. dos; SILVA, R. R. da. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, v.51, n.297, p.575-585, 2004.

PELUZIO, J. M.; BARROS, H. B.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, R. R.; NASCIMENTO, I. R. Influência do desfolhamento artificial no rendimento de grãos e

componentes de produção da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1197-1203, 2002.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G.; HAILE, L. G.; BARRIGOSI, A. F. Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) injury affects photosynthesis of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris*. **Environmental Entomology**, v.27, n.2, p.373-381, 1998.

PICKLE, C. S.; CAVINESS, C. E. Yield reduction from defoliation and planta cutoff of determinate and semi-determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison. v.76, n.3, p.474-476, 1984.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária**. 5ª. ed. São Paulo: Globo, 1996.

SALVADORI, J.R.; CORSEUIL, E. Efeito de quatro níveis de desfolha aplicadas em quatro estádios de desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), na produção de grãos. **Agronomia Sulriogradense**, v.15, n.1, p.91-101, 1979.

SINCLAIR, J.B. & HARTMAN, G. L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Eds.) **Compendium of soybean diseases**. 4ª ed. St. Paul. American Phytopathological Society, 1999. p.3-4.

SOSA-GOMEZ, D.R.; D.L. GAZZONI, B.C. FERREIRA & F. MOSCARDI. Pragas da soja e seu controle. In: N.E. ARANTES E P.I.M. SOUZA (Eds.). **Cultura da Soja nos Cerrados**. POTAFOS. Piracicaba, SP. 1993. p.299-331.

SOUZA, V. C.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; BAHRY, C. A.; CARON, B. O.; ZIMMER, P. D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.216-223, 2014.

YANG, X.B., TSCHANZ, A.T., DOWLER, W. M. & WANG, T.C. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Journal of Phytopathology**, v.81, p.1420-1426, 1991.

CAPÍTULO 1

ESTRESSE POR DESFOLHAMENTO CONTÍNUO NO ESTÁDIO VEGETATIVO E REPRODUTIVO DE GENÓTIPOS DE SOJA

RESUMO

A produtividade da soja depende da fotossíntese gerada pelas folhas, de modo que qualquer fator que interfira em sua área foliar poderá afetar a produção. Dentre esses, cita-se o ataque de insetos desfolhadores, que provoca decréscimo acentuado no rendimento de grãos por sua atuação direta na redução da área foliar, reduzindo, conseqüentemente, a taxa fotossintética da planta. As características agronômicas das cultivares podem interferir no nível de tolerância da planta a esse tipo de estresse, principalmente se for contínuo. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de níveis de desfolha contínuo, nos estádios vegetativo e reprodutivo, em cultivares de soja com diferentes características agronômicas. Foram conduzidos dois experimentos (verão e inverno). Os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 2x5x6, com quatro repetições. Os fatores consistiram de estádios de desfolha (vegetativo e reprodutivo), níveis de desfolha (0, 16,7%, 33,3%, 66,6%, 100%) e cultivares (M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR, M 7908 RR, TMG 127 RR e TMG 7188 RR). Foram avaliadas as seguintes variáveis: número de vagens/planta, número de grãos/planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta. Pelos resultados obtidos, observou-se que a desfolha teve efeito negativo em todos os componentes de rendimento das cultivares, com maior decréscimo no estágio reprodutivo. A desfolha contínuo a partir de 16%, tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo, diminuiu significativamente a produtividade da soja. Independentemente das características agronômicas, o efeito do estresse por desfolhamento nas cultivares de soja foi semelhante.

Palavras chave: Produtividade, componentes de rendimento, área foliar, *glycine max.*

ABSTRACT

Soybean yield depends on photosynthesis generated by leaves, so any factor that interfere with their leaf area could affect the yield. Among these, attack of defoliating insects causes significant decrease in grain yield, by its direct reduction of the leaf area, thereby reducing the total photosynthesis of the plant. The agronomic traits of cultivars can infer the level of tolerance of the plant to this kind of stress, if it is continuous. Thus, the aim of this work is to evaluate the effect of continuous defoliation in vegetative and reproductive stages in soybean cultivars with different traits. Two experiments were conducted (Summer and winter seasons). The experiments were carried out in an experimental randomized complete block design in a 2x5x6 factorial scheme, with four replications. Factors consisted of defoliation stages (vegetative and reproductive), defoliation levels (0 , 16.7% , 33.3 % , 66.6 % , 100 %) and cultivars (M 7211 RR, TMG 123 RR , TMG 1176 RR, M 7908 RR , TMG 127 RR , TMG 7188 RR) . The following variables were evaluated: number of pods/plant, number of grains/plant, 100-seeds weight and seed yield/plant. From the obtained results, it was observed that defoliation had a negative effect on all yield components of cultivars with greater decrease in reproductive stage. Continuous defoliation from 16% in both the vegetative and reproductive stage significantly decreased soybean yield, and regardless of agronomic characteristics the effect of defoliation stress in soybean cultivars was similar.

Key-words: Productivity, yield components, leaf area, *glycine max.*

INTRODUÇÃO

A soja é a cultura com maior produção de grãos no Brasil e na safra (2013/2014) alcançou 86,1 milhões de toneladas em uma área de 30,1 milhões de hectares com produtividade média de 2854 kg ha⁻¹. O potencial produtivo da soja é alto, no entanto, estresses ocorridos durante o ciclo da cultura podem diminuir a produtividade, que é o resultado final da fotossíntese gerada pelas folhas sob as condições ambientais. Assim, qualquer fator que interfira em sua área foliar poderá afetar a produção. Dentre esses, cita-se o ataque de insetos desfolhadores que

provocam decréscimo acentuado no rendimento de grãos por sua atuação direta na redução da área foliar, reduzindo conseqüentemente a fotossíntese total da planta.

Pesquisas têm constatado que desfolha inferior a 50%, antes do florescimento, normalmente não reduz o rendimento de grãos, enquanto que, durante os estádios reprodutivos, tem causado maiores reduções na produtividade da soja (BUENO et al., 2010; FONTOURA et al., 2006; CAMPELO & SEDIYAMA, 1999; PETERSON et al., 1998; DIOGO, 1997; PIKCLE & CAVINESS, 1984; SALVADORI & CORSEUIL, 1979). No entanto, a capacidade da soja de evitar redução de produtividade depois de submetida a um desfolhamento depende de alguns fatores, como a própria intensidade da desfolha, o estágio fenológico em que ocorre, a habilidade da cultivar em tolerar ou compensar o desfolhamento (COSTA et al., 2003; PARCIANELLO et al., 2004) e, também, dos fatores ambientais, dentre eles, a radiação solar (ANDRADE et al., 2002).

Segundo a recomendação da Embrapa (2010), o controle de insetos desfolhadores deve ser realizado quando a soja atingir o máximo de 30% de desfolha no estágio vegetativo e 15% no estágio reprodutivo, para não ocorrer redução de produtividade. No estágio reprodutivo a planta está mais sensível a desfolha, uma vez que os fotoassimilados são direcionados para a formação de flores, vagens e sementes.

Barros et al. (2002) observaram que a maior redução na produção de grãos ocorreu quando as plantas estavam com vagens completamente formadas (Estádio R4) e quando as folhas foram totalmente removidas. Diogo (1997) observou reduções de, aproximadamente, 80% quando realizada a desfolha total da cultura na fase de formação das vagens. No estágio vegetativo, Peluzio et al. (2004) verificaram que o nível máximo de desfolha, retardou o florescimento da soja, altura de planta, número de vagens por planta, massa de 100 sementes e produtividade de grãos. A redução da produtividade, depende também de fatores como a própria cultivar e da duração da injúria, pois cultivares com maior ciclo possuem maior período para formação de folhas e podem tolerar maior perda de área foliar.

Pode-se observar que os trabalhos realizados para quantificação da perda por desfolhamento, utilizaram desfolhas pontuais, ou seja, realizou-se níveis de desfolha em determinados estádios de desenvolvimentos da cultura. Dessa forma, as conclusões baseiam-se em uma perda de área foliar em um único estágio fenológico. No entanto, se o mesmo nível de desfolha for mantido durante uma fase maior do desenvolvimento

da cultura, pode-se obter resultados divergentes, garantindo maior segurança na indicação da tolerância a desfolha sem comprometimento de produtividade.

Outro fator é que, dos resultados de pesquisas a respeito do efeito da desfolha na soja, todos utilizaram cultivares que possuem folhas do tipo ovaladas, pois essas sempre foram preferências nos programas de melhoramento. No entanto, nos últimos anos cultivares com características de folhas lanceoladas tem ganhado espaço nas áreas cultivadas com soja, porém para esses genótipos ainda não existem estudos de tolerância à desfolha, principalmente no período reprodutivo, no qual a cultura da soja é muito mais sensível a este estresse. Além disso, as cultivares de soja pertencem a diferentes grupos de maturidade, o que pode resultar em níveis de tolerância diferenciados de acordo com o ciclo da mesma.

Diante dessas observações, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de níveis de desfolha contínua, nos estádios vegetativo e reprodutivo, em cultivares de soja com diferentes características agronômicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em 2011 e 2012 em casa de vegetação, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O solo utilizado apresentou as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 4,9; P (Mehlich 1) = 1,8 mg dm⁻³; K = 14 mg dm⁻³; Ca = 0,6 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,2 cmol_c dm⁻³; Al = 1,2 cmol_c dm⁻³; H+Al = 9,40 cmol_c dm⁻³; Matéria Orgânica = 3,2 g dm⁻³; CTC_(pH7,0) = 10,24 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V%) = 8. O solo apresentava textura argilosa. De acordo com esses resultados foram aplicados 2 g de calcário calcítico kg⁻¹ de solo e na adubação utilizou-se 300 e 150 mg de P e K kg⁻¹ de solo, respectivamente.

Foram conduzidos dois experimentos, um no verão (Dezembro/2011) e outro no inverno (Maio/2012). Os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 2x5x6, com quatro repetições. Os fatores consistiram de estágio de desfolha (vegetativo e reprodutivo), níveis de desfolha (0, 16,7%, 33,3%, 66,6%, 100%) e cultivares (M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR, M 7908 RR, TMG 127 RR, TMG 7188 RR). Cada

parcela foi constituída por um vaso de 2,5L com duas plantas. As cultivares possuem as seguintes características de importância agrônômica (Tabela 1).

Tabela 1. Características agrônômicas das cultivares estudadas

Cultivar	Tipo de crescimento	Grupo de maturidade	Forma do folíolo
M 7211 RR	Indeterminado	7.2	Oval pontiaguda
TMG 123 RR	Determinado	7.4	Lanceolada
TMG 1176 RR	Determinado	7.6	Lanceolada
TMG 127 RR	Indeterminado	7.2	Ovalada
M 7908 RR	Determinado	7.9	Ovalada
TMG 7188 RR	Determinado	8.8	Ovalada

Na semeadura foram utilizadas 5 sementes/vaso e no estágio V1, foi realizado o desbaste, mantendo as duas plantas mais vigorosas. A partir do estágio V2 (folha trifoliolada completamente desenvolvida no nó acima do nó das folhas unifolioladas), as plantas foram submetidas aos níveis de desfolha até o início do florescimento (Estádio R1). Para análise do desfolhamento no estágio reprodutivo, novas plantas foram submetidas ao estresse a partir da abertura do primeiro botão floral (R1), mantendo-se cada nível de desfolha até a emissão da última folha de cada planta (Figura 1).

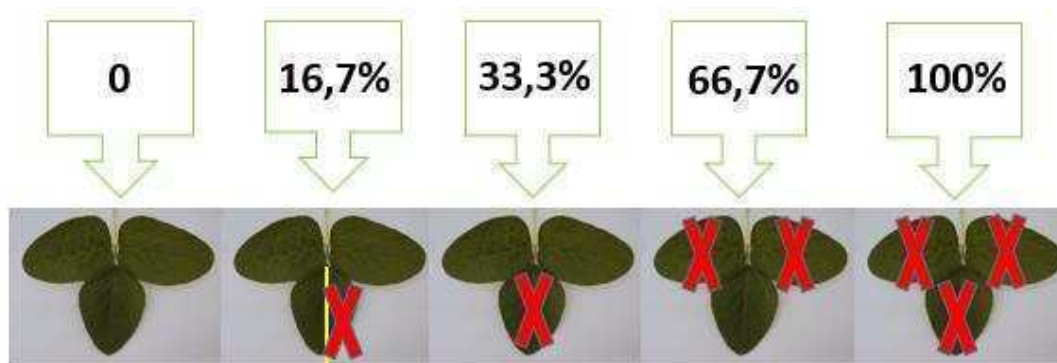


Figura 1. Níveis de desfolha que as cultivares foram submetidas no estágio vegetativo e reprodutivo.

X = Parte do trifólio retirada.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: Número de vagens/planta, número de grãos/planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo realizada comparação de médias (Teste Tukey) e análise de regressão pelo programa Genes (Cruz, 2013). Na análise de regressão utilizou-se o procedimento de regressão polinomial conjunta e o teste de

identidade de modelo, considerando 5% de probabilidade para a escolha do melhor método e para rejeitar a hipótese de similaridade entre os modelos estatísticos. Além da significância da regressão pelo teste F, foi considerado o coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Época 1 - Verão

Na Tabela 2, observa-se que houve efeito significativo dos fatores estudados para todas as variáveis de produção. A interação entre estágio de desfolha x nível de desfolha foi significativa a 1% de probabilidade para todas as características, demonstrando que o efeito do desfolhamento é dependente do estágio em que ele ocorre. As variáveis massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta apresentaram efeito também da interação entre estágio de desfolha x cultivares. A interação entre o nível de desfolha e cultivares não foi significativa apenas para produtividade/planta.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os componentes de Produção: número de vagens/planta, número de grãos/planta, Massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta.

FV	GL	VAG/PL	GRA/PL	M100	PROD
	Quadrados Médios				
Bloco	3	473,6844	2491,579	14,7824	38,2211
Estádio (EST)	1	193,501*	1542,801**	220,3592**	107,1739**
Nível de desf (DESF)	4	10334,01**	64448,01**	206,1235**	2409,634**
Cultivar (CULT)	5	1543,994**	6918,274**	249,9702**	43,248**
ESTxDESF	4	603,7068**	2763,71**	107,4973**	85,8306**
ESTxCULT	5	32,806ns	238,8885ns	8,3572**	11,5049*
DESFxCULT	20	103,8626**	488,5532**	5,8162**	5,656ns
ESTxDESFxCULT	20	24,9118ns	165,5099ns	2,1065ns	3,5317ns
Resíduo	177	39,3051	193,0414	2,3315	4,2193
Média geral		37,7	88,11	17,90	15,90
CV(%)		16,59	6,69	5,64	12,91

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo.

Para o número de vagens/planta (Tabela 3), observou que, para o nível de desfolha dentro dos estádios, houve diferença significativa apenas com 100% de desfolhamento, o qual ocasionou redução acentuada no número de vagens, pois com a perda de 100% da área foliar no estágio reprodutivo a planta não teve capacidade de recuperação, resultando em abortamento das vagens, enquanto que, com a perda de área foliar somente até no início do florescimento (R1), a planta ainda emite alguns trifólios, conseguindo dessa forma manter determinado número de vagens. Resultado semelhante foi encontrado por Barros et al. (2002) que verificaram que em todos os estádios reprodutivos, as maiores reduções no número de vagens ocorreram com 100% de desfolha, concordando também com Diogo (1997).

Para Shibles et al. (1975), a desfolha altera a relação fonte/dreno, fazendo com que a planta passe por um rearranjo das funções fisiológicas. Pissaia et al. (1982) mencionam que níveis de desfolha causam na planta competição entre partes reprodutivas e vegetativas. A formação de novas folhas ocorre às custas de carboidratos que iriam ser empregados na formação das vagens. Esta competição é mais acentuada a medida em que os níveis de desfolha aumentam, ocasionando maiores reduções no rendimento de grãos.

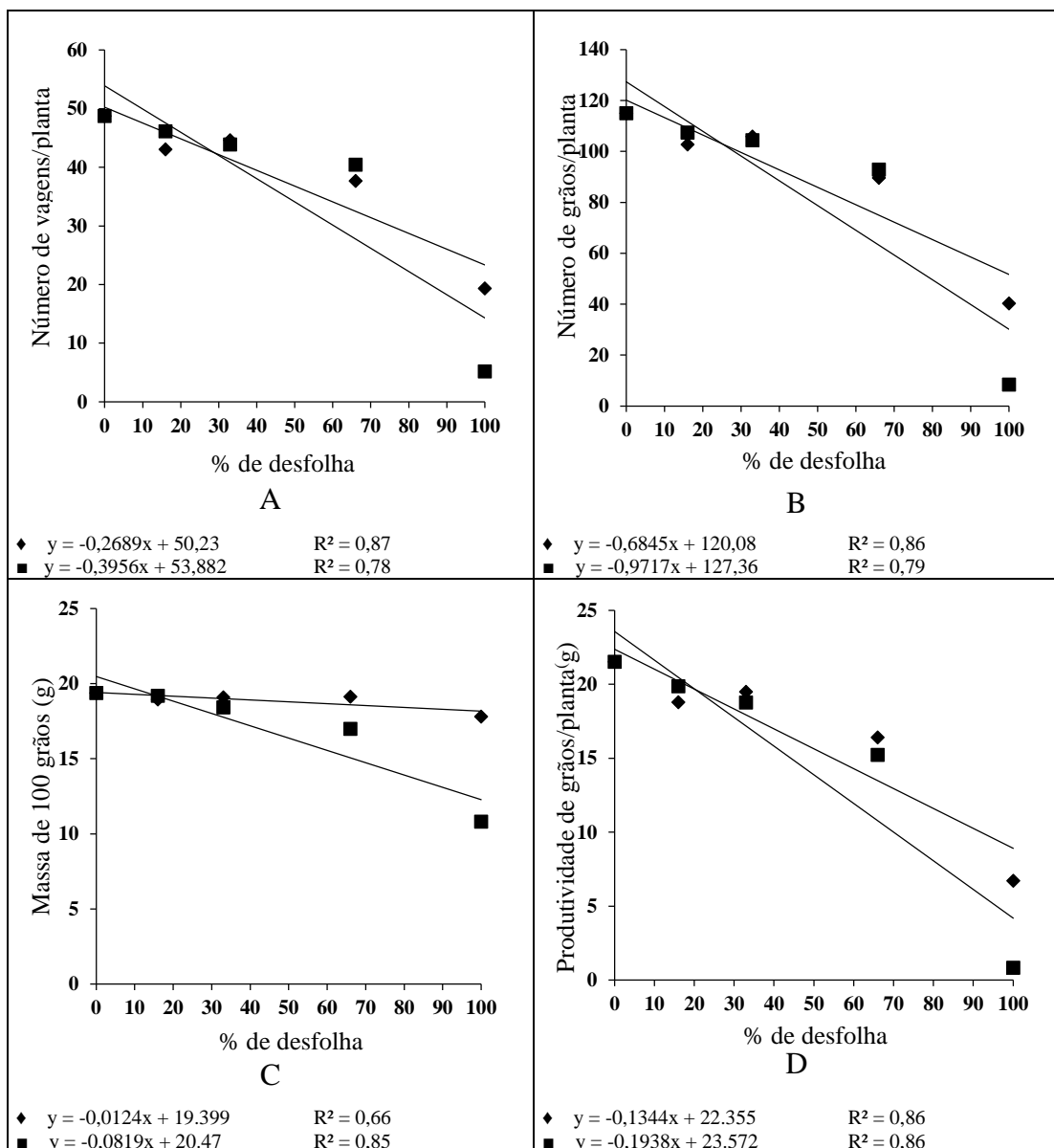
Tabela 3. Número de vagens/planta de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	48,72 A	43,04 A	44,58 A	37,66 A	19,31 A
Reprodutivo	48,72 A	46,14 A	43,85 A	40,34 A	5,18 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Em relação ao número de vagens/planta em função dos níveis de desfolha (Figura 2 A), independente das cultivares utilizadas, observou-se que houve decréscimo linear nesse componente de produção quando a desfolha foi realizada tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo, porém no estágio reprodutivo o número de vagens teve maior diminuição, conforme aumentou-se o nível de desfolha contínua. Dentre os componentes de produção da soja, o número de vagens é o que tem maior variação com estresses ambientais. Fontoura et al. (2006) observaram que o componente com maior redução em função do desfolhamento foi o número de

vagens/planta, principalmente quando houve 100% de desfolha no início do enchimento de grãos. Segundo Sedyama (1985), em razão do aumento do tamanho dos drenos nas épocas de florescimento e durante a formação das vagens, ocorrem picos de atividade fotossintética, indicando maior necessidade da planta em produzir fotoassimilados nesses períodos. Dessa forma, o aumento da desfolha, resulta na redução do número de vagens, face a diminuição na atividade fotossintética da planta e, conseqüentemente de assimilados para as vagens.



◆ Estádio Vegetativo ■ Estádio Reprodutivo

Figura 2. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos/planta (D) em função dos níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Para a interação entre as cultivares e os níveis de desfolha (Tabela 4), na comparação entre as cultivares dentro de cada nível, com 100% de desfolhamento não houve diferença entre as cultivares, ou seja, há uma elevada diminuição no número de vagens independente das características das cultivares. No entanto, para os outros níveis de desfolha, a cultivar TMG 7188 RR foi a que manteve o maior número de vagens. Essa cultivar apresenta maior grupo de maturidade em relação as demais, resultando em maior ciclo, dessa forma, há um maior período vegetativo e reprodutivo, possibilitando maior capacidade de recuperação a desfolha e manutenção de vagens. Porém, vale ressaltar que, o maior número de vagens, não garante maior produtividade, pois essa depende de outros componentes de produção, como grãos/planta e massa de 100 grãos. Pelo teste de identidade de modelos, todas as cultivares se agruparam em uma mesma equação (Figura 3 A) demonstrando que independente da cultivar o decréscimo no número de vagens é semelhante.

Tabela 4. Número de vagens/planta de soja em função do nível de desfolha e cultivar.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	57,6 A	48,2 AB	46,2 B	40,1 BC	10,8 A
TMG 123 RR	44,8 BC	38,5 C	38,3 B	32,8 C	8,8 A
TMG 1176 RR	47,0 B	45,3 BC	46,9 B	42,1 AB	14,4 A
M 7908 RR	36,6 C	39,7 BC	38,9 B	35,8 BC	11,1 A
TMG 127 RR	43,5 BC	39,1 C	38,4 B	33,0 C	13,1 A
TMG 7188 RR	62,7 A	56,5 A	56,5 A	50,3 A	15,1 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para o número de grãos/planta o comportamento dos estádios de desfolha dentro dos níveis foi semelhante ao número de vagens, sendo menor somente quando houve 100% de desfolha no estágio reprodutivo (Tabela 5). Esse componente tem alta relação com o número de vagens e efeito direto na produtividade, no entanto o decréscimo depende também do número de grãos por vagem. Quando observa-se o comportamento em função dos níveis de desfolha constata-se que a insensibilidade a desfolha até o nível de 66% deve-se ao decréscimo linear para os dois estádios de desfolha (Figura 2 B).

Tabela 5. Número de grão/planta de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	114,9 A	102,6 A	105,8 A	89,5 A	40,2 A
Reprodutivo	114,9 A	107,3 A	105,3 A	92,7 A	8,4 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

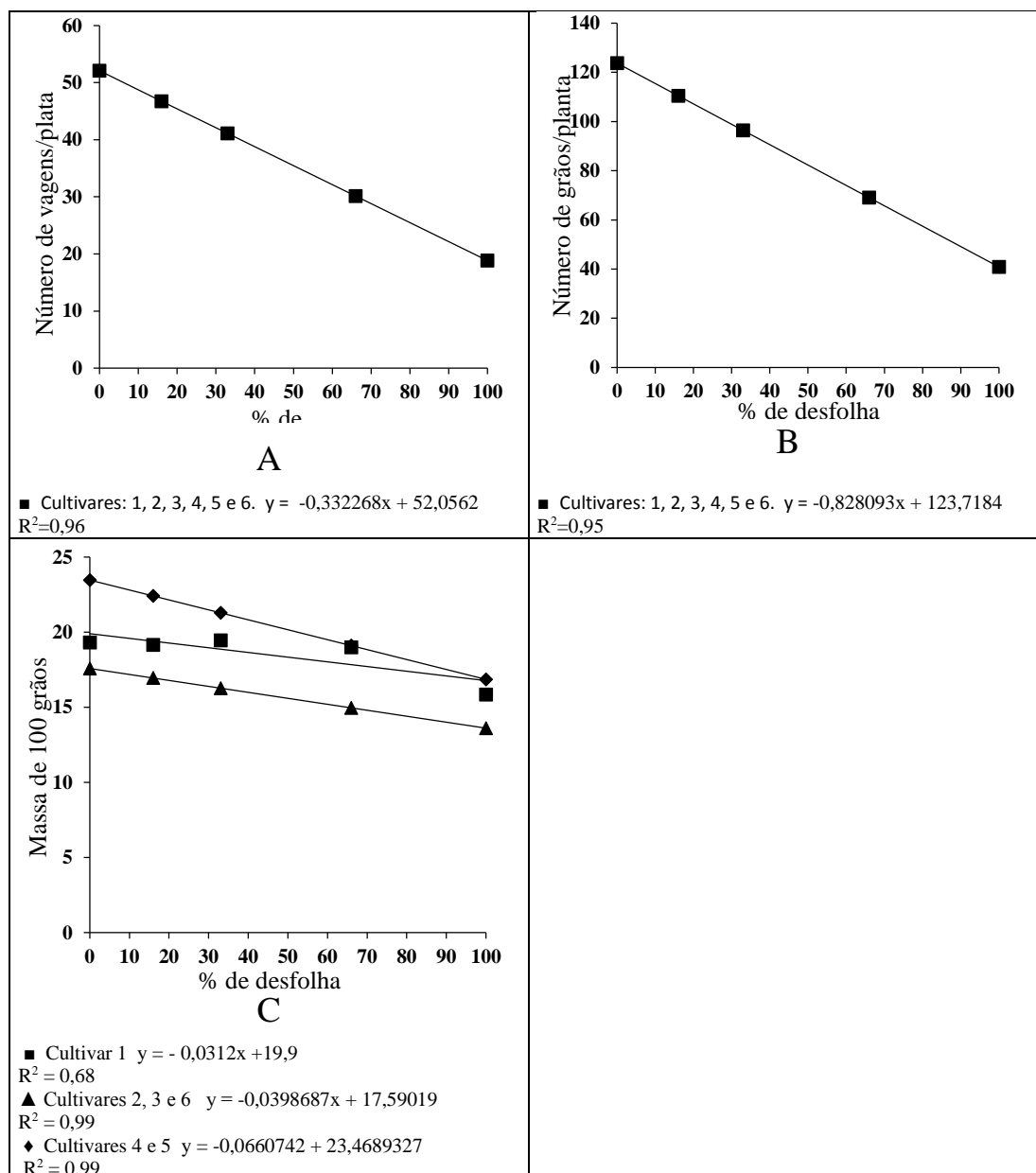


Figura 3. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B), massa de 100 grãos (C) em função dos níveis de desfolha nas cultivares. As regressões foram agrupadas pelo teste de identidade de modelo a 5% de probabilidade e aquelas agrupadas estão representadas por uma equação comum. Cultivares: 1 – M 7211 RR, 2 – TMG 123 RR, 3 – TMG 1176 RR, 4 – M 7908 RR, 5 – TMG 127 RR e 6 – TMG 7188 RR.

Em relação as cultivares dentro de cada nível de desfolha (Tabela 6), a cultivar TMG 1176 RR apresentou a maior média de grãos/planta independentemente do nível de desfolha, o que deve-se ao fato dessa cultivar produzir uma considerável quantidade de vagens com quatro grãos, característica esta que está ligada geneticamente ao tipo de folha lanceolada. A cultivar M 7908 RR produziu menor quantidade de grãos por planta, no entanto a mesma apresenta maior massa de grãos que as demais cultivares. Semelhantemente para o número de vagens/planta, com 100% de desfolha não houve diferença significativa para o número de grãos/planta.

Tabela 6. Número de grãos planta⁻¹ de soja em função do nível de desfolha e cultivar¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	115,0 BC	94,1 BC	94,0 C	80,5 B	20,4 A
TMG 123 RR	124,1 AB	110,2 AB	107,8 BC	93,3 AB	20,0 A
TMG 1176 RR	136,1 A	122,6 A	128,5 A	111,8 A	30,9 A
M 7908 RR	83,3 D	94,1 C	91,3 C	82,6 B	21,4 A
TMG 127 RR	99,3 CD	89,8 BC	88,8 C	74,8 B	26,1 A
TMG 7188 RR	131,5 AB	119,0 A	119,8 AB	103,6 A	27,0 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Ao observar o número de grãos/planta das cultivares em função dos níveis de desfolha (Figura 3 B), constata-se que houve comportamento semelhante ao número de vagens/planta, ajustando-se em uma equação comum pelo teste de identidade de modelo, com decréscimo linear conforme o aumento do desfolhamento. A desfolha tem efeito negativo no número de vagens/planta que reflete diretamente no número de grãos/planta, sendo esse o componente de produção que possui maior efeito direto na produtividade (Silva et al., 2013), dessa forma, o manejo da lavoura em relação aos insetos desfolhadores deve evitar ao máximo que aconteça abortamento de vagens na planta, uma vez que, os outros componentes de produção, tais como número de grãos/vagens e massa de 100 grãos, após determinado nível de desfolha não conseguem compensar essa perda, já que são determinados geneticamente, com pouca influência do ambiente.

Em relação a massa de 100 grãos, para os níveis de desfolha dentro dos estádios (Tabela 7) somente houve decréscimo a partir de 66,7% de desfolha no estágio

reprodutivo. Nesse estágio a planta está transcolando fotoassimilados para formação das vagens e posterior enchimento de grãos e, desfolhas muito elevadas podem diminuir esse componente. Esse comportamento pode ser observado na Figura 2 C, onde a desfolha no estágio vegetativo manteve a massa de 100 grãos praticamente constante, enquanto que no estágio reprodutivo houve decréscimo linear.

Tabela 7. Massa de 100 grãos de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	19,36 A	19,19 A	19,08 A	19,12 A	17,80 A
Reprodutivo	19,36 A	18,94 A	18,41 A	16,97 B	10,80 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Todas as cultivares apresentaram diminuição na massa de 100 grãos quando houve desfolha no estágio reprodutivo (Tabela 8), com exceção da TMG 7188 RR, sendo essa a cultivar que possui maior ciclo, tendo a planta maior período para se recuperar deste estresse, mantendo assim a massa de grãos, que é uma característica genética com pouca variação ambiental, sendo afetada apenas com estresse elevado no período de enchimento de grãos. Com a desfolha contínua a planta pode diminuir outros componentes, como o número de vagens e manter a massa dos grãos.

Tabela 8. Massa de 100 grãos de soja em função de estágio de desfolha e cultivar¹

Estádio	Cultivar					
	M7211 RR	TMG123 RR	TMG1176 RR	M7908 RR	TMG127 RR	TMG7188RR
Vegetativo	19,89 A	16,37 A	16,57 A	22,48 A	20,91 A	16,94 A
Reprodutivo	17,22 B	16,46 B	14,25 B	20,45 B	18,15 B	16,63 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação das cultivares dentro de cada nível (Tabela 9) a cultivar M 7908 RR manteve maior massa de grãos em todos os níveis de desfolha, enquanto que as cultivares TMG 123 RR e TMG 1176 RR tiveram as menores médias. Esse resultado é justamente do contrário ao número de grãos/planta, demonstrando um efeito

compensatório nas cultivares, ou seja, aquelas que produzem maior número de grãos produzem grãos menores do que aquelas que produzem poucos grãos/planta.

Tabela 9. Massa de 100 grãos de soja em função do nível de desfolha e cultivar¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	19,30 BC	19,16 B	19,45 BC	19,00 B	15,84 A
TMG 123 RR	16,89 D	15,88 C	16,77 D	15,38 C	12,15 B
TMG 1176 RR	16,50 D	16,70 C	16,25 D	15,22 C	12,38 B
M 7908 RR	24,80 A	23,41 A	22,59 A	21,47 A	16,31 A
TMG 127 RR	20,69 B	21,55 A	19,94 B	20,69 AB	14,78 A
TMG 7188 RR	17,98 CD	17,67 BC	17,46 CD	16,49 C	14,33 AB

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Para a massa de 100 grãos em função dos níveis de desfolha (Figura 3 C) observou-se decréscimo para todas as cultivares. Pelo teste de identidade de modelo, as cultivares TMG 127 RR e TMG 7188 RR (4 e 5), tiveram comportamento semelhante, por possuírem massa de grãos mais elevada, enquanto que a cultivar M 7211 RR (1) apresentou massa intermediária, com decréscimo menos acentuado que as demais. As cultivares TMG 123 RR, TMG 1176 RR e TMG 7188 RR (2, 3 e 6) foram agrupadas numa equação comum, por serem cultivares que produzem grãos menores, principalmente as cultivares de folha lanceolada que possuem essa característica em comum.

Em relação a produtividade/planta, para os níveis de desfolha dentro dos estádios (Tabela 10), apenas houve diferença significativa com 100% de desfolhamento. No entanto ao observar os estádios de desfolha em função dos níveis, houve redução na produtividade tanto no estágio vegetativo quanto no reprodutivo, porém a desfolha no reprodutivo ocasionou perda mais acentuada (Figura 2 D). Esse resultado discorda da maioria dos trabalhos, demonstrando que a partir de 16,7% já houve decréscimo na produtividade de grãos/planta no estágio vegetativo.

Costa et al (2003), estudando a desfolha no estágio reprodutivo, observaram que a remoção de 100% das folhas causou diferença significativa nos estádios R3, R4, R5 e R6, em relação ao estágio R2, com decréscimos no rendimento de grãos de aproximadamente 52, 75, 54 e 23%, respectivamente. Fontoura et al. (2006)

verificaram que o estágio mais crítico para a perda de área foliar é R5, reduzindo o rendimento com a intensificação da remoção de área foliar da planta. Pelúzio et al. (2004) concluíram que desfolhas de 33% em todos os estádios fenológicos e 66% nos estádios fenológicos iniciais (V2 a V5) não afetam significativamente a produção de grãos.

Tabela 10. Produtividade de grãos/plantas de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	21,50 A	18,78 A	19,49 A	16,39 A	6,70 A
Reprodutivo	21,50 A	19,76 A	18,76 A	15,22 A	0,83 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Em relação as cultivares, para a desfolha no estágio vegetativo, observa-se na Tabela 11 que a TMG 1176 RR manteve maior produtividade, já para desfolhas no estágio reprodutivo observa-se que a cultivar TMG 7188 RR teve maior produtividade. Ao observar o desempenho de cada cultivar nos dois estádios de desfolha, as cultivares que não tiveram decréscimo significativo com a desfolha no estágio reprodutivo foram a M 7908 RR e a TMG 7188 RR, as quais possuem maior ciclo, o que permite maior tempo de recuperação ao desfolhamento nesse período mais crítico a cultura. Bahry et al (2013) observaram que a desfolha na fase vegetativa da cultivar CD 219 RR não causou redução de produtividade da soja, considerando um nível de até 66,7% de nós vegetativos sem folhas em V9.

Tabela 11. Produtividade de plantas (g/planta) de soja em função de estágio de desfolha e cultivar¹.

Estádio	Cultivar					
	M7211 RR	TMG123 RR	TMG1176 RR	M7908 RR	TMG127 RR	TMG7188 RR
Vegetativo	16,07 bcA	14,75 cA	18,10 aA	17,27 abA	16,13 bcA	17,09 abA
Reprodutivo	14,34 bcB	14,59 bcA	15,42 abcB	16,04 abA	13,96 cB	17,05 aA

¹Médias seguidas de letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A análise de variância mostrou a interação entre as cultivares e os níveis de desfolha não significativa, o que permite inferir que as cultivares tem decréscimo semelhante na produtividade.

Época 2 – Inverno

Na Tabela 12 observa-se que assim como no experimento de verão, houve efeito significativo para todas as variáveis estudadas. Para todas essas variáveis houve interação entre estágio de desfolha x níveis de desfolha e também entre níveis de desfolha x cultivares, todas a 1% de probabilidade.

Tabela 12. Resumo da análise de variância para os componentes de Produção: número de vagens/planta (VG/PL), número de grãos/planta (GR/PL), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos/planta (PROD).

FV	GL	VG/PL	GR/PL	M100	PROD
	Quadrados Médios				
Bloco	3	104,54	734,31	4,74	19,47
Estádio (EST)	1	352,83**	2593,83**	166,30**	78,38**
Nível de desf (DESF)	4	217,19**	15215,44**	323,97**	516,94**
Cultivar (CULT)	5	2265,19**	11020,78**	362,93**	474,62**
ESTxDESF	4	217,19**	1040,70**	59,08**	22,06**
ESTxCULT	5	24,59 ns	138,02 ns	4,58 ns	2,63 ns
DESFxCULT	20	131,81**	771,54**	13,93**	31,13**
ESTxDESFxCULT	20	16,97 ns	92,46 ns	3,98 ns	5,65 ns
Resíduo	177	19,55	123,25	3,73	3,90
MÉDIA GERAL		20,20	47,96	14,03	7,45
CV(%)		21,89	23,15	13,77	26,51

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo.

Quanto ao número de vagens/planta (Tabela 13), houve diferença significativa entre os estádios de desfolha, somente com 100% de desfolhamento no estágio reprodutivo em relação ao vegetativo, resultado também observado no experimento de verão. Conforme elevou-se a % de desfolha houve decréscimo linear para os dois estádios, com maior diminuição de vagens no estágio reprodutivo (Figura 4 A). Em

trabalho de Ribeiro e Costa (2000), concluíram que níveis de desfolhamento superiores a 50% diminuíram substancialmente o número de vagens e de grãos por planta de soja quando efetuados nos estádios de início de formação dos vagens (R3) e início do enchimento de grãos (R5). Segundo resultados de Ronan et al. (2012), o desfolhamento no período vegetativo da cultura interfere nos caracteres morfológicos de interesse agrônômico, como número de vagens na haste principal e número de vagens nas ramificações, porém não influencia no número total de vagens por planta e no rendimento da cultura da soja com tipo de crescimento determinado.

Tabela 13. Número de vagens/planta de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	25,22 A	23,04 A	23,97 A	22,24 A	12,66 A
Reprodutivo	25,22 A	23,12 A	23,97 A	19,04 A	2,85 B

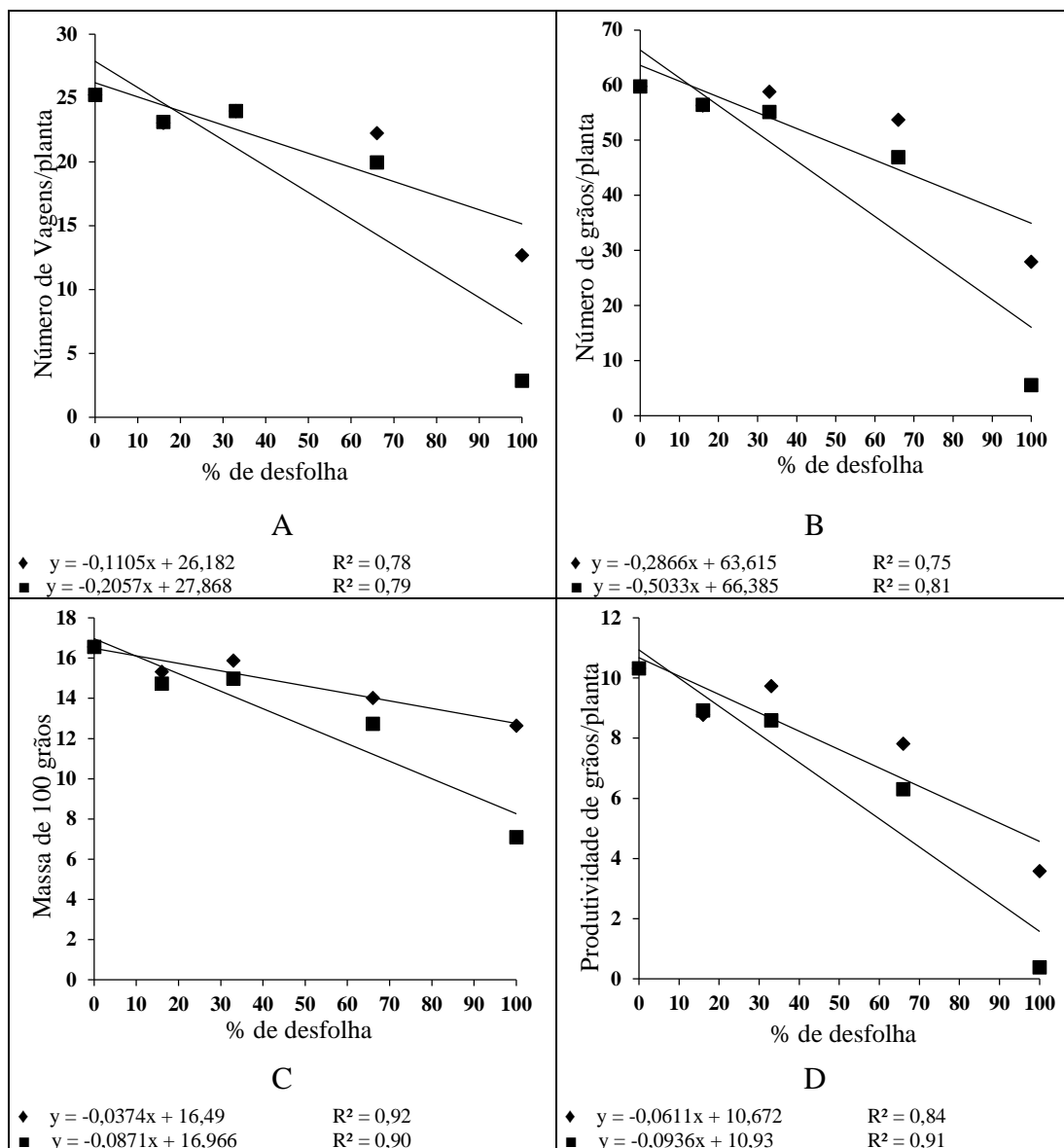
¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação das cultivares dentro de cada nível de desfolha (Tabela 14), assim como na época de verão, com 100% de desfolha não houve diferença significativa entre as cultivares, bem como nos outros níveis a cultivar TMG 7188 RR produziu maior número de vagens que as demais. As cultivares M 7211 RR e TMG 127 RR tiveram número de vagens/planta significante menor, sendo essas as cultivares de menor grupo de maturidade.

Tabela 14. Número de vagens/planta de soja em função do nível de desfolha e cultivar.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	18,1 CD	19,8 CD	19,7 CD	18,8 B	5,6 A
TMG 123 RR	17,6 CD	17,0 CD	18,93 CD	17,3 B	6,4 A
TMG 1176 RR	22,3 C	21,0 C	21,8 C	18,4 B	8,6 A
M 7908 RR	31,0 B	28,8 B	29,1 B	26,4 A	7,4 A
TMG 127 RR	14,87 D	14,43 D	14,18 D	13,9 B	7,5 A
TMG 7188 RR	47,37 A	37,2 A	39,0 A	32,1 A	10,8 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.



◆ Estádio Vegetativo ■ Estádio Reprodutivo

Figura 4. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos/planta (D) em função dos níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo.

Na análise de regressão (Figura 5 A), por meio do teste de identidade de modelos, as cultivares se agruparam em duas classes, sendo um grupo com as cultivares (M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR e TMG 127 RR) que produziram menor quantidade de vagens e tiveram um decréscimo um pouco menos acentuado com o aumento do desfolhamento. Já as cultivares M 7908 RR e TMG 7188 RR tiveram o mesmo comportamento, com maior número de vagens em relação às demais, diferentemente do experimento de verão, onde todas formaram uma só classe. A característica em comum entre essas duas cultivares é o grupo de maturidade maior,

o que mostrou-se mais vantajoso para esse componente de produção com semeadura no inverno.

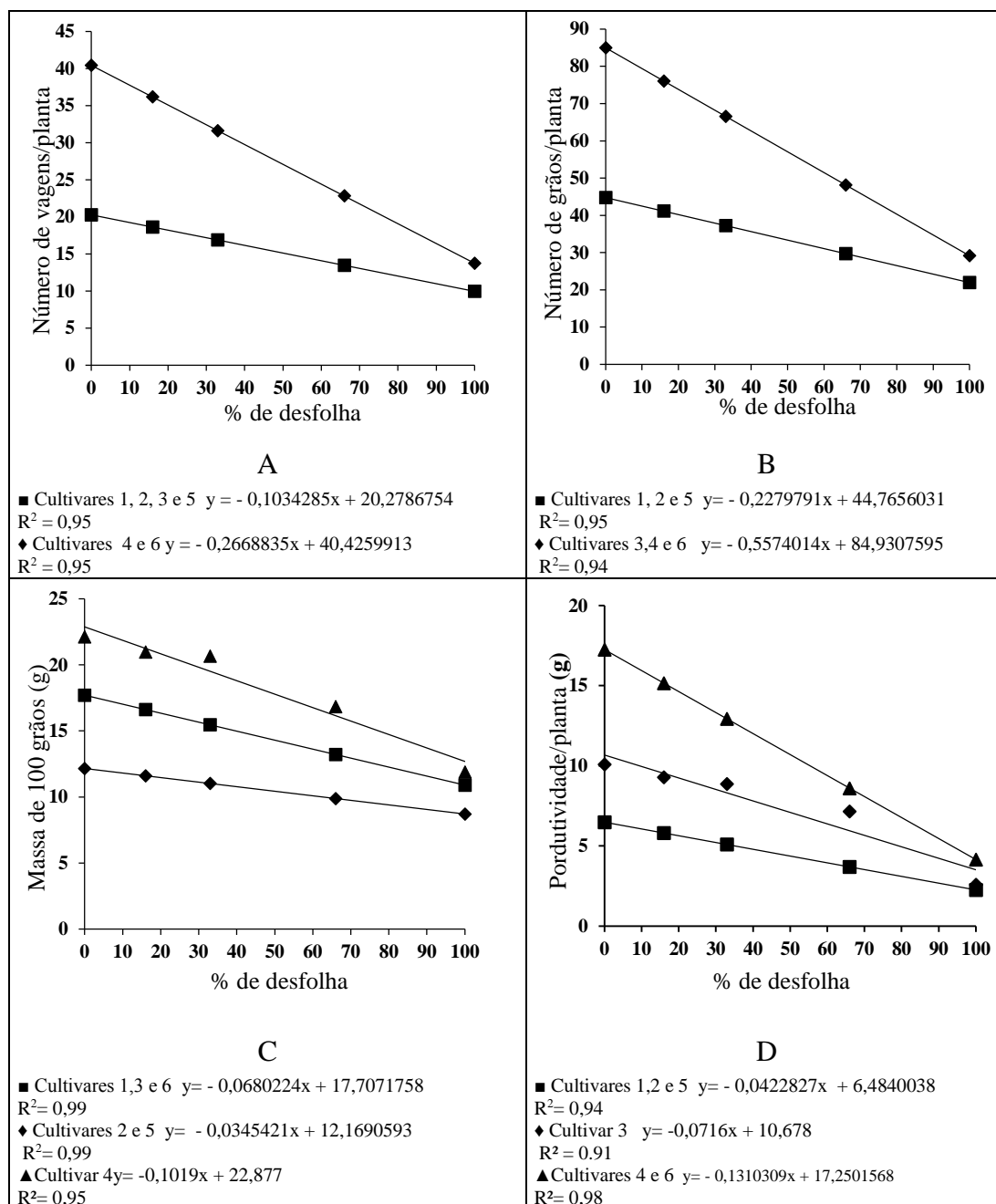


Figura 5. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos/planta (D) em função dos níveis de desfolha nas cultivares. As regressões foram agrupadas pelo teste de identidade de modelo a 5% de probabilidade. Cultivares: 1 – M 7211 RR, 2 – TMG 123 RR, 3 – TMG 1176 RR, 4 – M 7908 RR, 5 – TMG 127 RR e 6 – TMG 7188 RR.

O número de grãos/planta (Tabela 15), diminuiu significativamente a partir de 66% de desfolha no estágio reprodutivo em relação ao vegetativo. O efeito em função

dos níveis no número de grãos/planta (Figura 4 B) foi bastante semelhante ao número de vagens.

Tabela 15. Número de grãos/planta de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	59,7 A	56,2 A	58,7 A	56,7 A	27,9 A
Reprodutivo	59,7 A	56,3 A	55,0 A	46,9 B	5,5 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação entre as cultivares dentro de cada nível (Tabela 16) com 100% de desfolha não houve diferença significativa, devido a decréscimo acentuado. Para os outros níveis, a cultivar TMG 7188 RR manteve maior número de grãos. Diferentemente do experimento de verão, em que a TMG 1176 RR foi superior. As cultivares mais precoces (M 7211 RR e TMG 127 RR) tiveram medias significativamente menores que as demais. Na análise conjunta para esse componente (Figura 5 B), formou-se também duas classes com decréscimo linear, porém, não as mesmas para vagens/planta. Na classe com menor quantidade de grãos/planta ficaram as cultivares M 7211 RR, TMG 123 RR e TMG 127 RR, enquanto que as que produziram maior número de grãos foram TMG 1176 RR, M 7908 RR e TMG 7188 RR.

Tabela 16. Número de grãos/planta de soja em função do nível de desfolha e cultivar¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	34,8 D	38,1 D	40,4 C	35,7 D	10,5 A
TMG 123 RR	47,0 CD	46,8 CD	50,3 BC	46,2 CD	16,5 A
TMG 1176 RR	61,0 BC	61,5 BC	60,0 B	51,5 BC	22,0 A
M 7908 RR	69,0 B	70,5 AB	64,8 B	65,7 AB	12,9 A
TMG 127 RR	36,3 D	35,6 D	35,0 C	34,5 D	17,5 A
TMG 7188 RR	109,1 A	85,5 A	86,8 A	71,7 A	20,8 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A massa de 100 grãos, assim como no experimento de verão, teve diferença significativa apenas com 66 e 100% de desfolhamento (Tabela 17), com médias menores no estágio reprodutivo. A desfolha ocasionou também decréscimo linear para esse componente em ambos os estádios (Figura 4 C), o que acarretou em elevada perda de produtividade. Nesse sentido que deve-se sempre levar em consideração todos os componentes na produtividade de soja, pois se a desfolha ocorre mais tardiamente, como no estágio reprodutivo, esse componente é seriamente afetado. Resultado semelhante foi encontrado por Ribeiro e Costa (2000), no qual o peso de grão foi reduzido mais drasticamente por desfolhas iguais ou superiores a 67% nos estádios R3 e R6.

Tabela 17. Massa de 100 grãos de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	16,5 A	15,3 A	15,8 A	14,0 A	12,6 A
Reprodutivo	16,5 A	14,7 A	14,9 A	12,7 B	7,1 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A massa de 100 grãos, como já foi comentado, é dentre os componentes de produção da soja, o menos afetado por estresses ambientais. No entanto, quando as cultivares são semeadas fora da sua época indicada de plantio, devido algumas condições desfavoráveis, o efeito de estresse por desfolhamento pode ser intensificado. Dessa forma, observa-se que algumas cultivares diminuíram drasticamente a massa de grãos (Tabela 18). Apenas a cultivar M 7908 RR teve média significativamente maior que as demais em todos os níveis de desfolha, já cultivares com a TMG 127 RR, que tem como média normal de massa de grãos em torno de 20g, ficou com as médias significativamente menores, juntamente com a TMG 123 RR.

Ao observarmos esses valores de cada cultivar na análise de regressão conjunta (Figura 5 C), houve a formação de 3 classes, assim como no experimento de verão, no entanto, as cultivares ocuparam posições diferentes, entre aquelas que tiveram menor massa de grãos.

Tabela 18. Massa de 100 grãos de soja em função do nível de desfolha e cultivar¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	17,4 B	16,3 B	16,2 BC	15,2 AB	9,9 AB
TMG 123 RR	12,5 C	11,1 C	12,3 DE	11,6 CD	7,9 B
TMG 1176 RR	16,4 B	15,3 B	14,7 CD	12,9 BC	10,4 AB
M 7908 RR	22,1 A	20,9 A	20,6 A	16,8 A	11,9 A
TMG 127 RR	11,9 C	10,9 C	10,4 E	9,0 D	8,8 B
TMG 7188 RR	18,7 B	15,3 B	18,1 AB	14,0 BC	10,0 AB

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

A produtividade/planta na comparação entre a desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo (Tabela 19), também só começou a ter diferença significativa a partir de 66%. Se observarmos na Figura 4 D, verifica-se que o decréscimo na produtividade em ambos os estádios, foi quase idêntico ao número de vagens e grãos/planta. Reichert e Costa (2003) observaram que o desfolhamento de 33% na fase vegetativa (V4-V9) e 17% na reprodutiva (R1-R4) não afetou o rendimento de grãos de soja. Li et al. (2005) constatou que quatro dias após a desfolha, a taxa de fotossíntese das folhas remanescentes de duas cultivares foram maiores em plantas com 67% de desfolha do que as plantas não desfolhadas, pressupondo a capacidade da planta em tentar recompensar a área foliar perdida.

Tabela 19. Produtividade de plantas de soja submetidas a níveis de desfolha no estágio vegetativo e reprodutivo¹.

Estádio	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
Vegetativo	10,3 A	8,7 A	9,7 A	7,8 A	3,5 A
Reprodutivo	10,3 A	8,9 A	8,5 A	6,3 B	0,3 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação entre as cultivares, dentro de todos os níveis (Tabela 20), as cultivares M 7908 RR e TMG 7188 RR apresentaram as maiores médias significativas para a produtividade de grãos/planta. Assim como para os componentes de rendimento, com 100% de desfolha não houve mais diferença entre as cultivares estudadas. Ao contrário do experimento de verão, nesse caso, essa interação demonstra que houve resposta diferente das cultivares em relação a desfolha. Todas apresentaram

decréscimo linear na produtividade, algumas tiveram comportamento semelhante pelo teste de identidade de modelos (Figura 5 D). As cultivares M 7211 RR, TMG 123 RR e TMG 127 RR agruparam-se na mesma classe com produtividade mais baixa e decréscimo menos acentuado com o aumento do desfolhamento. A cultivar TMG 11766 RR teve produtividade intermediária, enquanto que a M 7908 RR e TMG 7188 RR, apesar de um decréscimo linear mais acentuado, mantiveram a maior produtividade.

Navarro Júnior e Costa (2002), estudaram a contribuição relativa dos componentes de produção da soja e observaram que a contribuição relativa variou conforme a cultivar e que as diferenças observadas quanto a produção por planta sugerem que determinados componentes tenham maior importância para elevada produção de grãos que outros.

Segundo Souza et al. (2014) o desfolhamento nos estádios vegetativos reduz o número de flores, porém tais reduções são compensadas pela menor abscisão de flores remanescentes e maior fixação de vagens. Haile et al. (1998), em estudo com uma cultivar de soja com tipo de crescimento indeterminado, em níveis de desfolha no florescimento pleno, relatam que as plantas em ano com precipitação dentro da normalidade compensam a perda da área foliar pela retomada do crescimento, atrasando a senescência das folhas e elevando a capacidade de interceptação de luz do dossel com desfolha, onde os níveis de desfolhamento não resultaram em efeitos negativos sobre a produtividade. No presente estudo, as duas cultivares com tipo de crescimento indeterminado (M 7211 RR e TMG 127 RR) não tiveram essa vantagem, por serem justamente as de menor grupo de maturidade, ou seja, há um florescimento mais precoce e apesar de seu crescimento pós florescimento, o tamanho final da planta (principalmente o número de nós) pode não ser suficiente para recompensar determinada perda foliar.

Tabela 20. Produtividade de grãos (g/pl) de soja em função do nível de desfolha e cultivar¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)				
	0	16,7	33,3	66,7	100
M 7211 RR	6,9 C	6,3 C	6,5 BC	5,4 BC	1,2 A
TMG 123 RR	7,4 BC	5,1 C	6,1 BC	5,3 BC	1,5 A
TMG 1176 RR	10,0 B	9,2 B	8,8 B	7,1 B	2,5 A
M 7908 RR	15,3 A	14,6 A	12,9 A	11,0 A	2,1 A
TMG 127 RR	4,7 C	4,0 C	3,8 C	3,1 C	2,0 A
TMG 7188 RR	17,2 A	13,6 A	15,8 A	10,5 A	2,3 A

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A desfolha contínua tem efeito negativo em todos os componentes de rendimento das cultivares, com maior decréscimo quando ocorre no estágio reprodutivo.

Desfolha contínua, a partir de 16,7%, tanto no estágio vegetativo como no reprodutivo diminuiu a produtividade da soja.

Independentemente das características agronômicas, como tipo de crescimento, grupo de maturidade e forma do folíolo, o efeito do estresse por desfolhamento em cultivares de soja é semelhante no verão, porém no inverno, as cultivares com maior grupo de maturidade têm melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.H; CALVIÑO, P.; CIRILO, A.; BARBIERI, P. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. **Agronomy Journal**, v.94, n.5, p.975-980, 2002.

BAHRY, C. A.; NARDINO, VENSKE, E.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q. S.; CARON, B. O. Desempenho agronômico da soja em função da desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.4, p.19-24, 2013.

BARROS, H. B.; SANTOS, M. M.; PELÚZIO, J. M.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, R. R.; VENDRUSCO, J. B. Desfolha na produção de soja (*Glycine max* 'M-SOY 109'), cultivada no cerrado, Gurupi-TO, Brasil. **Bioscience Journal**. v. 18, n. 2. p.5-10, 2002.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade.** Circular técnica 79. Embrapa soja, 2010, 11p.

CAMPELO, J. G.E.; SEDIYAMA, T. Efeitos de desfolhas sobre o início do florescimento da soja cultivada no inverno. **Revista Ceres**, V. 46, p.652-666, 1999.

COSTA, M.A.G.; BALARDIN, R.S.; COSTA, E.C.; GRÜTZMACHER, A.D.; SILVA, M.T.B. da. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.813-819, 2003.

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

DIOGO, A. M. **Influência da remoção de folhas, em vários estádios de desenvolvimento, na produção de grãos e outras características agronomicas da soja.** Viçosa, MG, UFV, 1997. (Dissertação de mestrado).

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2010. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011.** Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. 255p.

FONTOURA, T. B.; COSTA, J. A.; DAROS, E. Efeito de níveis e épocas e desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agrária**, v.7, n.1-2, p.49-54, 2006.

HAILE, F. J.; HIGLEY, L. G.; SPECHT, J. E. Soybean cultivars and insect defoliation: Yield loss and economic injury levels. **Agronomy Journal**, v.90, n.3, p.344-352, 1998.

LI, X.; AN, P.; INANAGA, S.; ENEJI, E.; ALI, A. M. Mechanisms promoting recovery from defoliation in determinate and indeterminate soybean cultivars. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.3 p.178-183, 2005

NAVARRO JÚNIOR, H. M., COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 269-274, 2002.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.357-364, 2004.

PELÚZIO, J. M.; BARROS, H. B.; BRITO, E. L.; SANTOS, M. M. dos; SILVA, R. R. da. Efeitos sobre a soja do desfolhamento em diferentes estádios fenológicos. **Revista Ceres**, v.51, n.297, p.575-585, 2004.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G.; HAILE, L. G.; BARRIGOSI, A. F. Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) injury affects photosynthesis of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris*. **Environmental Entomology**, v.27, n.2, p.373-381, 1998.

PICKLE, C. S.; CAVINESS, C. E. Yield reduction from defoliation and planta cutoff of determinate and semi-determinate soybean. **Agronomy Journal**, v.76, n.3, p.474-476, 1984.

PISSAIA, A.; COLASANTE, L.O.; COSTA, J.A. Efeitos de desfolhamentos artificiais sobre a produção e o acúmulo de matéria seca em duas cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.873-881, 1982.

REICHERT, J. L.; COSTA, E. C. Desfolhamentos contínuos e sequenciais simulando danos de pragas sobre a cultivar de soja BRS 137. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, 2003.

RIBEIRO, A. L. P.; COSTA, E. V. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR 16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.30, n.5, p.767-771, 2000.

RITTER, R.; NARDINO, M.; VENSKE, E.; BAHRY, C. A.; ZIMMER, P. D. Resposta da cultivar de soja BMX ATIVA RR à desfolha em diferentes estádios vegetativos. 21º Congresso de Iniciação científica, 4ª Mostra científica, **Anais...**, Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SALVADORI, J.R.; CORSEUIL, E. Efeito de quatro níveis de desfolha aplicadas em quatro estádios de desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), na produção de grãos. **Agronomia Sulriograndense**, v.15, n.1, p.91-101, 1979.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L.; **Cultura da soja**, Parte 1. Viçosa, MG, UFV, 1985, 96p. (Boletim 211).

SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T. **Crop physiology: some case histories**. London: Cambridge University, 1975. p.151-189.

SILVA, A. F.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SILVA, F. C. S.; BEZERRA, A. R. G.; FERREIRA, L. V. Correlação e análise de trilha dos componentes de produção de genótipos de soja. 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, Uberlândia, MG, **Anais...** p. 2054-2057. 2013.

SOUZA, V. C.; NARDINO, M.; FOLLMANN, D. N.; BAHRY, C. A.; CARON, B. O.; ZIMMER, P. D. Caracteres morfofisiológicos e produtividade da soja em razão da desfolha no estágio vegetativo. **Científica**, v.42, n.3, p.216-223, 2014.

CAPÍTULO 2

SIMULAÇÃO DO PROGRESSO DA FERRUGEM ASIÁTICA (*Phakopsora pachyrhizi*) PELA DESFOLHA ARTIFICIAL EM CULTIVARES DE SOJA

RESUMO

Dentre os fatores que podem causar decréscimos de produtividade da soja, destaca-se as doenças foliares, que apesar das medidas de controle, podem limitar a produtividade. A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é considerada a mais importante doença da soja no Brasil. Ela inicia-se nas folhas baixas, onde há maior umidade após a cobertura da área pelas plantas, proporcionando condições favoráveis para o fungo progredir para as folhas do terço médio e superior. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho simular o progresso da ferrugem asiática em cultivares de soja por meio da desfolha no sentido da base para o ápice da planta. Dois experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. Os fatores consistiram de estágio de desfolha (R3; R5; R6), cultivares (TMG 1176 RR, M 7211 RR e TMG 7188 RR) e níveis de desfolha, sendo esse o fator que variou entre os experimentos, sendo o primeiro: sem desfolha e retirada de 2, 4, 6 e 8 trifólios no sentido da base para o ápice; e o segundo: 0, 33%, 66% e 100% de desfolha no sentido da base para o ápice, resultando em um fatorial 3x3x5 e 3x3x4, respectivamente. Foram avaliadas as seguintes variáveis: Número de vagens/planta, número de grãos/planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta. Observou-se que conforme eleva-se a intensidade de desfolha no sentido da base para o ápice nos estádios reprodutivos estudados (R3, R5, R6) houve decréscimo linear na produtividade da planta. A simulação de danos por ferrugem asiática por meio dos níveis desfolha nas cultivares, independente da metodologia estudada, evidenciou a severidade na redução da área foliar e seu consequente reflexo negativo na produtividade.

Palavras Chave: Componentes de rendimento; área foliar; estágio reprodutivo; estresse biótico.

ABSTRACT

Among the factors that can cause decreases in yield, there are the foliar diseases that despite of control measures, it can limit yield. The Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is considered the most important disease of soybean in Brazil. It starts on bottom leaves where there is more moisture after are become coverage by plants, providing favorable conditions for the fungus to progress to the leaves of the middle and upper third. Thus, the aim of this work was to simulate the progress of Asian soybean rust in soybean cultivars by removal of trifoliolate leaves from bottom to the top of the plants. Two experiments was conducted in completely randomized block design, with four replications. The factors consisted of defoliation stage (R3, R5 and R6), cultivars (TMG 1176 RR, 7211 RR and TMG 7188 RR) and defoliation levels. Only this factor varied between the experiments, the first being: no remove and removal of 2, 4, 6 and 8 trifoliolate leaves from bottom to top of the plant, and the second: 0, 33%, 66% e 100% of defoliation from the bottom to top of the plant as well, resulting in a factorial scheme of 3x3x5 e 3x3x4, respectively. The following variables were evaluated: number of pods/plant, number of grains/plant, 100-seeds weight and seed yield/plant. It was observed that according to intensity the defoliation towards the bottom to the top during the reproductive stages studied (R3, R5 and R6) there was a linear decrease in plant yield. The simulation of soybean rust damage through defoliation levels in cultivars, independent of the studied methodology, showed the severity in reducing of leaf area and its consequent negative impact on seed yield.

Key-words: Yield components; leaf area; reproductive stage; biotic stress, Asian rust.

INTRODUÇÃO

A soja é a cultura com maior produção de grãos do Brasil e na safra 2013/2014 a produtividade média foi de 2.854 kg ha⁻¹ e produção de 86,1 milhões de toneladas. Dentre os fatores que podem causar perdas de produtividade na cultura, destacam-se as doenças foliares, que apesar das medidas de controle, podem limitar a produtividade. Dentre as várias doenças que afetam a cultura da soja, destaca-se a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) considerada a mais importante da soja no Brasil. O seu maior prejuízo é causado pela abscisão prematura das folhas das plantas

e sua maior incidência e severidade é principalmente nos estádios reprodutivos da cultura.

Compreender a fisiologia de produção da soja é importante para entender o efeito da doença sobre o rendimento. O rendimento é definido como uma função da radiação absorvida pela cobertura da cultura (folhas), a conversão da radiação solar absorvida pela planta em matéria seca (ou seja, a eficiência do uso da radiação) e a proporção de matéria seca total da planta acumulada durante o período de crescimento que é alocada para a semente (índice de colheita) (HAY e PORTER, 2006). Os principais componentes de rendimento da soja são: número de vagens/planta, o número de grãos/planta (resultado do número de vagens x número de grãos/vagem) e o peso dos grãos. Compreender o papel desses componentes na determinação do rendimento pode revelar respostas sobre como melhorar a produtividade desta leguminosa.

A desfolha antecipada na cultura da soja causa redução na produtividade, por interferir em processos fisiológicos, como a fotossíntese, resultando em menor número de vagens, menor número de grãos por planta, sementes viáveis por vagem e menor peso do grão de soja (RIBEIRO e COSTA, 2000). Em desfolhas artificiais efetuadas entre os estádios R5 e R6 observou-se menor enchimento de grãos (PELUZÍO et al., 2002). Desfolha realizada no estádio R4 provocou reduções na produtividade de até 93,4% (BARROS et al., 2002; PELUZÍO et al., 2002). No estádio R3 e R4, a desfolha ocasiona abortamento de vagens em um momento em que a planta apresenta picos de atividade fotossintética para formação e enchimento das mesmas.

A ferrugem asiática foi registrada pela primeira vez no Brasil na safra 2000/2001 e a partir daí se disseminou por todo o território brasileiro. Em 2004, os prejuízos causados pela doença (somatório de perdas de grãos, gastos com controle e da queda de arrecadação) foi de US\$ 2,28 bilhões (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004). Em casos mais severos, sem o controle adequado, a ferrugem pode causar perdas próximas a 100% (NAVARINI et al., 2006; OLIVEIRA, 2004; BARROS et al., 2008, YORINORI, 2002). A temperatura ideal para o desenvolvimento da doença é de 15 a 28° C com 6 a 12 horas de umidade na folha necessária para germinação dos esporos (DORRANCE et al., 2007). A doença inicia-se nas folhas baixas, onde há maior umidade após o fechamento das plantas na área, proporcionando condições favoráveis. Sem o devido controle, a doença progride para as folhas superiores e conseqüentemente acelera a abscisão das folhas e reduz a área foliar efetiva da planta.

A quantificação da desfolha pode ser utilizada como parâmetro para estimar danos, para avaliar tratamentos em ensaios de controle de doenças em soja e também para teste de materiais genéticos resistentes à ferrugem asiática (HIRANO et al., 2010). Trabalhos que visem a quantificação e o progresso da ferrugem asiática na cultura da soja são importantes para estabelecer melhor as estratégias de controle. O estudo de níveis de danos da ferrugem podem ser simulados através do desfolhamento artificial das plantas no sentido da base para o ápice.

A maioria dos trabalhos de simulação de desfolha na soja realizados foram para simular do ataque por insetos (BAHRY et al., 2013; BUENO et al., 2010; GREGORUTTI et al., 2012; TIMISINA et al., 2007; FONTOURA et al., 2006) sendo escassos trabalhos que realizaram desfolha para simular doenças (AQEEL, 2011).

Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho simular o progresso da ferrugem asiática em cultivares de soja por meio da desfolha no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimentos foram realizados em 2013 em casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O solo utilizado apresentava as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,06; P (Mehlich 1) = 2,2 mg dm⁻³; K = 32 mg dm⁻³; Ca = 1,28 cmol_c dm⁻³; Mg = 0,38 cmol_c dm⁻³; Al = 0,49 cmol_c dm⁻³; H+Al = 5,80 cmol_c dm⁻³; Matéria Orgânica = 2,94 g dm⁻³; CTC_(pH7,0) = 7,54 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V%) = 23,1. O solo apresentava textura argilosa. De acordo com esses resultados foram aplicados 1 g de calcário calcítico kg⁻¹ de solo e na adubação utilizou-se 300 e 150 mg de P e K kg⁻¹ de solo, respectivamente.

Os estádios para realização da desfolha foram considerados conforme a classificação de Fehr e Caviness (1977), sendo:

R3: Vagem com 5mm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.

R5: Semente com 3mm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.

R6: Vagem contendo semente verde que preencha a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.

As cultivares utilizadas possuem características distintas em relação a grupo de maturidade, tipo de crescimento e tipo de folha (Tabela 1). Esse contraste de características permite ter resultados mais confiáveis ao considerar a variabilidade genética dentro das cultivares de soja brasileiras.

Tabela 1. Características agronômicas das cultivares estudadas.

Cultivar	Tipo de crescimento	Grupo de maturidade	Forma do folíolo
M 7211 RR	Indeterminado	7.2	Oval pontiaguda
TMG 1176 RR	Determinado	7.6	Lanceolada
TMG 7188 RR	Determinado	8.8	Ovalada

Os níveis de desfolha estudados foram considerados de acordo com a doença no campo, pois sem o devido controle a mesma progride rapidamente para as folhas superiores. O objetivo de cada nível foi simular que a doença seria controlada naquele determinado ponto sem progredir para as folhas superiores. Nesse sentido, foram realizados dois experimentos utilizando metodologias diferentes para realização da desfolha com o intuito de obter resultados mais precisos em relação a resposta da planta ao desfolhamento.

A desfolha foi realizada artificialmente com tesoura, nos respectivos estádios, retirando os folíolos e mantendo o pecíolo, assim como acontece na ocorrência da doença no campo, onde primeiramente os folíolos se desprendem do pecíolo.

A semeadura foi realizada com 5 sementes/vaso e no estágio V1 foi realizado o desbaste, mantendo as duas plantas mais vigorosas. Foram avaliadas as seguintes variáveis: Número de vagens/planta, número de grãos/planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo realizada comparação de médias e análise de regressão pelo programa Genes (CRUZ, 2013). Cada parcela foi constituída por um vaso de 2,5L de solo com duas plantas.

Delineamento experimental e tratamentos

Experimento 1

O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 3x3x5, com quatro repetições. Os fatores consistiram de estágio de desfolha (R3; R5; R6), níveis de desfolha (sem desfolha e retirada de 2, 4, 6 e 8 trifólios no sentido da base para o ápice) e cultivares (TMG 1176 RR, M 7211 RR e TMG 7188 RR). No caso da cultivar M 7211 que é de tipo de crescimento indeterminado, quando na retirada dos trifólios em R3, as plantas não possuíam o número de trifólios do maior nível (8 trifólios), retirava-se assim que os próximos se desenvolviam.

Experimento 2

O experimento foi instalado em delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 3x3x4, com quatro repetições. Os fatores consistiram de estágio de desfolha (R3; R5; R6), níveis de desfolha (0, 33%, 66% e 100%) realizados no sentido da base para o ápice) e cultivares (M 7211 RR, TMG 1176 RR e TMG 7188 RR). Para calcular a respectiva porcentagem, contavam-se as folhas totais da planta no estágio determinado e retirava-se uma quantidade de folhas referente a porcentagem de desfolha de cada tratamento, seguindo o sentido da base para o ápice.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Na análise de variância (Tabela 2) observa-se que houve interação significativa entre as cultivares e a desfolha para todos os componentes de produção e conseqüentemente na produtividade. A interação entre época de desfolha x níveis de desfolha somente não foi significativa para massa de 100 grãos, componente esse que teve influência isolada da época de desfolha.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para os componentes de produção: número de vagens/planta (VG/PL), número de grãos/planta (GRA/PL), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos/planta (PROD).

FV	GL	VAG/PL	GRA/PL	M100	PROD
	Quadrados Médios				
Bloco	3	5,078	34,8051	10,8745	0,5316
Cultivar(CULT)	2	1226,2764**	6945,6681**	505,9898**	321,7979**
Estádio (EST)	2	675,1847**	3357,3347**	26,9012**	35,5611**
Nível de desf (DESF)	4	632,7861**	2929,0681**	185,6922**	163,825**
CULT X EST	4	11,416 ns	25,416 ns	5,3386 ns	0,6902 ns
CULT X DESF	8	21,0819*	87,8191**	8,0205*	8,1668**
EST X DESF.	8	108,9174**	648,2378**	2,6732 ns	8,912**
CULT X EST X DESF	16	10,7944 ns	48,1295 ns	1,9961 ns	1,6597 ns
Resíduo	132	8,5121	32,4689	2,4918	0,9901
MÉDIA GERAL		15,75	34,13	15,46	15,51
CV (%)		18,52	16,69	10,20	18,04

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo

Em relação ao número de vagens/planta (Tabela 3), observou-se que dentro de todos os níveis de retirada de trifólios a cultivar TMG 7188 RR manteve a quantidade de vagens significativamente maior. Já a cultivar M 7211 RR produziu número de vagens significante menor, independentemente da quantidade de trifólios retirados. Pela análise de regressão, observou que todas as cultivares tiveram decréscimo linear no número de vagens conforme elevou-se o número de trifólios retirados (Figura 1 A). Em casos severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou no início da granação, pode causar o aborto e a queda das mesmas, resultando em até perda total de rendimento (EMBRAPA, 2010)

Tabela 3. Número de vagens/planta em cultivares de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
TMG 1176 RR	20,45 B	18,70 B	15,62 B	13,66 B	10,29 B
M 7211 RR	15,08 C	13,83 C	11,20 C	8,62 C	7,41 C
TMG 7188 RR	24,50 A	25,95 A	21,33 A	16,45 A	13,12 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para o número de vagens em cada nível de desfolha nos diferentes estádios (Tabela 4), observou-se que a partir da retirada dos dois primeiros trifólios da planta, esse componente começou a ser afetado no estádio R3 e R5, quando comparado ao estádio R6, no qual a desfolha não afetou mais esse componente. Esse resultado pode ser melhor observado na Figura 2 A, na qual constatou-se decréscimo linear para a desfolha no estádio R3 e R5, chegando a diminuir mais que 50% no número de vagens com a retirada de 8 trifólios.

Tabela 4. Número de vagens/planta de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice em três estádios reprodutivos¹.

Estádios	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
R3	20,08 A	17,91 B	13,62 B	8,75 B	5,58 B
R5	20,29 A	19,41 AB	15,33 B	10,75 B	6,79 B
R6	19,66 A	21,16 A	19,20 A	19,25 A	18,45 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Segundo Egli (2010), a planta de soja possui dois mecanismos para ajustar o número de vagens e sementes com a mesma disponibilidade de assimilados: (1) a produção de flores varia com as mudanças nas condições ambientais e entre as cultivares; e (2) nem todas as flores produzem vagens e nem todas as vagens chegam até a maturação. No entanto, abortamento de vagens é intensificado quando as plantas passam por grandes mudanças ambientais (com um período de estresse causado pelo desfolhamento) na fase de florescimento e enchimento de grãos.

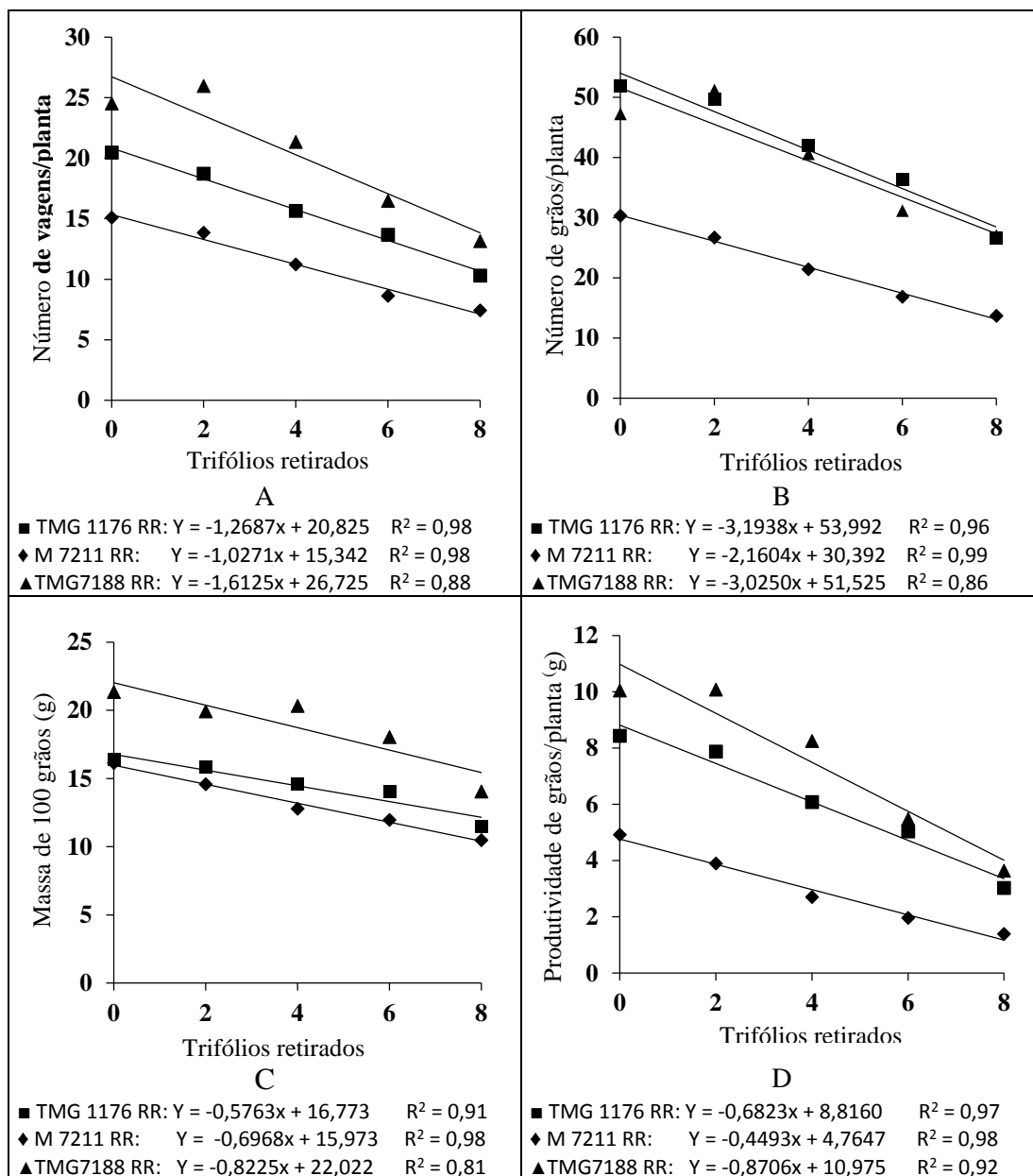


Figura 1. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B), massa de 100 grãos (C) e produtividade de grãos/planta (D) em três cultivares de soja em função da retirada de trifólios no sentido da base para o ápice.

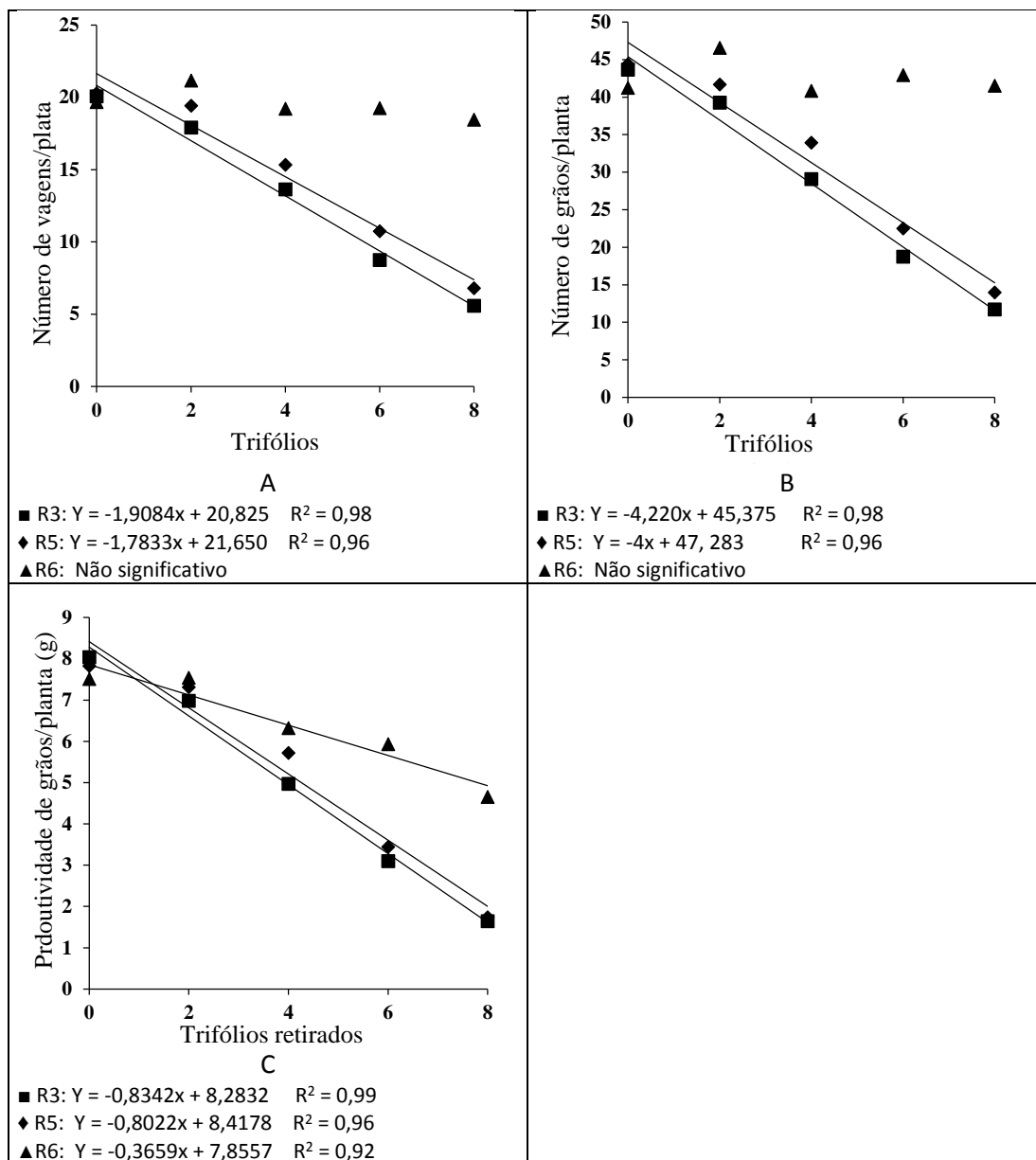


Figura 2. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B) e produtividade de grãos/planta (C) em função da retirada de trifólios no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos.

Em relação ao número de grãos/planta (Tabela 5), a cultivar M 7211 RR produziu quantidade significativamente menor que as demais. Esse baixo número, deve se ao fato da cultivar ter produzido poucas vagens, além da mesma apresentar baixo número de grãos/vagem (aproximadamente 1,80). Em todos os estádios de desfolha houve decréscimo linear no número de grãos/planta (Figura 1 B). Diferentemente do número de vagens/planta, onde a quantidade produzida pela cultivar TMG 7188 RR foi significativamente maior, o número de grãos dessa, foi muito próximo da TMG 1176 RR, devido a mesma ter como característica um maior

número de grãos/vagem, fator que está ligado geneticamente ao caráter folha lanceolada (JOHNSON & BERNARD, 1962; WEISS, 1970).

Tabela 5. Número de grãos/planta em cultivares de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
TMG 1176 RR	51,79 A	49,62 A	41,87 A	36,25 A	23,54 A
M 7211 RR	30,29 B	26,66 B	21,37 B	16,79 B	13,62 B
TMG 7188 RR	47,20 A	51,20 A	40,58 A	31,12 A	27,00 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A influência da retirada dos trifólios em diferentes estádios no número de grãos/planta pode ser observado na Tabela 6, onde constatou-se o mesmo comportamento do número de vagens/planta. A partir da retirada de dois trifólios em R3 e R5 começa haver decréscimo significativo no número de grãos/planta, comparando-se com o desfolhamento no estádio R6, onde não houve mais alteração para esta variável. Isso deve-se ao abortamento de vagens que resulta em menor número total de grãos/planta. Na figura 2 B pode-se observar o decréscimo linear no número de grãos/planta nos estádios R3 e R5. A semelhança entre a desfolha em dois estádios diferentes é o fato de no estádio R3 estar iniciando a formação das vagens, e com o aumento do estresse pelo desfolhamento há o abortamento das mesmas, no entanto a planta ainda possui um determinado período para formação e enchimento de algumas vagens. No estádio R5 as vagens estão todas formadas, no entanto, devido ainda estarem no início da translocação de fotoassimilados para o enchimento de grãos, o aumento do desfolhamento também causa abortamento, pois as fontes são retiradas. Dessa forma, a planta apenas mantém a quantidade de vagens que a mesma conseguirá encher os grãos com os assimilados provenientes das folhas (fontes) que restaram, diferentemente se o desfolhamento fosse causado em estádio mais avançado, onde os grãos já estariam em fase de enchimento e esse efeito negativo seria na massa desses grãos.

Tabela 6. Número de grãos/planta de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice em três estádios reprodutivos¹.

Estádios	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
R3	43,66 A	39,25 B	29,08 B	18,75 B	11,70 B
R5	44,37 A	41,66 AB	33,91 B	22,50 B	13,95 B
R6	41,25 A	46,58 A	40,83 A	42,91 A	41,50 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para a massa de 100 grãos, houve efeito do estágio de desfolha (Tabela 7), sendo que no estágio R3 a massa de 100 grãos foi significativamente maior que no estágio R6. A soja, assim como outras espécies, possui sua estratégia para deixar descendentes, nesse caso o estresse causado pelo desfolhamento em R3, faz com que a planta promova um rearranjo nos seus componentes, a fim de manter sementes de qualidade, ou seja, a planta aborta a maioria das suas vagens e mantém somente aquelas que terá capacidade de transcolar os fotoassimilados das folhas restantes, o que resulta na manutenção do tamanho de grãos da cultivar, principalmente nesse caso em que duas das três cultivares são de tipo de crescimento determinado, em que no estágio R3 a quantidade de folhas totais já foram emitidas. No estágio R5 acontece praticamente o mesmo, no entanto como as vagens já estão em início de enchimento de grãos o abortamento de vagens pode ser menor. Já no estágio R6 os grãos estão todos formados, preenchendo toda a cavidade da vagem, no entanto ainda não foi finalizado totalmente o recebimento de fotoassimilados das folhas, o que resulta no decréscimo maior na massa de grãos. Isso comprova-se pela recomendação de dessecação na soja que é em R7 para não haver perda na massa de grãos e consequentemente na produtividade (EMBRAPA, 2010).

Sabe-se que as vagens que alcançam seu comprimento máximo e sementes que passaram da divisão celular raramente abortam. No entanto, mudanças ambientais após essa fase pode resultar em um incorreto enchimento da vagem, requerendo uma mudança no tamanho da semente para a correspondente disponibilidade de assimilados (Egli, 2010), ou seja, sementes não podem crescer sem disponibilidade de assimilados e o estresse causado pela perda das folhas em R5 e R6 interfere diretamente no enchimento de grãos.

Tabela 7. Massa de 100 grãos de soja em função do estágio de desfolhamento¹.

Estádio de desfolha	Massa de 100 grãos (g)
R3	16,12 A
R5	15,46 AB
R6	14,79 C

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação da massa de 100 grãos das cultivares dentro dos níveis de desfolha (Tabela 8), observa-se que a cultivar TMG 7188 RR, apresentou maior massa de grãos, em comparação com as demais, independentemente da quantidade de trifólios retirados. A cultivar M7211 RR, a partir da retirada de 4 trifólios foi que a teve maior decréscimo na massa dos grãos.

Tabela 8. Massa de 100 grãos em cultivares de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
TMG 1176 RR	16,36 B	15,84 B	14,58 B	14,06 B	11,48 B
M 7211 RR	16,13 B	14,57 B	12,77 C	11,06 C	10,47 B
TMG 7188 RR	21,34 A	19,91 A	20,31 A	18,04 A	18,04 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As três cultivares tiveram decréscimo linear significativo na massa de grãos com o aumento da desfolha (Figura 1 C), porém a diminuição nesse componente é menor que os demais, o decréscimo nesse caso é causado principalmente pela desfolha realizada em R5, momento crítico em que a planta não deve passar por estresse, pois o número de grãos já foi definido e está iniciando-se o enchimento.

Existem duas fontes de assimilados para o enchimento de grãos: a fotossíntese corrente e remobilização de carboidratos de reserva. A contribuição dos carboidratos de reserva é aparentemente muito baixa (< 15% da massa total das sementes) por isso a manutenção das folhas é fundamental para manter a taxa fotossintética (fotossíntese corrente) durante essa fase (EGLY, 2010).

A produtividade das cultivares foi diferente significativamente dentro de todos os níveis de desfolha realizados (Tabela 9). Até a retirada de 4 trifólios a produtividade

manteve a ordem de TMG 7188 RR > TMG 1176 RR > M 7211 RR. Com a retirada de 6 e 8 trifólios as cultivares TMG 7188 RR e TMG 1176 RR não diferiram estatisticamente, sugerindo que essa cultivar, mesmo sendo de um grupo de maturidade menor (7.6) consegue manter determinada produtividade em desfolhamento maior quando comparada a de grupo de maturidade 8.8. Para a produtividade em função dos trifólios retirados (Figura 1 D), assim como para todos os componentes de rendimento, observou-se decréscimo linear para todas as cultivares e apesar da diferença em produtividade a tendência foi semelhante para todas.

A retirada de folhas interfere diretamente no índice de área foliar (IAF) da planta. Devido ao fato que normalmente a soja chega a um valor de IAF superior ao crítico (95% de absorção de luz solar), a planta pode perder parte da folhagem sem que isso afete seriamente seu rendimento (WEBER E CADWELL, 1966), porém, deve ser considerado que uma perda substancial sempre surtirá um efeito negativo, especialmente se esta ocorrer num estágio de desenvolvimento avançado, ou seja, durante a fase reprodutiva, quando já não é mais possível substituir-se a área foliar perdida pelo novo crescimento vegetativo. Nesse caso, variedades com tendência a maior ramificação podem oferecer certa vantagem (MIYASAKA e MEDINA, 1981).

Segundo Carretero (2011) grande parte da variação do ciclo das cultivares está associado a diferenças na fase vegetativa, o que não está ligado diretamente a produtividade. Incrementos na área foliar não aumentam a fotossíntese do dossel ou a taxa de crescimento da cultura depois que a interceptação de radiação atinge um máximo, por isso não há benefícios na produção com maiores índices de área foliar.

Tabela 9. Produtividade de grãos/planta (g/planta) em cultivares de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
TMG 1176 RR	8,43 B	7,86 B	6,07 B	5,03 A	3,02 A
M 7211 RR	4,90 C	3,89 C	2,69 C	1,95 B	1,38 B
TMG 7188 RR	10,04 A	10,06 A	8,24 A	5,47 A	3,63 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na comparação dos estádios dentro de cada quantidade de trifólios retirados (Tabela 10), constatou-se que houve decréscimo a partir da perda de 4 trifólios, em que no estádio R3 a redução na produtividade foi significativamente maior que em R6, no entanto, com perda de 6 e 8 trifólios tanto em R3, como em R5 há decréscimo significativo na produtividade. Pela Figura 2 C, observa-se que para a desfolha no estádio R3 e R5 houve decréscimo linear acentuado na produtividade, chegando a cerca de 80% de redução com a retirada de 8 trifólios. Isso é resultante do decréscimo no número de vagens, grãos e massa de grãos. Já o decréscimo linear no estádio R6 é resultante apenas na diminuição da massa de grãos. Nesse sentido, deve-se buscar o controle da ferrugem asiática inclusive no estádio R6, pois para muitos produtores, nesse estádio a severidade de ferrugem já não acarretará mais em perda de produtividade, no entanto, dependendo da situação da lavoura, o controle deve ainda ser realizado. Gasparetto et al (2011) observaram que a aplicação de fungicidas promoveu ganhos em rendimento de grãos (kg ha^{-1}), os quais variaram de 30% a 59% em relação a testemunha, gerando receita superior de 77% a 210%.

Tabela 10. Produtividade de grãos/planta de soja submetidas a retirada de trifólios da base para o ápice em três estádios reprodutivos¹.

Estádios	Níveis de desfolha (trifólios retirados)				
	0	2	4	6	8
R3	8,04 A	6,98 A	4,97 B	3,09 B	1,64 B
R5	7,82 A	7,31 A	5,72 AB	3,44 B	1,74 B
R6	7,51 A	7,53 A	6,32 A	5,93 A	4,61 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Comparando a testemunha em relação a retirada de 8 trifólios em R6, o decréscimo foi de cerca de 38%, uma perda inadmissível para uma lavoura que já está finalizando o ciclo e recebeu todo o manejo necessário. Uma explicação para uma perda muito acentuada está ligada ao tipo de crescimento da cultivar. Sabe-se que o estádio R6 é definido quando pelo menos uma vagem nos últimos 4 nós está completamente cheia, porém ainda com coloração verde. No entanto, sabe-se também que as cultivares de tipo de crescimento determinado iniciam sua maturação de cima para baixo, ou seja, quando vagens dos últimos quatro nós já se encontram em R6, vagens da parte mais baixa da planta ainda encontram-se num estádio mais atrasado

de enchimento, o que causa maior perda. Diferentemente, nas cultivares de tipo de crescimento indeterminado, nas quais a maturação ocorre de baixo para cima, nesse caso, quando há vagens em estágio R6 nos últimos 4 nós, é certo que as vagens abaixo já estão em estágio mais avançado ainda, ou seja, não haverá perda na massa de grãos. No presente trabalho, duas das 3 cultivares são de crescimento determinado, o que pode ter influenciado mais esse decréscimo linear em R6. Na prática, em visitas as lavouras, geralmente técnicos e produtores costumam observar as vagens da parte superior da planta para tomada de decisão se compensará ou não determinado manejo, o que pode estar comprometendo o peso final dos grãos e consequentemente a produtividade.

Após o patógeno infectar as folhas baixas, há uma queda muito rápida das mesmas. Oliveira e Antuniassi (2011) em condições de controle curativo com avaliação um dia antes da aplicação observaram que a severidade média no terço inferior foi de 35,9% (entre 28,9 e 42,8%) enquanto que no terço superior foi de 4,57% (variando entre 2 e 7%), considerando IC de 90%. Andrade e Andrade (2002) obtiveram resultados que mostraram que no controle químico da ferrugem asiática um atraso de sete dias na aplicação do fungicida (após a detecção da doença), já foi suficiente para o aumento na desfolha em 82%, em relação às parcelas submetidas ao tratamento com fungicida efetuado após o aparecimento da doença. Com atraso de 14 dias, a desfolha aumentou em 155%.

Experimento 2

Na tabela 11, observa-se que para os componentes de produção vagens/planta e grãos/planta houve interação significativa entre cultivares x níveis de desfolha e também estádios de desfolha x níveis de desfolha. Em relação a massa de grãos todos os fatores influenciaram essa variável, resultando em interação tripla significativa. Por outro lado, a produtividade de sementes não resultou em interação entre os fatores estudados, tendo apenas influência isolada de cada fator estudado.

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis de Produção: número de vagens/planta, número de grãos/planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta.

	GL	VAG/PL	GRA/PL	M100	PROD
FV		Quadrados Médios			
Bloco	3	261,22	616,00	1,19	17,28
Cultivar(CULT)	2	1047,50**	6800,75**	32,23**	175,19**
Estádio (EST)	2	382,08**	2335,08**	41,83**	23,25**
Nível de desf.	3	973,30**	4220,03**	176,68**	227,67**
CULT X EST	4	16,98 ns	52,11 ns	2,44 ns	1,04 ns
CULT X DESF	6	70,37**	261,21*	8,36 ns	5,60 ns
EST X DESF.	6	93,36**	550,02**	18,66 ns	2,06 ns
CULT X EST X DESF	12	28,68 ns	135,0 ns	2,61**	1,35 ns
RESÍDUO	105	20,72	97,44	4,51	3,43
MÉDIA GERAL		21,61	45,79	16,10	7,47
CV (%)		21,06	21,56	13,20	24,80

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo

Dentre as cultivares (Tabela 12), a TMG 7188 RR produziu maior número e vagens em todos os níveis de desfolha, com exceção quando realizou-se desfolha de 100%, onde o número de vagens se igualou a TMG 1176 RR. Houve decréscimo linear na produtividade de vagens para todas as cultivares (Figura 3 A).

Tabela 12. Número de vagens/planta em cultivares de soja submetidas ao desfolhamento da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)			
	0	33	66	100
M 7211 RR	20,20 C	19,54 B	17,37 B	11,16 B
TMG 1176 RR	26,79 B	23,87 B	17,23 B	17,58 A
TMG 7188 RR	34,50 A	29,91 A	23,37 A	17,83 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

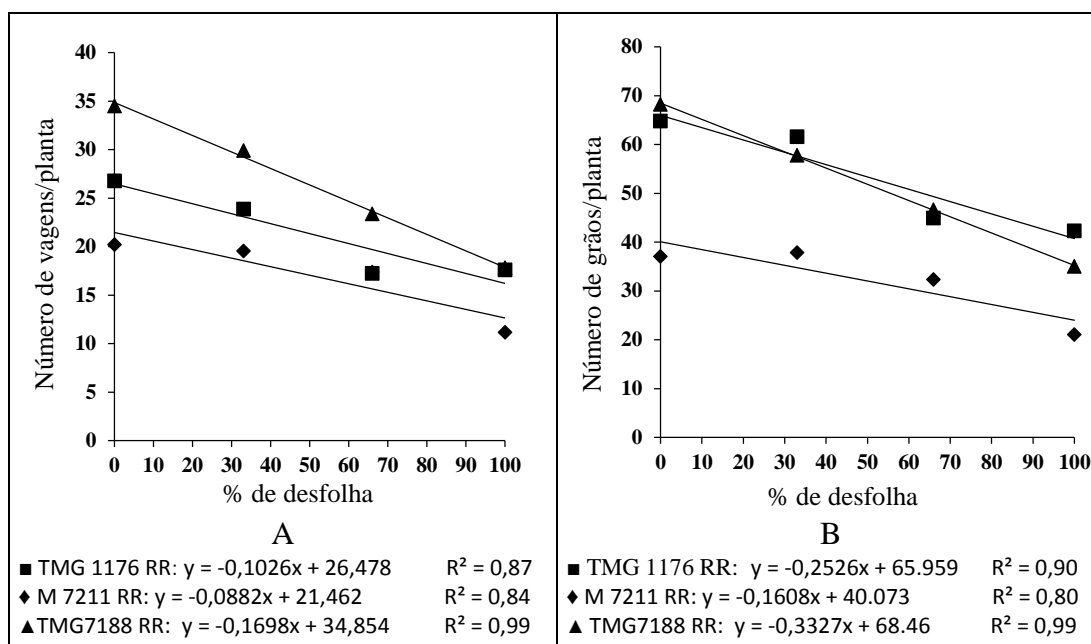


Figura 3. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B) em função da % de desfolha no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos.

Em relação aos estádios dentro de cada nível de desfolha (Tabela 13), até 33% não houve diferença significativa, já com 66 e 100% a produtividade manteve-se maior em R6, pelo fato da desfolha nesse estágio afetar muito pouco esse componente. No entanto, pela análise de regressão (Figura 4 A) observou-se um pequeno decréscimo no número de vagens conforme aumentou-se a desfolha. A explicação para diminuição de vagens mesmo nesse estágio pode ser devido a vagens de ramos laterais que se formam após aquelas da haste principal. Nos estádios R3 e R5 o decréscimo foi mais acentuado, pois são estádios mais sensíveis, e as cultivares não possuem mais tempo suficiente para se recuperar desse estresse.

Segundo Board e Tan (1995), a determinação final do número de vagens em uma planta de soja, ocorre de 10 a 12 dias após R5, e salienta que estresse que restrinja o fonte durante esse período deve ser evitado para otimizar o número de vagens/planta e conseqüentemente a produtividade.

Tabela 13. Número de vagens/planta de soja submetidas ao desfolhamento da base para o ápice em três estádios reprodutivos¹.

Estádios	Níveis de desfolha (%)			
	0	33	66	100
R3	26,12 A	24,16 A	17,40 B	13,16 B
R5	26,79 A	24,41 A	17,29 B	10,58 B
R6	28,58 A	24,75 A	23,29 A	22,83 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

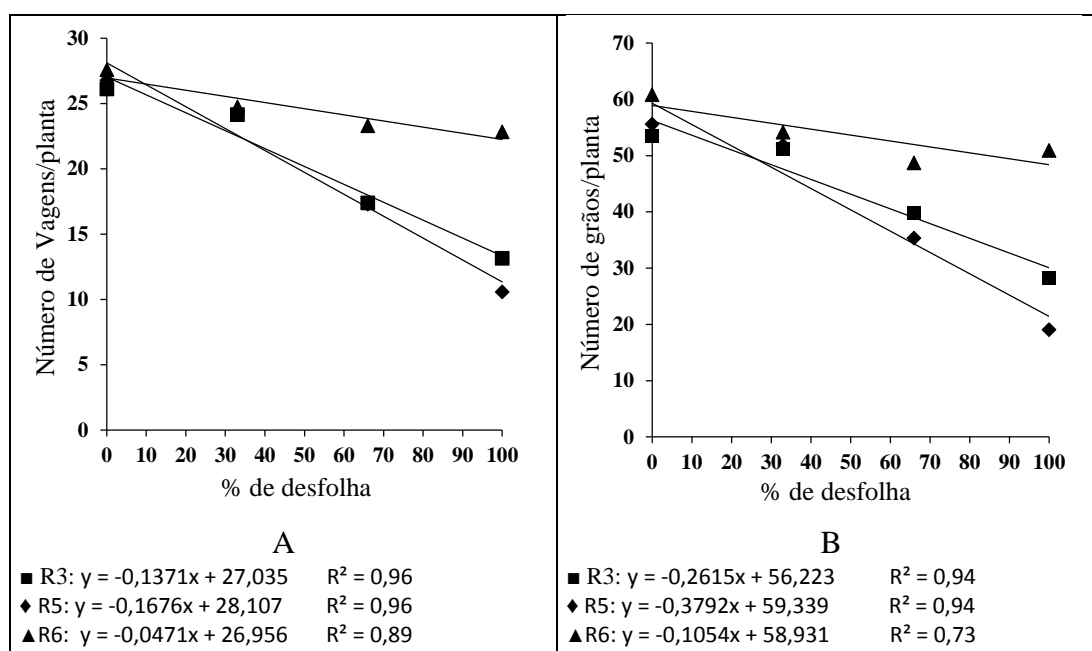


Figura 4. Número de vagens/planta (A), número de grãos/planta (B) e produtividade de grãos/planta (C) em função da % de desfolha no sentido da base para o ápice em três estádios reprodutivos.

Assim como no experimento 1, o número de grãos/planta tendeu a ter o mesmo decréscimo do número de vagens/planta (Tabela 14). A cultivar M 7211 RR apresentou menor número de grãos/planta em todos os níveis de desfolha, pois essa cultivar além do menor número de vagens produzido tem como característica a produção de uma considerável quantidade de vagens com 1 e 2 grãos. Dessa forma, na comparação pela análise de regressão (Figura 3 B) observa-se que o número de grãos ficou bem abaixo das demais cultivares.

Tabela 14. Número de grãos/planta em cultivares de soja submetidas ao desfolhamento da base para o ápice¹.

Cultivar	Níveis de desfolha (%)			
	0	33	66	100
M 7211 RR	37,04 B	37,83 B	32,33 B	21,08 B
TMG 1176 RR	64,79 A	61,59 A	44,88 A	42,29 A
TMG 7188 RR	68,20 A	57,79 A	46,62 A	35,00 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

O número de grãos/planta diminuiu significativamente nos estádios R3 e R5 a partir de 66% de desfolha (Tabela 15). Na análise de regressão (Figura 4 B) o comportamento foi muito semelhante ao número de vagens/planta, com pequeno decréscimo em R6 e acentuado em R3 e R5. Hartman et al. (1991) verificaram o aumento da severidade da ferrugem durante o estágio fenológico de enchimento das vagens (R5), o que torna ainda mais relevante o posicionamento antecipado de controle da ferrugem no início do período reprodutivo

Tabela 15. Número de grãos/planta de soja submetidas ao desfolhamento da base para o ápice em três estádios reprodutivos¹.

Estádios	Níveis de desfolha (%)			
	0	33	66	100
R3	53,54 A	51,16 A	39,80 AB	28,33 B
R5	55,62 A	51,84 A	35,33 B	19,08 B
R6	60,87 A	54,20 A	48,70 A	50,95 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A massa de 100 grãos, apresentou interação entre todos os fatores estudados. Na figura 5 estão apresentados as análises de regressão para os estádios de desfolha realizados em cada cultivar. Para a cultivar M7211 RR (Figura 5 A), houve decréscimo na massa de grãos em todos os estádios de desfolha, sendo que quanto mais avançado o estágio de desfolha maior a perda de massa. Na cultivar TMG 1176 RR (Figura 5 B), a desfolha no estágio R3 não influenciou a massa de grãos, já em R5, a massa de grãos manteve-se até o nível de 66% e em R6 ocorreu decréscimo linear. Em relação a TMG 7188 RR (Figura 5 C) houve comportamento diferente, a desfolha em R5 causou

decréscimo linear, enquanto que em R3 e R6, ajustou-se em equação polinomial, onde houve um pequeno acréscimo na massa, mantendo-se até o nível de 66% de desfolha. Apesar da M 7211 RR ser de crescimento indeterminado, o que poderia ser uma vantagem, por outro lado é a cultivar de menor grupo de maturidade, ou seja, possui um ciclo mais curto que as demais, dessa forma a cultivar TMG 7188 RR, é de crescimento determinado, porém tem um ciclo mais longo, o que favorece a recuperação e nesse caso, a manutenção da massa de grãos até níveis mais elevados de desfolhamento.

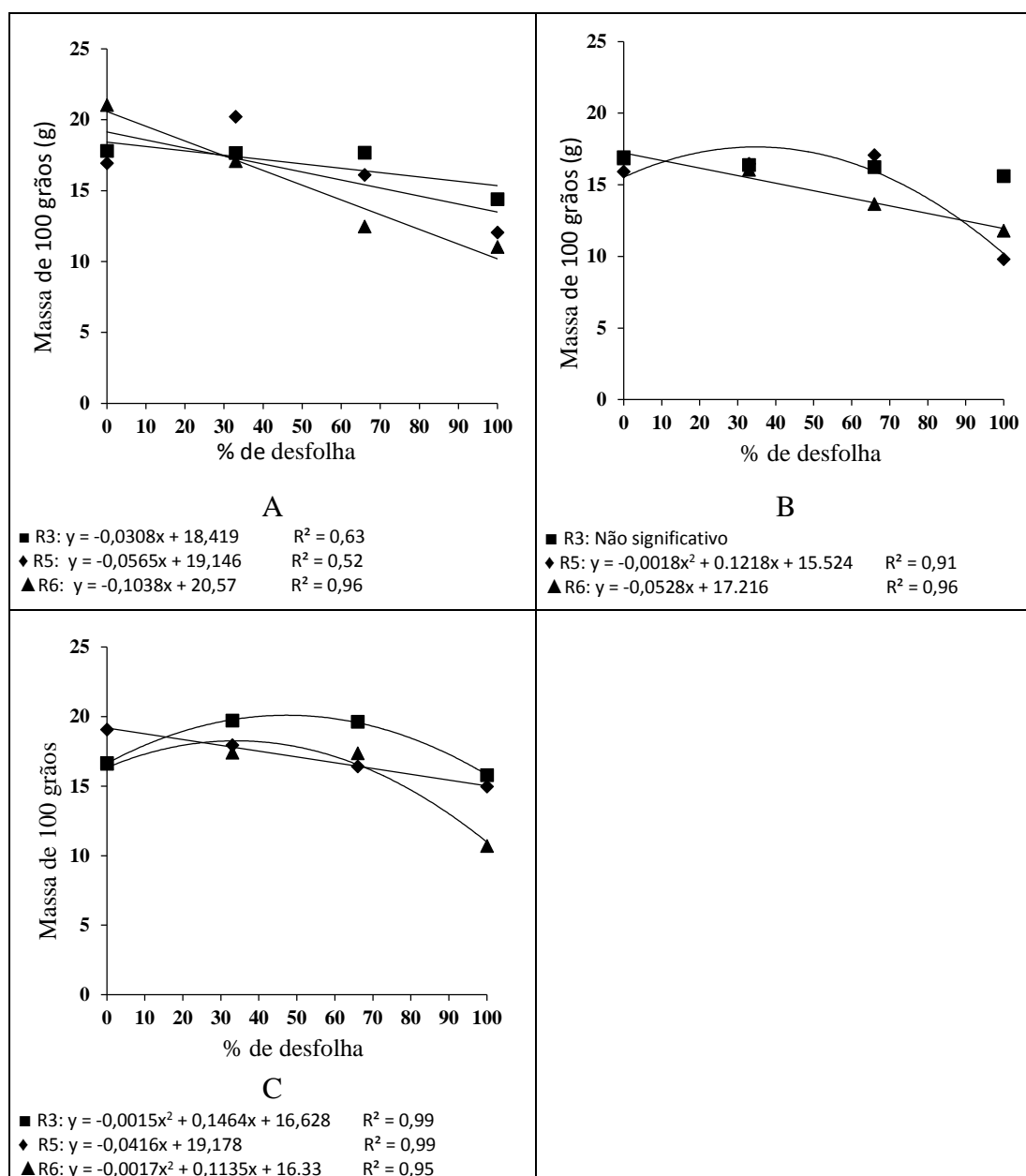


Figura 5. Massa de 100 grãos de cultivares de soja em função de estádios de desfolha realizados em três estádios fenológicos. A= M 7211 RR; B= TMG 1176 RR; C= TMG 7188 RR.

Em relação a produtividade (Tabela 16), as cultivares TMG 1176 RR e TMG 7188 RR tiveram maior produtividade em relação a M 7211 RR. Um dos fatores que influencia nesse caso é o grupo de maturidade, pois esta última é de grupo menor que as demais e quando cultivadas no mesmo local sob o mesmo manejo terá um ciclo menor o que influencia diretamente na produtividade. No entanto, não deve-se considerar que uma cultivar com ciclo mais curto e uma menor produtividade seja indesejável, essa é uma questão relativa, pois em áreas de safrinha por exemplo, as cultivares precoces são desejáveis para garantia de uma boa safra de milho na sequência, bem como escape do período de maior ocorrência da ferrugem asiática, o que muitas vezes garante um maior lucro no balanço final.

Quanto a influência do estágio de desfolha na produtividade (Tabela 16), observa-se que a produtividade manteve-se maior com a desfolha no estágio R6, enquanto que no estágio R5 resultou na menor produtividade. O estágio R5 é o mais sensível a estresses ambientais, pois nesse momento a planta inicia o seu enchimento dos grãos, e a capacidade de recuperação de uma injúria é baixa. No estágio R6, pode-se imaginar que não ocorre perdas, no entanto, apesar de os grãos já preencherem toda a cavidade da vagem, há ainda translocação de assimilados. Board et al. (1994) estudando o efeito de 100% de desfolha nos estágios finais da soja, observou que desfolha em R6.3 resultou em até 40% de redução na produtividade e em R6.6, 20% de perda. O menor rendimento foi causado pela redução no tamanho das sementes.

Tabela 16. Produtividade de plantas de soja em função da cultivar utilizada e estádios de desfolhamento.

Cultivar	Produtividade (g/pl)
M 7211 RR	5,26 B
TMG 1176 RR	8,26 A
TMG 7188 RR	8,86 A
Estádio	
R3	7,42 AB
R5	6,81 C
R6	8,19 A

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Para finalizar, o estágio R3 também é um estágio crítico para a planta enfrentar estresse, no entanto, em comparação com R5, na planta em estágio R3 pode ocorrer

um abortamento de vagens, porém o surgimento de algumas novas, a depender do ciclo e tipo de crescimento da cultivar. Sabe-se que uma planta de crescimento determinado já cessou seu crescimento em R3, dessa forma a perda poderá ser maior em relação a uma planta de crescimento indeterminado.

Uma análise geral de diversos fungicidas realizado por Navarini et al (2007) mostrou uma tendência dos maiores ganhos no rendimento estarem relacionados a aplicações preventivas entre os estádios R1 e R3. No caso da ferrugem da soja, a necessidade de aplicações preventivas mostra-se ainda mais importante, conforme já havia sido observado por Bromfield et al. (1980) em que o aumento nos danos da doença a partir da floração é mais acentuado.

Em trabalho realizado por Kumudini et al. (2008) simulando a desfolha de acordo com a observação do real progresso da doença em uma área infectada, constatou que as médias de redução na produtividade foram de 67% quando a infecção começou no estágio R2 e 37% quando em R5. No presente trabalho, houve redução de 7%, 26% e 36% na produtividade com os níveis de desfolha de 33%, 66% e 100%, respectivamente.

A desfolha resultou em decréscimo linear na produtividade, independente da cultivar ou estágio (Figura 6). Esse resultado demonstra que deve-se estar atento ao avanço da doença nas folhas baixas da planta, pois já está ocorrendo perda em produtividade.

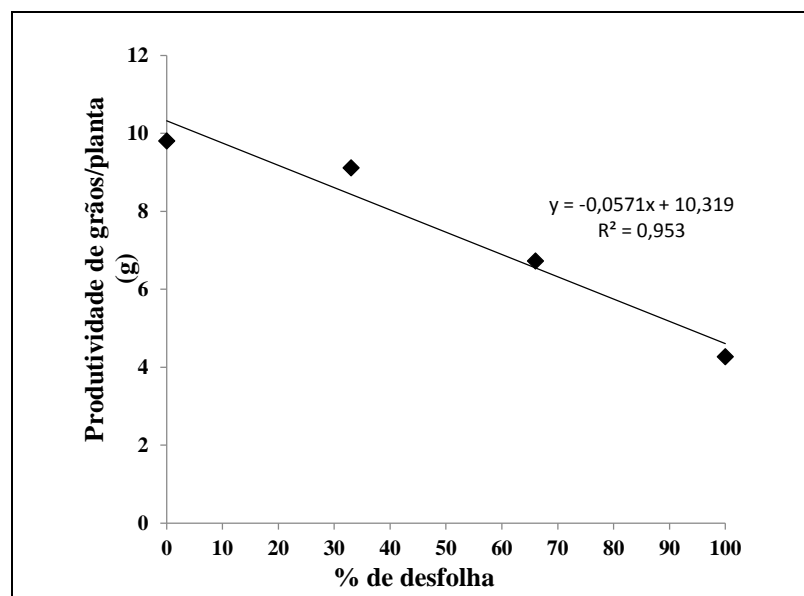


Figura 6. Produtividade de grãos de soja em função de níveis de desfolha.

Segundo Navarini et al (2007), ausência de correspondência entre a reação de cada cultivar às doenças foliares e a resposta ao controle químico, tem sido observada na cultura da soja, e indica que as cultivares podem variar não somente devido à ação dos fungicidas, mas principalmente devido à capacidade fisiológica de resposta ao controle químico própria de cada cultivar. Dessa forma, o controle preventivo para evitar a desfolha em estádios críticos para a cultura, bem como a utilização de cultivares com determinada tolerância pode ser essencial para evitar perdas na produtividade.

CONCLUSÕES

Conforme eleva-se a intensidade de desfolha no sentido da base para o ápice nos estádios reprodutivos estudados (R3, R5, R6) há decréscimo linear na produtividade da planta.

A simulação de danos por ferrugem asiática por meio dos níveis desfolha das cultivares, independente da metodologia estudada, evidenciou que a severidade na redução da área foliar tem conseqüente reflexo negativo na produtividade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, P. J. M.; ANDRADE, D. F. A. A. **Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira**. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2002. 11 p. (Série Circular Técnica, 11).

AQEEL, A. M. Using manual defoliation to simulate soybean rust: effect on growth and yield formation. University of Kentucky, **Doctoral Dissertation**. Paper 223, 2011, 128p. http://uknowledge.uky.edu/gradschool_diss/223

BAHRY, C. A.; NARDINO, VENSKE, E.; NARDINO, M.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q. S.; CARON, B. O. Desempenho agrônômico da soja em função da desfolha em diferentes estádios vegetativos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.4, p.19-24, 2013.

BARROS, H, B.; SEDIYAMA, T.; REIS, M. S.; CECON, P. R. Efeito do número de aplicações de fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum**. v.30, n. 2, p.239-245, 2008.

BARROS, H. B.; SANTOS, M. M.; PELÚZIO, J. M.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, R. R.; VENDRUSCO, J. B. Desfolha na produção de soja (*Glycine max* 'M-SOY 109'), cultivada no cerrado, Gurupi-TO, Brasil. **Bioscience Journal**. v.18, n. 2. p.5-10, 2002.

BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, v.35, n.3, p.846-851, 1995.

BOARD, J. E.; WIER, A. T.; BOETHEL, D. J. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. **Agronomy journal**, v.86, n.6, p.1074-1079, 1994.

BROMFIELD, K.R.; MELCHING, J.S.; KINGSOVER, C.H. Virulence and aggressiveness of *Phakopsora pachyrhizi* isolates causing soybean rust. **Phytopathology**. v.70, p.17-21, 1980.

BUENO, A. F.; BATISTELA, M. J.; MOSCARDI, F. **Níveis de desfolha tolerados na cultura da soja sem a ocorrência de prejuízos à produtividade**. Circular técnica 79. Embrapa soja, 2010, 11p.

CARRETERO, D. Fisiologia da produção de soja: Princípios e processos na construção da produtividade. In: SIQUERI, F. CAJU, J.; MOREIRA, M. **Boletim de pesquisa de soja**, n. 15. Fundação MT, Rondonópolis, MT, 2011.

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

DORRANCE, A.E., DRAPER, M. A., HERSHMAN, D. E. H. **Using foliar fungicides to manage soybean rust**. NC-504 Land Grant Universities Cooperating. Bulletin SR-2005. 2007.

EGLY, D. B. Soybean yield physiology: principles and processes of yield production. In: SINGH, G. **The Soybean: botany, productions and uses**. 1ªed. Índia, CABI, 2010. p.113-141.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2010. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2012 e 2013**. Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste. 261p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, (Special report 80), 1977, 11p.

FONTOURA, T. B.; COSTA, J. A.; DAROS, E. Efeito de níveis e épocas e desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agrária**, v.7, n.1-2, p.49-54, 2006.

GASPARETTO, R.; FERNANDES, C. D.; MARCHI, C. E.; BORGES, M. F. Eficiência e viabilidade econômica da aplicação de fungicidas no controle da ferrugem

asiática da soja em Campo Grande, MS. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.7, n.2, p.251-260, 2011.

GREGORUTTI, V. C.; CAVIGLIA, O. P.; SALUSO, A. Defoliation affects soybean yield depending on time and level of light interception reduction. **Australian Journal of Crop Science**, v.6, n.7, p.1166-1171, 2012.

HARTMAN, G.L.; WANG, T.C.; TCHANZ, A.T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, v.75, p.596-600, 1991.

HAY, R.K.M.; J.R. PORTER. **The Physiology of Crop Yield**, 2. ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 2006, 314 p.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica.**, v.36, n.3, p.248-250, 2010.

JOHNSON, H. W.; BERNARD, R. L., Soybean genetics and breeding. **Advances in agronomy**, v.14, p.149-221, 1962.

KUMUDINI, S.; GODOY, C. V.; BOARD, J. E.; OMIELAN, J.; TOLLENAAR, J. Mechanisms Involved in soybean rust-induced yield reduction. **Crop Science**, v.48, p.2334-2342, 2008.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. 1062p.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.182-186, 2007.

OLIVEIRA, M. A. P.; ANTUNIASSI, U. R. Eficácia do flutriafol e do flutriafol + tiofanato metílico aplicados com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja. **Revista Energia na Agricultura**, v. 26, n.1, p.94-112, 2011.

OLIVEIRA, S. H. F. Época de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.29 Supl. p.295, 2004. (Resumo).

PELUZIO, J. M.; BARROS, H. B.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, R. R.; NASCIMENTO, I. R. Influência do desfolhamento artificial no rendimento de grãos e componentes de produção da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1197-1203, 2002.

RIBEIRO, A.L.P.; COSTA, E.C. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR 16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, v.30, n.5, p.767-771, 2000.

TIMISINA, J.; BOOTE, K. J.; DUFFIELD, S. Evaluating the CROPGRO soybean model for predicting impacts of insect defoliation and depodding. **Agronomy Journal**, v.99, n.1, p.148-157, 2007.

WEBER, C. R.; CADWELL, B. E. Effects of defoliation and stem bruising on soybeans. **Crop Science**. v.6, p.25-27, 1966.

WEISS, M. G., Genetic linkage in soybeans. Linkage group IV. **Crop Science**. v.10, p.368-370, 1970.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. Situação da ferrugem asiática na América do Sul. Embrapa Soja, **Documentos 236**, Londrina, 2004, 27p.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M. **Ferrugem da Soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sidow**. Londrina, Embrapa Soja, Folder, 2002.

CAPÍTULO 3

DIVERSIDADE FENOTÍPICA E MOLECULAR ENTRE GENÓTIPOS DE SOJA CULTIVADOS NO VERÃO E INVERNO

RESUMO

A identificação da divergência entre genótipos adaptados à determinadas condições edafoclimáticas, onde são cultivados, é de fundamental importância para a realização de hibridizações promissoras. Essa diversidade pode ser acessada por meio de características fenotípicas e marcadores moleculares. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar a divergência genética de cultivares de soja no verão e inverno a partir de caracteres agromorfológicos e marcadores moleculares. Foram realizados dois experimentos, um no verão (2011) e outro no inverno (2012). Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 2,5 L de solo com duas plantas cada. Foram utilizadas 6 cultivares amplamente cultivadas e que apresentam diferenças marcantes em relação a marcadores morfológicos, sendo elas: M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR, M 7908 RR, TMG 127 RR e TMG 7188 RR. Todas as cultivares são recomendadas para a região central do Brasil. Durante o desenvolvimento da planta e após a colheita foram realizadas a avaliação de 18 caracteres. O DNA das seis cultivares foi amplificado com 16 iniciadores (marcadores microssatélites) que flanqueiam regiões microssatélites em soja, localizados em dezesseis dos vinte grupos de ligação da soja. Para os caracteres quantitativos foram estimadas a dissimilaridade genética entre todos os pares de genótipos pela Distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ii}). Pelos marcadores microssatélites foi construída a matriz de dissimilaridade com uso do complemento do índice de similaridade para dados codominantes e multialélicos. A divergência genética foi avaliada pelo método de agrupamento de UPGMA, de otimização de Tocher, e técnica de variáveis canônicas. A dissimilaridade genética entre as cultivares a partir de caracteres agromorfológicos varia de acordo com a época de cultivo. Os marcadores moleculares demonstraram variabilidade genética entre os genótipos estudados, com resultados diferentes dos agrupamentos formados a partir dos caracteres agrônômicos. Dessa forma, tanto os dados fenotípicos, quanto os moleculares, mostraram-se ferramentas informativas na caracterização da divergência existente entre as cultivares de soja.

Palavras-chave: *Glycine max*, divergência genética, marcador molecular, análise multivariada.

ABSTRACT

The identification of the divergence between genotypes adapted to specific edaphoclimatic conditions, where it is grown, is important for the achievement of promising hybridizations. This diversity can be accessed through phenotypic traits and molecular markers. Thus, the aim of this study was to evaluate the genetic diversity of soybean cultivars on the summer and winter from agromorphological traits and molecular markers. Two experiments were conducted, one in the summer (2011) and another in winter (2012). The experiments were carried out in a completely randomized block design with four replications. Each experimental unit consisted of a pot of 2.5 L soil with two plants each. Were used 6 widely grown cultivars, which has shown marked differences from morphological markers, which are: M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR, M 7908 RR, TMG 127 RR e TMG 7188 RR. All cultivars are recommended for the central region of Brazil. During the development of the plant and after harvesting were performed the evaluation in 18 characters. The DNA of the six cultivars was amplified with 16 primers (microsatellite markers) that flank the microsatellites regions of soybean located in sixteen of the twenty soybean linkage groups. For quantitative traits were estimated genetic similarity between all pairs of genotypes by Mahalanobis generalized distance (D^2 ii '). By microsatellite markers was built dissimilarity matrix with use of the complement of similarity index for co-dominant and multi-allelic data. The genetic divergence was evaluated by the UPGMA clustering method, Tocher optimization, and technical of canonical variables. The genetic dissimilarity between cultivars from agromorphological traits varies depending on the growing season. The molecular markers showed genetic variability between genotypes with different results clusters formed from the agronomic traits. Thus, both phenotypic data, as the molecular, proved to be informative tools to characterize the existing diversity between the soybean cultivars.

Key-words: *Glycine max*, genetic diversity, molecular marker, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da diversidade genética e a relação entre cultivares melhoradas são de grande importância para a continuidade do melhoramento da cultura. A diversidade genética assegura medidas de proteção contra problemas futuros como pragas ou doenças e fornece uma base para ganhos genéticos (Bertini et al., 2006). Na determinação da diversidade genética de soja tem sido verificado o uso de características morfológicas, agronômicas, bioquímicas, fisiológicas e moleculares.

O estudo da diversidade genética por meio de caracteres agronômicos é de grande interesse no melhoramento genético, tendo em vista sua importância econômica e a necessidade de se obter êxito na escolha adequada de combinações híbridas superiores. Liu et al. (2011) observaram que apenas 9 caracteres agronômicos foram suficientes para diferenciar 91 linhagens de soja, alocando-as em dois grupos distintos, os quais correspondiam às suas origens geográficas. Almeida, Peluzio e Aférri (2011) avaliaram 8 caracteres agronômicos para promover o agrupamento de cultivares, em função da dissimilaridade genética, e facilitar a escolha de genitores mais divergentes. Santos et al. (2011) estimaram a diversidade genética entre 48 genótipos de soja, utilizando 17 caracteres fenotípicos, e conseguiram identificar hibridações promissoras visando maior produção de grãos. Rigon et al. (2012) avaliaram 18 cultivares de soja por meio de 6 caracteres quantitativos e observaram a identificação de genótipos dissimilares para potenciais cruzamentos artificiais.

No entanto, nem sempre uma diferença agromorfológica marcante, como por exemplo o tipo de folha, pode significar alta dissimilaridade genética entre as cultivares. Em plantas com base relativamente estreita como a soja e a disponibilidade de centenas de cultivares no mercado, essas características podem não ser suficientes na separação de diferentes genótipos. Devido essa limitação, marcadores moleculares de DNA tem sido amplamente utilizados. Marcadores moleculares são estáveis e comprovadamente informativos, podendo ser utilizados na caracterização genética, como na análise do grau de divergência e na discriminação de acessos presentes em bancos de germoplasma (NELSON; LI, 1998; RONGWEN et al, 1995)

Dentre os marcadores de DNA, os marcadores microssatélites SSR (Simple sequence repeat) tem sido de valiosa importância para estimar a diversidade genética em soja devido a sua abundância, o elevado grau de polimorfismo, a característica co-dominante, a detecção baseada em PCR e o fato de terem posições conhecidas no

genoma. Diwan e Gregan (1997), usando 20 marcadores SSR, puderam distinguir os 35 genótipos que contribuíram em cerca de 95% dos alelos presentes nos atuais cultivares norte-americanos. Song et al. (1999) usando apenas 13 marcadores SSR, puderam diferenciar geneticamente cultivares morfológicamente similares, e Rongwen et al. (1995) concluíram que 10 a 15 locos SSR são adequados para a distinção entre cultivares próximas.

Nos últimos anos, os microssatélites têm sido considerados ideais para a caracterização e avaliação da variabilidade genética, sendo uma das ferramentas mais utilizadas no melhoramento de plantas. Com o uso desses marcadores é possível organizar o germoplasma ativo de um programa de melhoramento em conjuntos gênicos, facilitando a escolha e diminuindo o número de combinações a serem feitas pelos melhoristas.

Para interpretação dos resultados, tanto a partir de dados fenotípicos ou moleculares, podem ser utilizados os métodos de agrupamentos, os quais têm por finalidade identificar e dividir grupos de amostras em subgrupos de acordo com as semelhanças ou diferenças entre eles. A técnica é realizada após a obtenção de uma matriz de dissimilaridade e, com base nesta matriz, os grupos são identificados obtendo-se homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os grupos (CRUZ, 2011).

A utilização de caracteres fenotípicos e de marcadores moleculares pode fornecer uma visão mais completa acerca da diversidade genética dos materiais. Singh et al. (1991) relataram que a melhor forma de se identificar divergência entre genótipos é o uso combinado de marcadores moleculares e caracteres agromorfológicos, promovendo um complemento nos resultados. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a divergência genética de cultivares de soja no verão e inverno a partir de caracteres agromorfológicos e marcadores moleculares.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação do Programa Soja, no Departamento de Fitotecnia – Universidade Federal de Viçosa. Foram realizados dois experimentos, um no verão (2011) e outro no inverno (2012). Os experimentos foram instalados em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso de 2,5 L de solo com duas plantas cada.

Foram utilizadas 6 cultivares amplamente cultivadas e que apresentam diferenças marcantes em relação a marcadores morfológicos, sendo elas: M 7211 RR, TMG 123 RR, TMG 1176 RR, M 7908 RR, TMG 127 RR e TMG 7188 RR. Todas essas cultivares são recomendadas para a região central do Brasil.

Durante o desenvolvimento das plantas e após a colheita foram realizadas as seguintes avaliações:

Duração do estágio vegetativo (DEV): Foram contados os dias a partir da emergência até o estágio R1 (Fehr e Caviness, 1977) no qual surge o primeiro botão floral em qualquer nó da haste principal

Altura da planta no florescimento (APF): Medida da superfície do solo até o último nó da haste principal.

Número de nós na haste principal no florescimento (cm) (NNF): Foram contados todos os nós da haste principal no estágio R1.

Número de dias para a maturidade (cm) (NDM): Contados o número de dias decorridos entre a emergência até o estágio R8 (95% das vagens maduras).

Altura da planta na maturidade (APM): Medida da superfície do solo até o último nó da haste principal em R8.

Altura de inserção da primeira vagem (AIV): Medida da superfície do solo até a primeira vagem em R8.

Número de nós na haste principal na maturidade (NNM): Foram contados todos os nós da haste principal no estágio R8.

Número de vagens com 1 grão (V1G): Após a colheita foram contadas todas as vagens com 1 grão em cada planta

Número de vagens com 2 grãos (V2G): Após a colheita foram contadas todas as vagens com 2 grãos em cada planta

Número de vagens com 3 grãos (V3G): Após a colheita foram contadas todas as vagens com 3 grãos em cada planta

Número de vagens com 4 grãos (V4G): Após a colheita foram contadas todas as vagens com 4 grãos em cada planta.

Número de vagens por planta: (NVP): Após a colheita foram contadas todas as vagens de cada planta.

Número de grãos por planta (NGP): Após a debulha das vagens foram contados todos os grãos de cada planta.

Número de grãos por vagem (NGV): Obtido pela divisão do número de grãos pelo número de vagens por planta.

Massa de 100 grãos (g) (M100): Obtido pelo peso médio de 100 grãos de cada cultivar.

Produtividade de grãos por planta (g) (PGP): Após a debulha, foram pesadas todas sementes de cada planta.

Índice de colheita (IC): Obtido pela divisão do peso das sementes pela massa total da planta inteira.

Relação comprimento/largura da folha (RCL): Mediu-se o comprimento e largura de uma folha localizada no 4º nó contado de cima para baixo no estágio R5 e obteve-se a relação.

Todas as medidas foram realizadas em duas plantas para posterior obtenção da média da parcela.

Análise Molecular

As análises moleculares foram realizadas no Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), Universidade Federal de Viçosa. Uma amostra de folha de cada cultivar foi moída e submetida à extração de DNA, conforme protocolo descrito por Schuster et al. (2004). O DNA das seis cultivares foi amplificado com 16 iniciadores (marcadores microssatélites) que flanqueiam regiões microssatélites em soja, desenvolvidos por Cregan et al. (1999). Os iniciadores foram selecionados de acordo com sua distribuição no mapa genético da soja (Song et al., 2004), localizados em dezesseis dos vinte grupos de ligação da soja. A sequência dos primers Forward e reverse estão descritos na Tabela 1.

A extração de DNA foi realizada por meio do Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega). As reações de amplificação foram realizadas em volume de 15 µL, contendo 30 ng de DNA, 10mM de Tris HCl/KCl (pH 8,3), 2,0 mM de MgCl₂, 100 µM desoxinucleotídeos (dATP, dCTP, dGTP e dTTP), 0,67 µM de cada *primer* e 1U de *Taq* DNA polimerase (Phoneutria). A reação de PCR foi programada para uma etapa inicial a 94 °C por 2 min, 37 ciclos compostos por três etapas (94 °C por 30 seg, 54° por 30 seg e 72 °C por 45 seg), seguidos por uma etapa final a 72 °C por 7 min.

Tabela 1. Sequência dos *primers* (*Foward e reverse*) utilizados para diferenciação genética das cultivares.

Marcador	Primer F	Primer R	Cromossomo
Satt313	GCGCGAGGTATGGAACCTAACTACA	GCGGTAAGTCATGGCTTTTAACTCT	19
Satt022	CGGGTTTCAAAAACCATCCTTAC	GGGGATCTGATTGTATTTACCT	3
Satt389	GCGCCAAAACAAAAGTTATATC	GCGGCTGGTGTATGGTGAAATCA	17
Satt274	GCGCACGGTATATAATCGAACCTAT	GCGGGTCAATTAGTTTTCGTCAGTT	2
Satt263	CTCATGGAATTGTCTTTCAGTTTC	CACCCAATCATGATAGCATTTTAT	15
Satt277	CCACGCTTCAGTTGATTCTTACA	GGTGGTGGCGGGTACTATTACT	6
Satt578	ACAGCATCGATACCATGATCTAT	CCCACGTCATATCCACTGCTCCTTA	4
Satt335	TGACCAGAGTCCAAAGTTCATC	CAAGCTCAAGCCTCACACAT	13
Satt632	CCCATATTGAAGATTGAAGTAAT	GGGCTATGAAGGGAATGGAAGGA	8
Satt463	CTGCAAATTTGATGCACATGTGTCTA	TTGGATCTCATATTCAAACTTCAAG	7
Satt191	GGGAGTTGGTGTTCCTTGTG	CGCGATCATGTCTCTG	18
Satt581	GCGGCACACAAGTAGTTGTGAACTAA	GCGATCCCTTTATGTTGGTATTACATT	10
Satt251	GGTGATATCGCGCTAAAATTA	CCTCCACCCCTTCCACCCAAAA	11
Satt168	CCATTCTCCAACCTCAATCTTATAT	CGCTTGCCAAAAATTAATAGTA	14
Satt468	GCGTTTTGTATTGGTCTATCTGCTTAG	GCGTCTCTATTTTGACCTTTTAACTT	1
Satt571	GCGGGATCCGCGGATGGTCAAAG	GGGTAGGGGTGGAATATAAG	11

Os produtos de amplificação foram submetidos à eletroforese vertical em gel de poliacrilamida 10% em tampão de corrida TAE 1X a 130 V por 4 h. Para visualização dos fragmentos, foi utilizado o protocolo de coloração com prata. Inicialmente, o gel foi submetido à solução fixadora (10% etanol e 0,5% de ácido acético glacial) sob agitação por 10 min. Em seguida, a solução foi descartada, e a solução de nitrato de prata 0,2% foi adicionada sob agitação por 10 min. Em seguida, a solução de nitrato de prata foi descartada, o gel foi lavado com água purificada, e foi adicionada a solução reveladora (NaOH 0,75 M e formaldeído 0,6%) sob agitação. Quando os fragmentos se tornaram visíveis, foi adicionada solução de etanol 60% para interromper a reação. Por fim, os géis foram fotografados para análise.

Análise estatística

Para os caracteres quantitativos inicialmente foram estimadas a dissimilaridade genética entre todos os pares de genótipos pela Distância generalizada de Mahalanobis (D^2 ii'). Após a obtenção da matriz de dissimilaridade entre genótipos realizaram-se agrupamento pelo método hierárquico da Ligação Média entre grupo (UPGMA) e o método de otimização de Tocher. Posteriormente, foram determinadas as variáveis canônicas, as quais foram utilizadas no estudo de dissimilaridade genética com propósito de identificação de genótipos similares em gráficos de dispersão bidimensional. A contribuição relativa das características para a diversidade baseou-se no método de Singh (1981).

As relações genéticas entre as cultivares obtidas pelos marcadores microssatélites foram avaliadas por meio de matriz de dissimilaridade, construída com uso do complemento do índice de similaridade para dados codominantes e multialélicos. A partir das estimativas de dissimilaridade, as cultivares foram agrupadas pelo método hierárquico UPGMA e também pelo Método de Tocher, bem como foram apresentadas em um gráfico de dispersão 2D.

Por fim, foi calculada a correlação entre as matrizes, pelo teste de Mantel. Todos os cálculos foram realizados com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversidade fenotípica

Verão

A matriz de dissimilaridade evidenciou diversidade entre as cultivares (Tabela 2). A menor distância foi observada entre as cultivares TMG 123 RR e TMG 1176 RR, justamente as cultivares que apresentam como característica comum as folhas do tipo lanceoladas. Enquanto que as cultivares mais distantes foram a TMG 127 RR e TMG 7188 RR, tendo essa última baixa distância da cultivar M 7908 RR.

Tabela 2. Matriz de dissimilaridade entre seis genótipos de soja com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2 ii') a partir de dezoito caracteres agrônômicos avaliados no verão.

	M 7211 RR	TMG 123 RR	TMG 1176 RR	M 7908 RR	TMG 127 RR	TMG 7188 RR
M 7211 RR	0					
TMG 123 RR	13468,10	0				
TMG 1176 RR	12121,54	154,34	0			
M 7908 RR	12647,91	15729,61	15399,48	0		
TMG 127 RR	4119,63	23691,83	21683,38	31029,86	0	
TMG 7188 RR	28571,32	27177,08	27386,02	3475,60	54119,99	0

Pelo agrupamento de UPGMA, observou-se a formação de 3 grupos, resultando em 3 pares de cultivares similares (TMG 123 RR e TMG 1176 RR; M 7211 RR e TMG 127 RR; M 7908 RR e TMG 7188 RR) (Figura 1). Se observarmos as características fenotípicas das cultivares, podemos considerar como uma mais marcante para cada grupo as seguintes: folhas lanceoladas (característica ligada a ocorrência de vagens com quarto grãos), grupo de maturidade relativa menor e grupo

de maturidade relativa maior, respectivamente. A diferença de grupo de maturidade relativa para cultivares semeadas em um mesmo local, em uma mesma época, determina o período vegetativo e reprodutivo, bem como tem influência nos componentes de produção. Assim, por exemplo, cultivares de maior grupo de maturidade relativa, têm a possibilidade de produzir mais nós, mais vagens e sementes e conseqüentemente, maior produtividade.

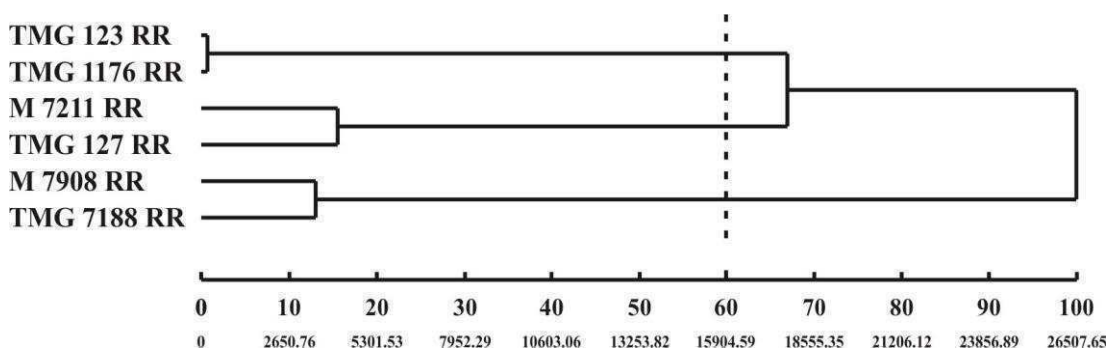


Figura 1. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre as 6 cultivares, obtido pela técnica de UPGMA, e utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade a partir de 18 caracteres agronômicos medidos no verão.

O mesmo agrupamento pelo método de UPGMA foi observado pelo método de otimização de Tocher (Tabela 3). Esse agrupamento condiz com os caracteres morfológicos observados. Assim, apesar de um grupo limitado de cultivares, podemos observar potenciais genitores divergentes em caso de hibridização.

Tabela 3. Agrupamento de 6 genótipos de soja pelo método de otimização de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis a partir de 18 caracteres agronômicos.

Grupo	Cultivares
I	TMG 123 RR; TMG 1176 RR
II	M 7908 RR; TMG 7188 RR
III	M 7211 RR; TMG 127 RR

O gráfico de dispersão (Figura 2) foi obtido por meio do cálculo de variáveis canônicas e houve a formação dos mesmos 3 grupos.

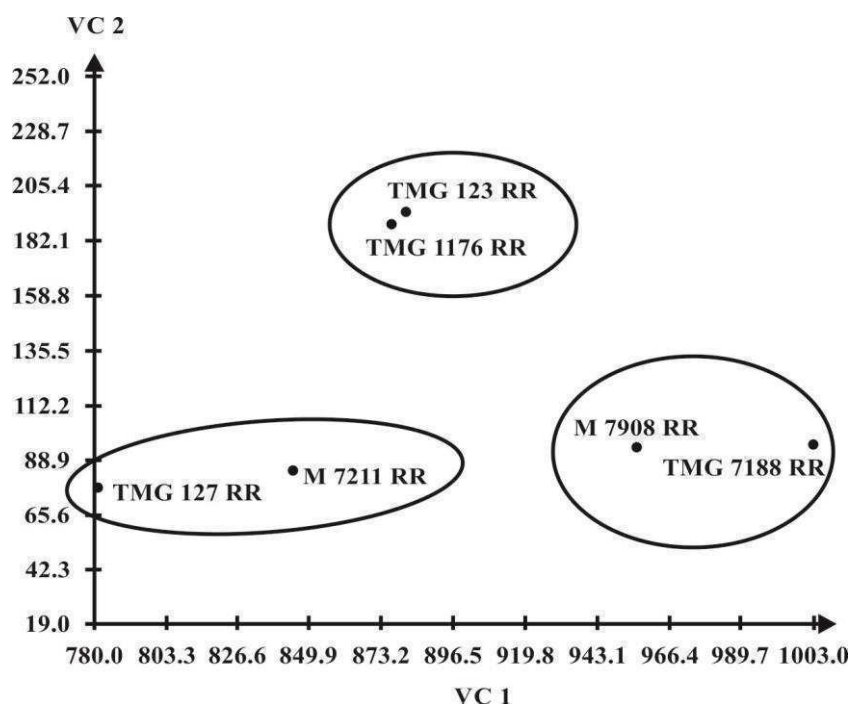


Figura 2. Dispersão gráfica das medidas de dissimilaridade entre os genótipos no verão a partir de variáveis canônicas.

Pela análise de contribuição relativa pelo método de Singh (1981), dentre os caracteres avaliados (Figura 3), os parâmetro de maior influência, e, conseqüentemente, de mais intensa contribuição para a divergência genética, foi número de vagens por planta (NVP) (47%), seguido pelo número de vagens com 4 grãos (V4G) (21%) e número de 3 grãos (V3G) (15.6 %). O verão é o período recomendado para a semeadura da soja, dessa forma a produção de vagens é relativamente grande sob condições de manejo ideais. Pelúzio et al. (2009), trabalhando apenas com o número total de vagens juntamente com mais seis outras características, observaram que o número de vagem por planta foi o que mais contribuiu na dissimilaridade genética (80,17%) entre as 14 cultivares.

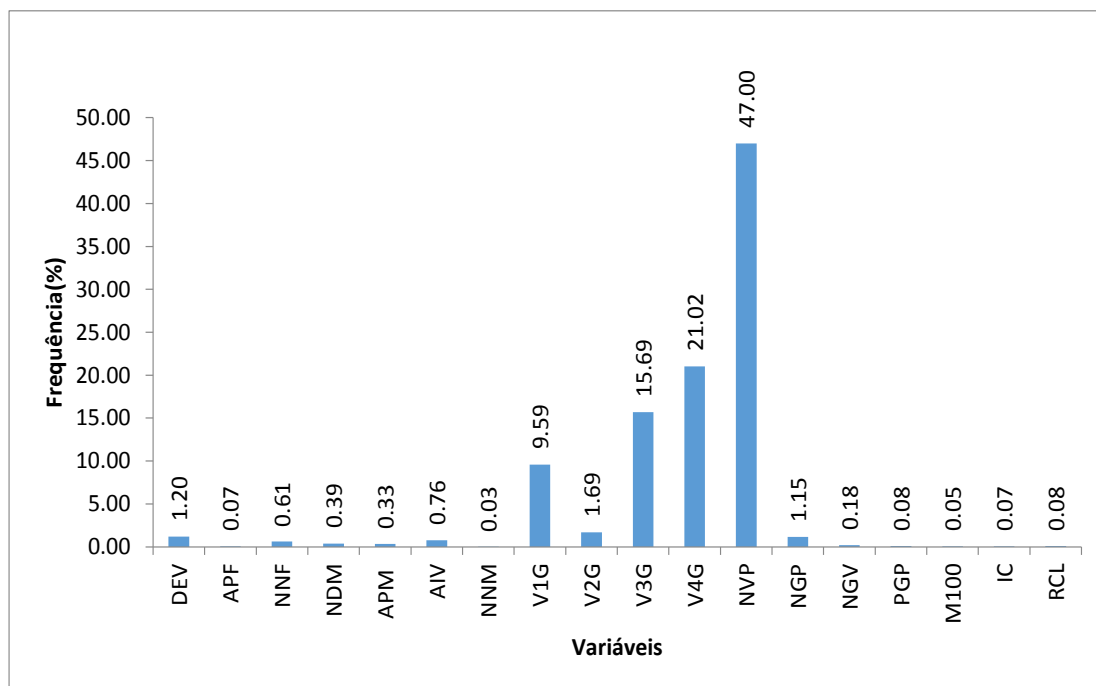


Figura 3. Contribuição relativa das variáveis sobre a divergência genética de 6 cultivares de soja no verão pelo método de Singh (1981).

DEV – Duração do estágio vegetativo; APF – Altura de plantas no florescimento; NNF – Número de nós no florescimento; NDM – Número de dias para a maturidade; APM – Altura de plantas na maturidade; AIV – Altura de inserção da 1ª vagem; MNM – Número de nós na maturidade; V1G – Vagem com 1 grão; V2G – Vagem com 2 grãos; V3G – Vagem com 3 grãos; V4G – Vagem com 4 grãos; NVP – Número de vagens por planta; NGV – Número de grãos por vagem; PGP – Produtividade de grãos por planta; M100 – Massa de 100 grãos; IC – Índice de colheita e RCL – Relação comprimento e largura da folha.

Inverno

Na tabela 4, encontra-se a matriz de dissimilaridade pela distância de Mahalanobis para as características fenotípicas medidas no experimento de inverno. A menor distância observada foi entre as cultivares TMG 1176 RR e M 7908 RR, enquanto que a maior distância foi observada entre a TMG 123 e TMG 7188. Pela matriz, podemos observar o comportamento diferente das cultivares em relação ao cultivo no verão.

Tabela 4. Matriz de dissimilaridade entre seis genótipos de soja com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2 ii') a partir de dezoito caracteres agrônômicos avaliados no Inverno.

	M 7211 RR	TMG 123 RR	TMG 1176 RR	M 7908 RR	TMG 127 RR	TMG 7188 RR
M 7211 RR	0					
TMG 123 RR	30880,93	0				
TMG 1176 RR	5043,95	15320,86	0			
M 7908 RR	5659,07	12191,15	2085,25	0		
TMG 127 RR	21438,83	4160,71	9625,26	8785,68	0	
TMG 7188 RR	102485,80	241465,20	136553,70	149445,00	206999,00	0

No agrupamento por meio da técnica de UPGMA (Figura 4), observou-se a formação de dois grupos, apenas a cultivar TMG 7188 separou-se das demais. No inverno, nem todas as condições são favoráveis para o desenvolvimento das plantas de soja, dessa forma, algumas cultivares que não se destacariam no verão, podem ser superiores em relação à outras no inverno, por essa interação genótipo x ambiente. Nesse caso, a cultivar TMG 7188, apresenta o maior grupo de maturidade relativa (8.8) desse conjunto de cultivares, o que torna-se uma vantagem, pois no inverno, o fotoperíodo é menor, ou seja, as noites são mais longas, o que induz o florescimento mais precoce. Assim, cultivares consideradas precoces em época normal de plantio, tornam-se ainda mais precoces no inverno, modificando muitas características como altura de planta e número de nós o que afeta os componentes de produção e consequentemente a produtividade.

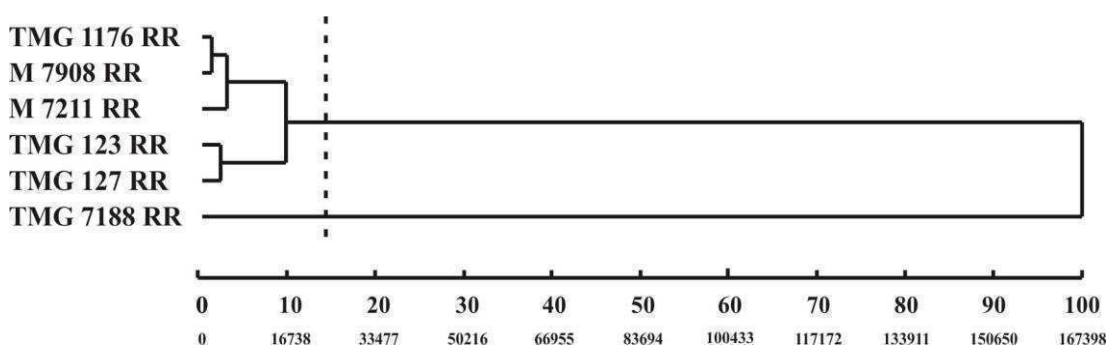


Figura 4. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre as 6 cultivares, obtido pela técnica de UPGMA, e utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade a partir de 18 caracteres agrônômicos medidos no inverno. Correlação cofenética = 0.92.

Pelo método de otimização de Tocher, formaram-se os mesmo dois grupos (Tabela 5) confirmando a mudança no comportamento da cultivar em relação a época de plantio. Dessa forma, comparando-se os agrupamentos, nas duas épocas, no verão os grupos condizem mais com as características observadas, pois é o período em que as plantas podem expressar seu potencial. Porém, faz-se importante também a análise fora de época, pois pode-se observar a adaptabilidade das cultivares em condições adversas.

Tabela 5. Agrupamento de 6 genótipos de soja pelo método de otimização de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis a partir de 18 caracteres agronômicos avaliadas no inverno.

Grupo	Cultivares
I	TMG 1176 RR; M 7908 RR; M 7211 RR; TMG 127 RR; TMG 123 RR
II	TMG 7188 RR

Assim como para as variáveis de verão, o gráfico de dispersão 2D obtido pelo cálculo das variáveis canônicas (Figura 5) apresentou os mesmos agrupamentos obtidos pelo UPGMA e Tocher. Dessa forma, por meio de três diferentes métodos de agrupamento, tem-se um resultado confiável em relação a dissimilaridade dessas cultivares, considerando a época de plantio.

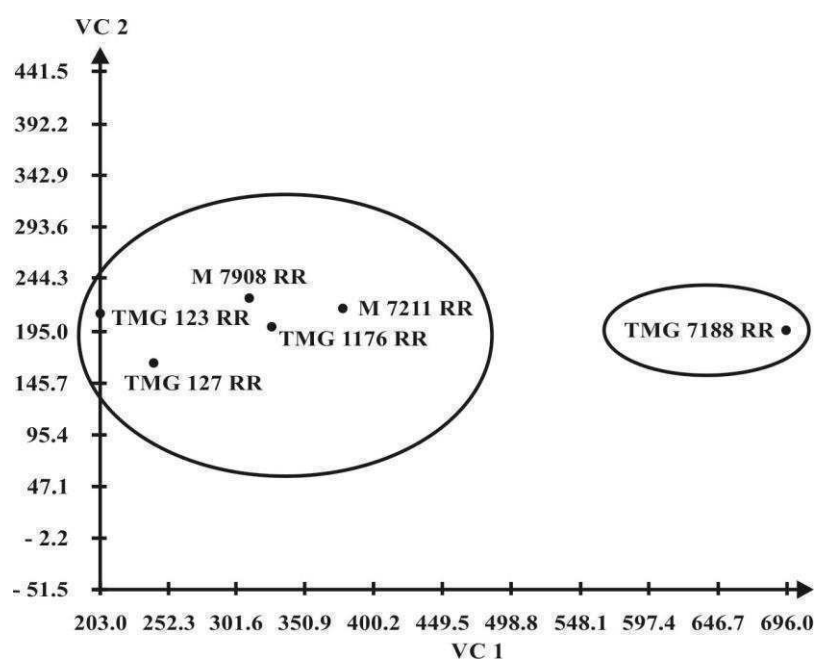


Figura 5. Dispersão gráfica das medidas de dissimilaridade entre os genótipos cultivados no inverno a partir de variáveis canônicas.

No experimento de inverno, a análise de contribuição relativa (Singh, 1981) (Figura 6) demonstrou que as variáveis que mais contribuíram para a divergência genética foram número de vagens com 2 grãos (V2G), seguido pelo número de grãos por planta (NGP), e número de vagens por planta (NVP) e número de vagens com 2 grãos (V2G). A partir desses dados, podemos observar que a contribuição dos componentes de produção podem variar dependendo da época. No verão, a maior contribuição foi do número total de vagens (NVP), porém, no inverno, o número de vagens com 2 grãos (V2G) teve alta contribuição (30,8%) enquanto no verão foi extremamente baixa (1,69%). Outro componente com contribuição alta na época de inverno foi o número de grãos por planta (NGP) com 22,2%, sendo que no verão sua contribuição foi de apenas 1,15%.

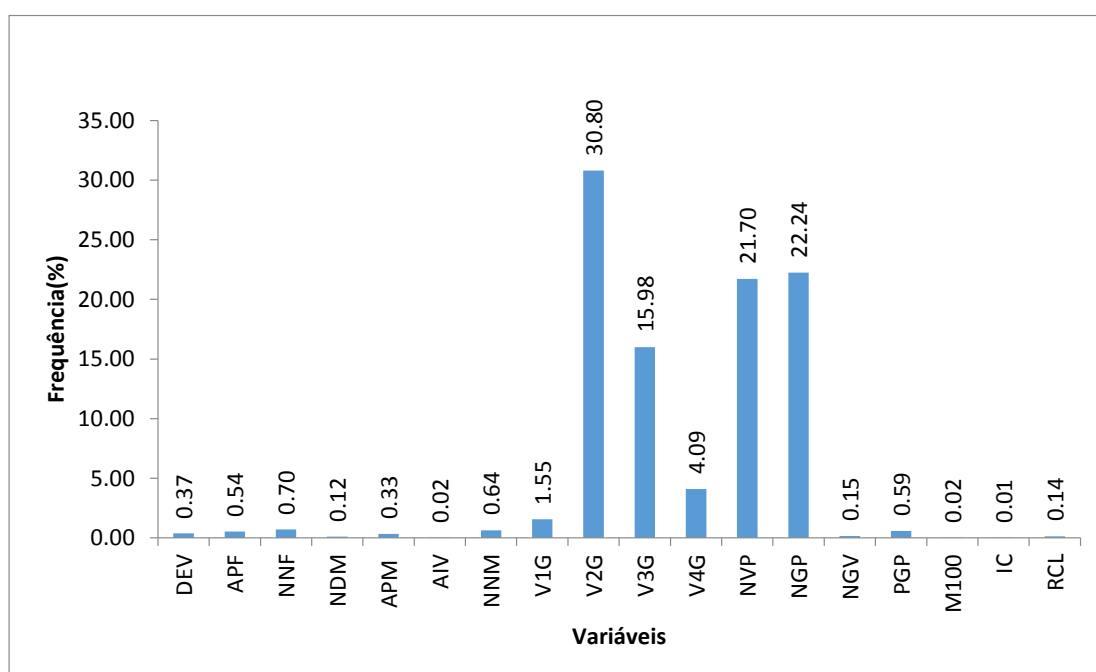


Figura 6. Contribuição relativa das variáveis na divergência genética de 6 cultivares de soja semeadas no inverno pelo método de Singh (1981).

DEV – Duração do estágio vegetativo; APF – Altura de plantas no florescimento; NNF – Número de nós no florescimento; NDM – Número de dias para a maturidade; APM – Altura de plantas na maturidade; AIV – Altura de inserção da 1ª vagem; NNM – Número de nós na maturidade; V1G – Vagem com 1 grão; V2G – Vagem com 2 grãos; V3G – Vagem com 3 grãos; V4G – Vagem com 4 grãos; NVP – Número de vagens por planta; NGV – Número de grãos por vagem; PGP – Produtividade de grãos por planta; M100 – Massa de 100 grãos; IC – Índice de colheita e RCL – Relação comprimento e largura da folha.

Diversidade molecular

As matrizes de dissimilaridade genéticas estimadas entre as cultivares (Tabela 6), baseadas nos marcadores utilizados, oscilaram entre 0,210 e 0,842, sendo a menor distância observada entre M 7211 RR e TMG 123 e a maior distância entre M 7211 RR e TMG 7188 RR e também entre as cultivares TMG 123 RR e TMG 127 RR, as quais apresentaram a mesma distância. Esse resultado indica considerável variabilidade genética entre as cultivares. Priolli et al. (2004) estudando a diversidade de cultivares de oito programas de melhoramento no Brasil observaram que o índice de diversidade variou de 0,435 a 0,809 com valor médio de 0,632, os autores concluíram que o germoplasma brasileiro de soja mantém variabilidade genética constante nos últimos 30 anos de expansão e melhoramento da cultura. Vieira et al. (2009) observaram dissimilaridade genética, calculada entre 53 cultivares, variando de 0,02 a 0,73, com média de 0,47.

Tabela 6. Medida de dissimilaridade entre 6 genótipos de soja calculados a partir do complemento aritmético do coeficiente de coincidência simples.

	M 7211 RR	M 7908 RR	TMG 123 RR	TMG 127 RR	TMG 1176 RR	TMG 7188 RR
M 7211 RR	0					
TMG 123 RR	0,21053	0				
TMG 1176 RR	0,63158	0,63158	0			
M 7908 RR	0,68421	0,47368	0,57895	0		
TMG 127 RR	0,73684	0,84211	0,57895	0,63158	0	
TMG 7188 RR	0,84211	0,63158	0,63158	0,50000	0,63158	0

Villela et al. (2014), estimando a diversidade genética em cultivares de soja RR, observaram distâncias genéticas entre 0,46 a 9,79, obtidas por meio dos caracteres agronômicos e estimadas a partir da distância euclidiana, indicando a presença de variabilidade genética entre as cultivares de soja RR avaliadas, pertencentes a diferentes programas de melhoramento genético de soja do Brasil.

A análise de agrupamento pelo método UPGMA encontra-se representada pelo dendrograma (Figura 7). As cultivares M 7211 RR e TMG 123 RR formaram um grupo, M 7908 RR e TMG 7188 RR outro, e por fim, TMG 127 RR e TMG 1176 RR não formaram grupo. O agrupamento por UPGMA é um dos mais utilizado nos estudos de divergência genética (DIAS, 1998; CRUZ & CARNEIRO, 2006), este algoritmo não considera a estrutura de subdivisão do grupo, dando pesos iguais a cada indivíduo

do grupo e calcula a similaridade média de um indivíduo que pretende se juntar ao grupo existente (MEYER, 2002).

O fato de cultivares da mesma empresa não se agruparem demonstra que há uma variabilidade dentro dos programas de melhoramento, uma vez que, atualmente as empresas trabalham objetivando diferentes regiões de adaptação. Segundo Priolli et al. (2004) os programas de melhoramento de soja no Brasil apresentam maior variabilidade intra do que intergrupos. Bonato et al. (2006) também apresentaram resultados de análises moleculares que demonstram que o germoplasma de soja, utilizado em programas de melhoramento no Brasil, manteve, em geral, nível constante de diversidade genética nos últimos anos, além de relativa heterogeneidade dentro de alguns desses programas.

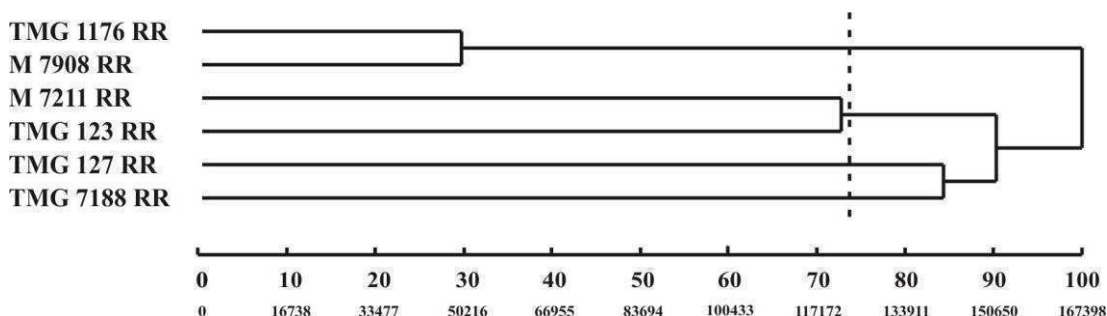


Figura 7. Dendrograma obtido pelo método UPGMA de seis cultivares com base em marcadores microssatélites. Correlação cofenética = 0.81

O método de otimização de Tocher resultou na formação de 3 grupos (Tabela 7), o primeiro com três genótipos, dois em outro grupo e um terceiro com apenas um genótipo. O método de otimização de Tocher identifica o par de indivíduos mais similares para formar o grupo inicial e a partir daí avalia a possibilidade de inclusão de novos indivíduos com o critério que a distância média intragrupo deve ser menor que a distância média intergrupo (CRUZ & CARNEIRO, 2006).

Tabela 7. Formação de grupos pelo método de otimização de Tocher, utilizando a dissimilaridade através do complemento aritmético do Coeficiente de Coincidência Simples.

Grupo	Cultivares
I	M 7211 RR; TMG 123 RR; M 7908 RR
II	TMG 127 RR; TMG 1176 RR
III	TMG 7188 RR

Por meio do gráfico de dispersão, podemos observar melhor a distância entre as cultivares (Figura 8). A maior diferença aqui em relação ao agrupamento de UPGMA e Tocher, foi a proximidade entre as cultivares M7908 RR e TMG 1176 RR, as quais não foram agrupadas em nenhum desses métodos anteriores. A cultivar M 7211 RR e TMG 123 RR continuaram relativamente próximas, enquanto que TMG 127 RR e TMG 7188 RR, posicionaram-se isoladamente.

Nos agrupamentos hierárquicos, a delimitação dos grupos é feita de maneira subjetiva, observando os pontos de alta mudança de nível no dendrograma, por isso, diferentes padrões de agrupamento podem ocorrer. Quando não se tem informação sobre a relação genética entre a maioria dos genótipos, não se pode determinar qual método de agrupamento é mais acurado. Assim, ao se comparar os resultados de diferentes critérios, podem-se evitar inferências errôneas (ARRIEL, 2004).

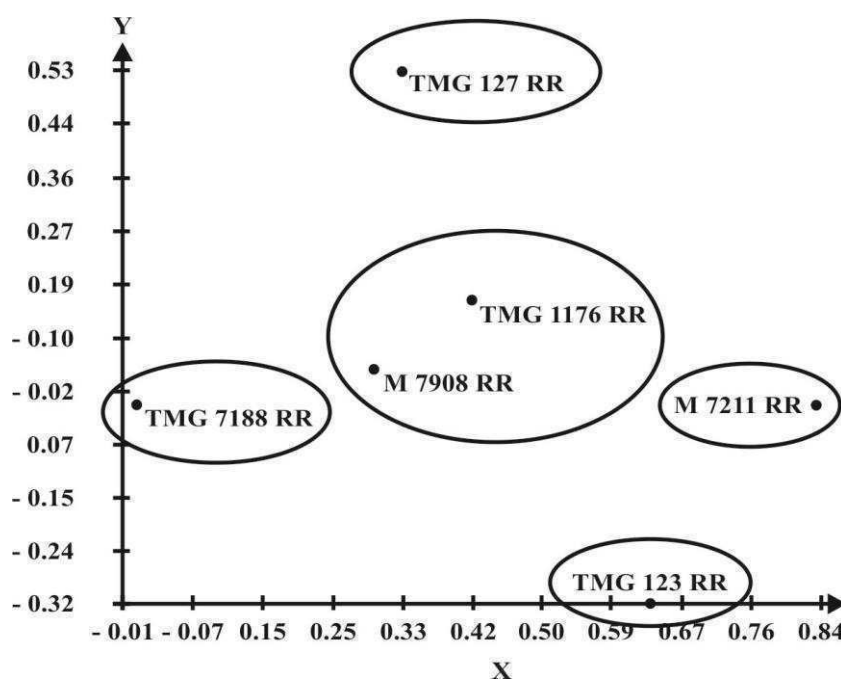


Figura 8. Dispersão gráfica das medidas de dissimilaridade entre os genótipos baseada nos marcadores moleculares.

Para esses 6 genótipos, observou-se que apenas 8 dos 16 marcadores poderiam ser utilizados para diferencia-los, sendo eles o Satt022, Satt274, Satt263, Satt335, Satt632, Satt463, Satt191 e Satt581. Pelos resultados desses marcadores, a mínima diferença foi entre as cultivares M 7211 RR e TMG 123 RR, sendo diferenciadas apenas pelo Satt632. Esse marcador está justamente ligado à resistência a nematoide de cisto da soja (SOYBASE, 2015), que a cultivar M 7211 RR não possui, enquanto a

TMG 123 RR possui resistência as raças 1 e 3. Por outro lado, as cultivares M 7211 RR e TMG 7188 RR apresentaram diferença por todos os oito marcadores. O resultados por esses marcadores está de acordo com a matriz de dissimilaridade, onde as cultivares M 7211 RR e TMG 123 RR tiveram distância de 0,210, enquanto que M 7211 RR e TMG 7188 RR foi de 0,842. Assim, esses marcadores podem ser considerados altamente informativos para esse grupo de genótipos. Em estudos realizados por Passianotto (2010), foi identificado no grupo de 23 marcadores microssatélites, seis capazes de discriminar um grupo de 48 cultivares de soja.

Apesar das características fenotípicas semelhantes, as duas cultivares de folha lanceolada em nenhum dos métodos de agrupamento formaram grupo, mesmo sendo utilizados alguns dos marcadores associados a QTL's para comprimento, largura e tipo de folíolo (Satt313, Satt022, Satt168, Satt571), no entanto, esses marcadores também estão associados a várias outros QTL's de importância agrônômica. Isso demonstra a importância da análise molecular como ferramenta de apoio ao melhoramento, pois muitas vezes plantas semelhantes fenotipicamente podem ser potenciais genitores.

Correlação entre medidas de dissimilaridade

O teste de Mantel mostrou haver correlações baixas entre os dados quantitativos e moleculares, o que mais uma vez reforça a necessidade de utilizar esses dois tipos de caracteres em uma análise de diversidade.

A correlação entre matriz de verão e inverno (Figura 9) foi de 0,50 (não significativa, $p=0.051$). Pela distância genética entre as cultivares, observa-se que a maior parte situaram-se na região de menor distância (baixa diversidade), enquanto que a cultivar 6 apresentou a maior distância em relação a todas as demais, o que determinou combinações de maior diversidade genética.

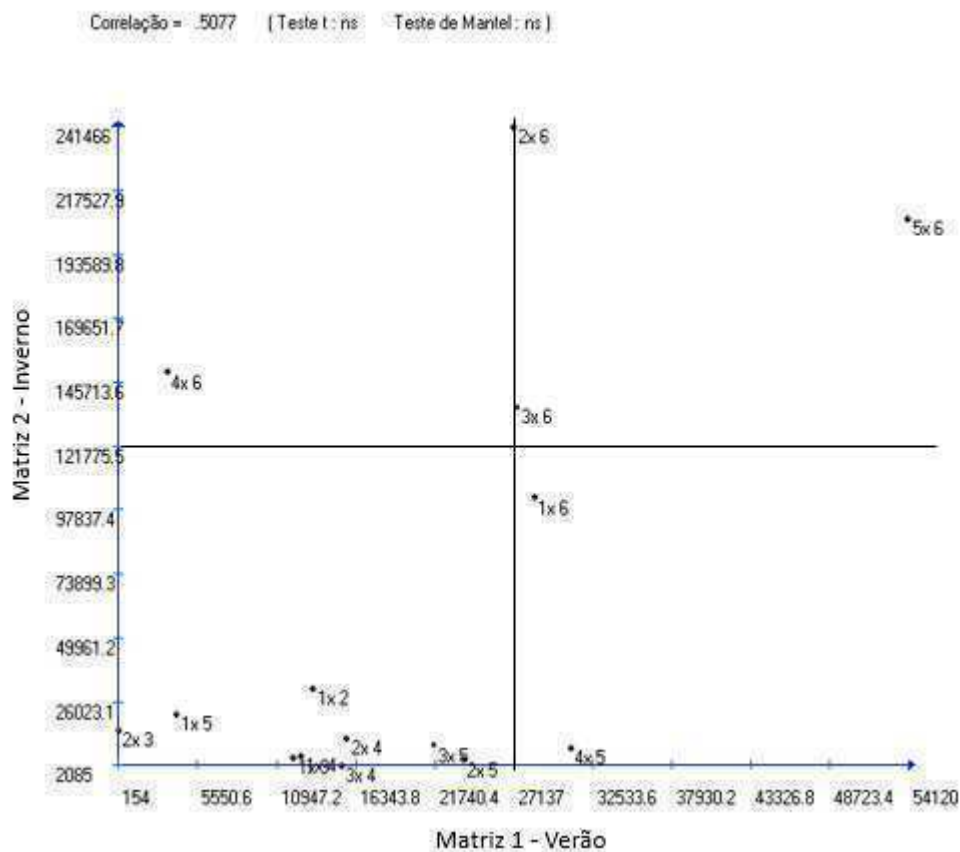


Figura 9. Correlação entre as medidas de dissimilaridade obtidas nas avaliações de verão e inverno entre cultivares de soja.
 1 = M 7211 RR; 2 = TMG 123 RR; 3 = TMG 1176 RR; 4 = M 7908 RR; 5 = TMG 127 RR; 6 = TMG 7188 RR.

A correlação entre as medidas de dissimilaridade obtidas dos dados de caracteres fenotípicos de verão e a matriz dos dados moleculares (Figura 10) foi relativamente baixa, com coeficiente de correlação de 0,42. Observa-se nessa correlação que, a maior parte das combinações das cultivares, foram explicadas principalmente pelos dados moleculares. Da mesma forma, a correlação entre dados de Inverno e moleculares (Figura 11) teve o mesmo comportamento, sendo que as combinações de 1x2 e 2x4 foram as que apresentaram menor diversidade em ambas as épocas pelos dados agromorfológicos e moleculares.

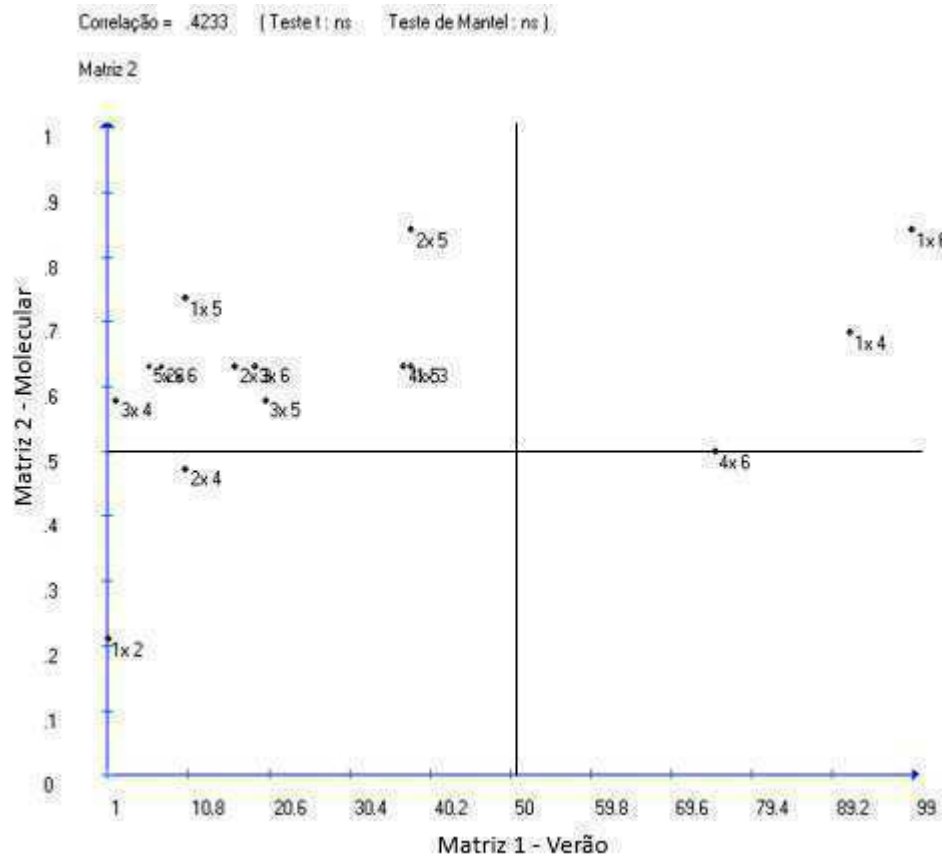


Figura 10. Correlação entre as medidas de dissimilaridade obtidas nas avaliações de verão e dados moleculares.

1 = M 7211 RR; 2 = TMG 123 RR; 3 = TMG 1176 RR; 4 = M 7908 RR; 5 = TMG 127 RR; 6 = TMG 7188 RR.

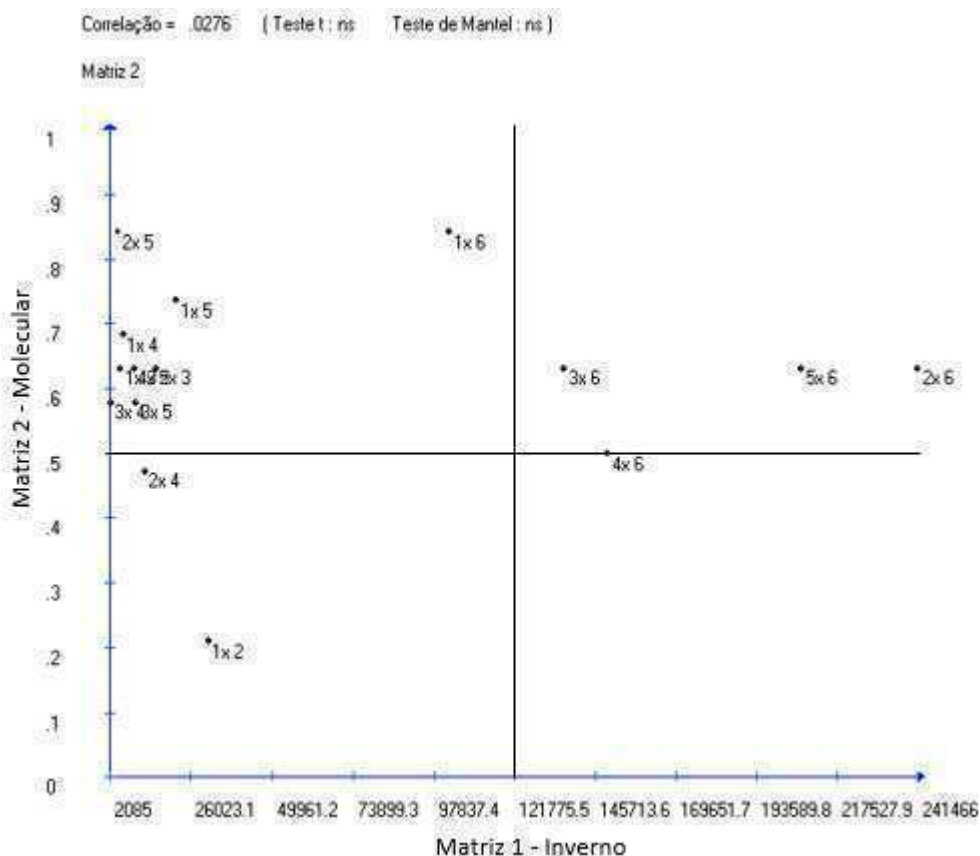


Figura 11. Correlação entre as medidas de dissimilaridade obtidas nas avaliações de inverno e dados moleculares.

1 = M 7211 RR; 2 = TMG 123 RR; 3 = TMG 1176 RR; 4 = M 7908 RR; 5 = TMG 127 RR; 6 = TMG 7188 RR.

De fato, observou-se maior correlação da matriz de dados moleculares com matriz oriunda das variáveis de verão. Através do teste de Mantel, foi possível ver claramente que há uma correlação de 0,42 e 0,02 com variáveis de verão e inverno, respectivamente. Isso reforça a maior confiabilidade nos dados obtidos na época de verão, a qual é adequada para a cultura da soja expressar seu potencial. Portanto, uma boa análise de diversidade em soja deve ser feita utilizando-se tanto marcadores microssatélites genômicos como agromorfológicos, para que se consiga acessar a diversidade da espécie de maneira mais adequada, tentando acessar a diversidade genética total

CONCLUSÕES

A dissimilaridade genética entre as cultivares a partir de caracteres agromorfológicos varia de acordo com a época de cultivo.

Por meio dos marcadores moleculares foi demonstrada variabilidade genética entre os genótipos estudados, com resultados diferentes dos agrupamentos formados a partir dos caracteres agrônômicos. Dessa forma, tanto os dados fenotípicos, quanto os moleculares, mostraram-se ferramentas informativas na caracterização da divergência existente entre as cultivares de soja.

REFERENCIAS

ALMEIDA, R. D.; PELUZIO, J. M. AFFÉRI, F. S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.108-115, 2011.

ARRIEL, N.H.C. **Diversidade genética em gergelim (*Sesamum indicum* L.) a partir de marcadores moleculares (RAPD) e caracteres morfológicos e agrônômicos**. 2004. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia-Genética e Melhoramento de Plantas) -

BERTINI, C. H. C. de M.; SCHUSTER, I.; SEDIYAMA, T.; BARROS, E.G. de; MOREIRA, M.A. Characterization and genetic diversity analysis of cotton cultivars using microsatellites. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, p.321-329, 2006.

BONATO, A. L. V.; CALVO, E.S.; GERALDI, I.O.; ARIAS, C.A.A. Genetic similarity among soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars released in Brazil using AFLP markers. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, p.692-704, 2006.

CREGAN, P. B.; JARVIK, T.; BUSH, A.L.; SHOEMAKER, R.C.; LARK, K.G.; KAHLER, A.L.; KAYA, N.; VANTOAI, T.T.; LOHNES, D.G.; CHUNG, L.; SPECHT, J.E. An integrated genetic linkage map of the soybean genome. **Crop Science**, v.39, p.1464-1590, 1999.

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

CRUZ C. D.; FERREIRA F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

DIAS, L. A., dos S. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A.C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos**. Viçosa: UFV, 1998. 574p.

DIWAN, N.; CREGAN, P.B.; Automated sizing fluorescent-labeled simple repeat marker to assay genetic variation in soybean. **Theoretical and applied genetics**. Berlin, v.95, n.5, p.723-731, 1997.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stage of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, (Special report 80), 1977, 11p.

LIU, M.; ZHANG, M.; JIANG, W.; SUN, G.; ZHAO, H.; HU, S. Genetic diversity of Shaanxi soybean landraces based on agronomic traits and SSR markers. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v.10, n.24, p.4823-4837, 2011.

MEYER, A. S. **Comparação de coeficientes de similaridade usados em análises de agrupamentos com dados de marcadores moleculares dominantes**. 2002. 106f. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

NELSON, R. L.; LI, Z. RAPD marker diversity among soybean and wild soybean accessions from four Chinese provinces. p. 164. **Agronomy Abstracts**, ASA, Madison, WI, 1998.

PASSIANOTTO, A.L.L. **Identificação molecular de cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill) utilizando um sistema semi-automatizado de genotipagem**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2010. 47p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento).

PELUZIO, J. M.; VAZ-DE-MELO, A.; AFFÉRI, F. S.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; NASCIMENTO, I. R.; FIDELIS, R. R. Variabilidade genética entre cultivares de soja, sob diferentes condições edafoclimáticas. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.2, n.3, p. 21-29, 2009

PRIOLLI, R. H. G.; MENDES-JUNIOR, C. T.; SOUSA, S. M. B.; SOUSA, N. E. A.; CONTEL, E. P. B. Diversidade genética da soja entre períodos e entre programas de melhoramento no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.10, p.967-975, 2004.

RIGON, J. P. G.; CAPUANI, S.; BRITO NETO, J. F.; ROSA, G. M.; WASTOWSKI, A. D.; RIGON, C. A. G. Dissimilaridade genética e análise de trilha de cultivares de soja avaliada por meio de descritores quantitativos. **Revista Ceres**, v.59, n.2, p.233-240, 2012.

RONGWEN, J.; AKKAYA, M. S.; LAVI, U.; CREGAN, P. B. The use of microsatellite DNA for soybean genotype identification. **Theoretical and applied genetics**, v.90, n.1, p.43-48, 1995.

SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CELLA, A. J. S.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v.58, p.755-764, 2011.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, v.41, p.237-245, 1981.

SINGH, S. P.; GUTIÉRREZ, J. A.; MOLINA, A.; URREA, C.; GEPTS, P. Genetic diversity in cultivated common beans: II. Markers based analysis of morphological and agronomic traits. Madison. **Crop Science**, v. 31, p.23-29, 1991.

SONG, Q. J.; QUICLEY, C. V.; NELSON, R. L.; CARTER, T. E.; BOERMA, H. R.; STRACHA, J. R.; CREGAN, P. B. A selected set of trinucleotide simple sequence repeat markers for soybean cultivar identification. **Plant varieties and seeds**, v.12, n.3, p.207-20, 1999.

SONG, Q.J.; MAREK, L.F.; SCHOEMAKER, R.C.; LARK, K.G.; CONCIBIDO, V.C.; DELANNAY, X.; SPECHT, J.E.; CREGAN, P.B. A new integrated genetic linkage map of the soybean. **Theoretical and Applied Genetic**, v.109, p.122-128, 2004.

SOYBASE. **SoyBase and the Soybean Breeder's Toolbox**. 2015. Disponível em: <<http://www.soybase.org/>> Acesso em: 19/03/2015.

VIEIRA, E. S. N.; SCHUSTER, I.; SILVA, R. B.; OLIVEIRA, M. A. R. Variabilidade genética em cultivares de soja determinada com marcadores microssatélites em gel de agarose, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1460-1466, 2009.

VILLELA, O. T. **Diversidade fenotípica e molecular de cultivares brasileiras de soja portadoras de gene RR**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 2013, 80f. (Dissertação – Mestrado em Agronomia)

CAPÍTULO 4

SELEÇÃO DE VAGENS F4 E SEU EFEITO NA GERAÇÃO F5 E ASSOCIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO PELA ANÁLISE DE TRILHA

RESUMO

No melhoramento da soja, várias características devem ser consideradas antes de se lançar uma cultivar. Dentre essas características, o número de grãos por vagem tem elevada influência, pois quanto maior sua média, aliada a um grande número total de vagens por planta, tende-se a elevar a produtividade. No entanto, é fundamental durante o melhoramento, o conhecimento do comportamento desse caráter no avanço de geração. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho analisar a influência da coleta de vagens com 1, 2 e 3 grãos em F4 para formação da geração seguinte e seu respectivo efeito nas frequências do número de grãos por vagem, bem como a associação dos componentes de rendimento pela análise de trilha. O experimento foi realizado em dois locais: casa de vegetação e campo na safra 2013/2014. Foram utilizadas duas linhagens F4 (L1 e L2) e uma cultivar (M 7908 RR). A escolha desses materiais baseou-se na frequência média de vagem com 1, 2 e 3 grãos que as mesmas possuíam. O experimento foi instalado em esquema fatorial 3 x 3, sendo três materiais genéticos (L1 – Linhagem 1, L2 – Linhagem 2 e M 7908 RR) e número de sementes por vagem (1, 2 e 3) oriundas de cada genótipo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados. As seguintes características foram avaliadas: número de vagens com uma semente, com duas sementes e com três sementes, número total de vagens/planta, número de grãos/planta, número de grãos/vagem, massa de 100 grãos e produtividade/planta. Independentemente do número de grãos (1, 2 ou 3) das vagens selecionadas em F4, a frequência do número de grãos nas vagens das plantas da geração seguinte não foi modificada. Nos dois ambientes estudados (Casa de vegetação e campo) as vagens com 2 e 3 grãos tiveram efeito direto e positivo na produtividade.

Palavras chave: correlação, número de grãos por vagem, avanço de geração.

ABSTRACT

In soybean breeding, several traits should be considered before launching a new improved variety. Among these traits, the number of seeds/pod has high influence, because the higher the average combined with a large total number of pods per plant, it tends to raise productivity. However, it is essential during the plant breeding the knowledge of the behavior of this trait in the generation advancement. Thus, the aim of this work was to analyze the influence of pods collection with 1, 2 and 3 seeds in F4 to formation of the next generation and their respective effect on the frequency of the number of seeds per pod, as well the association of the yield components by path analysis. The experiment was conducted at two locations: greenhouse and field in the 2013/2014 crop season. Two F4 lines were used (L1 and L2) and a cultivar (M 7908 RR). The choice of these materials was based on the average frequency of pod with 1, 2 and 3 seeds that had the genotypes. The experiment was conducted in a factorial 3 x 3, being three genetic materials (L1 - Line 1, L2 - Line 2 and M 7908 RR) and number of seeds per pod (1, 2 and 3) coming from each genotype. The experimental design was a completely randomized block. The following traits were evaluated: number of pods with one seed, with two seeds and three seeds, total number of pods/plant, number of seeds/plant, number of seeds/pod, 100-seed weight and seed yield/plant. Regardless of the number of seeds (1, 2 or 3) of the selected pods in F4, the frequency of the number of seeds in the pods of the next generation plants was not modified. In both environments studied (greenhouse and field) the pods with 2 and 3 seeds had a direct and positive effect on seed yield.

Key-words: correlation, number of seeds per pod, generation advancement.

INTRODUÇÃO

Nos programas de melhoramento de soja no Brasil, objetiva-se a criação de novos cultivares, levando-se em consideração principalmente a adaptação quanto ao ciclo do cultivar, hábito e tipo de crescimento, período juvenil para indução floral, altura da planta e da inserção da primeira vagem, acamamento das plantas, deiscência de vagens, qualidade da semente, fertilidade do solo, semeadura em épocas não convencionais, resistência aos insetos-praga, resistência a doenças, teor e qualidade de

óleo, teor e qualidade de proteína, sabor, tolerância a herbicidas, tipo vegetal e produtividade (SEDIYAMA et al., 1999).

Como o objetivo final é aumentar a produtividade, é importante o conhecimento dos caracteres que mais influenciam. Vários trabalhos demonstraram que o número de vagens é o componente que mais influencia diretamente a produtividade da soja (BOARD et al., 1997; PANDINI et al. 2003), uma vez que apresenta as maiores correlações com a produção de grãos e vagens com 1, 2 e 3 grãos podem influenciar no tamanho das sementes que serão produzidas e conseqüentemente a produtividade. No entanto, o número de grãos por vagem pode variar dependendo da cultivar. Dessa forma, ao aumentar o número de vagens por planta é interessante que essas vagens tenham um maior número de grãos.

Nesse sentido, é fundamental a adoção de estratégias de melhoramento que aumentem e mantenham maior número de grãos por vagem. Entre os métodos de melhoramento, um dos mais utilizados na cultura da soja é o SPD (Single pod descentent), descendente de uma única vagem. Nesse método, de cada planta da geração F2 é colhida uma vagem, cujas sementes serão semeadas para formação da próxima geração, mantendo dessa forma um representante de cada planta F2 até a homozigose.

Sabe-se que as plantas que apresentam muitas vagens com 3 grãos, tendem a ser mais produtivas. Assim, uma vagem coletada com determinado número de grãos de uma planta poderia influenciar a frequência do mesmo número de grãos nas vagens da planta da geração seguinte. Desse modo, tornar-se-ia importante a colheita de vagens somente com 3 grãos para formação da nova geração.

Em relação a correlação, por ser apenas uma medida de associação, não permite conclusões sobre causa e efeito, não possibilitando inferências sobre o tipo de associação que governa um par de caracteres. Para superação dessa limitação, WRIGHT (1921) desenvolveu um método que permite uma partição dos coeficientes de correlações tanto em efeitos diretos quanto indiretos (coeficiente de trilha). Deste modo, um coeficiente de trilha ou análise de causa e efeito pode ser definido como um coeficiente de regressão estandardizado ou padronizado, sendo que a análise de trilha é composta por uma expansão da regressão múltipla quando estão envolvidas interrelações complexas (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Esse conhecimento dos graus de associação entre caracteres possibilita identificar variáveis que possam ser utilizadas na seleção indireta sobre outra variável,

como a produtividade, principalmente quando a herdabilidade do caráter principal é baixa (IQBAL et al. 2003; COSTA et al., 2004). O desdobramento das correlações entre as variáveis, em efeitos diretos e indiretos, por meio da análise de trilha, mede, independentemente de outras variáveis, a influência direta de um caráter sobre outro, seguindo o diagnóstico da multicolinearidade entre as variáveis explicativas e as independentes (CRUZ et al., 2004). Desta forma, os resultados permitem identificar critérios de seleção para a produtividade da soja, como averiguado por BIZETI et al. (2004), COSTA et al. (2004), ARSHAD et al. (2006), ALCÂNTARA NETO et al. (2011) e SANTOS et al. (2011).

Diante dessas observações, objetivou-se com esse trabalho analisar a influência da coleta de vagens com 1, 2 e 3 grãos para formação da geração seguinte e seu respectivo efeito nas frequências do número de grãos por vagem, bem como a associação dos componentes de rendimento pela análise de trilha.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em dois locais: casa de vegetação e campo na safra 2013/2014. Foram utilizadas duas linhagens F4 e uma cultivar (M 7908 RR). A escolha desses materiais baseou-se na frequência média de vagem com 1, 2 e 3 grãos que as mesmas possuíam. A cultivar M 7908 RR foi usada como testemunha em comparação com as linhagens 1 e 2.

O experimento foi instalado em esquema fatorial 3 x 3, sendo três materiais genéticos (L1 – Linhagem 1, L2 – Linhagem 2 e M 7908 RR) e número de sementes por vagem (1, 2 e 3) oriundas de cada genótipo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados. Em casa de vegetação foram conduzidas 12 plantas (uma planta/vaso) de cada tratamento. No campo, no mesmo período foram semeadas parcelas com 3 linhas de 1,5m com espaçamento de 0,70m entre linhas. Para a avaliação, na casa de vegetação todas as 12 plantas foram avaliadas e no campo foram colhidas 12 plantas da linha central da parcela. Cada 3 plantas geraram uma média, finalizando 4 repetições por tratamento.

As seguintes características foram avaliadas: número de vagens com uma semente, com duas sementes e com três sementes, número total de vagens/planta, número de grãos/planta, número de grãos/vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos/planta.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey. O teste de Qui-quadrado foi utilizado para verificar se houve diferença nos valores obtidos a partir dos diferentes números de grãos por vagem de cada genótipo. Pelas variâncias e covariâncias fenotípicas obtidas pela ANOVA, gerou-se a matriz de correlação entre os caracteres. Realizou-se a análise de trilha, considerando a variável principal (produtividade/ planta) em função dos componentes de rendimento. As análises foram realizadas no programa Genes (CRUZ, 2013), sendo que para a análise de trilha os valores dos componentes de rendimento foram transformados para a escala logarítmica, devido à existência de inter-relação entre elas, em razão do efeito multiplicativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se que tanto em casa de vegetação, quanto no campo houve diferença significativa entre os genótipos para as características vagens com 1, 2, 3 grãos e número total de grãos/planta. Esse resultado é esperado, já que o número médio de vagens com 1, 2 e 3 sementes, bem como os outros componentes de produção variam de acordo com a cultivar. Em muitos casos, há uma diferença muito considerável nesses componentes, no entanto a produtividade pode ser a mesma devido ao efeito compensatório da planta.

Em relação ao fator número de grãos/vagem, não houve diferença significativa no número dos mesmos na geração seguinte, ou seja, independente se a semente é originada de uma vagem com 1, 2 ou 3 sementes de determinado genótipo, a média de produção de vagens com 1, 2 e 3 sementes na geração seguinte foi a mesma. Esse resultado pode ser melhor observado na Tabela 2 onde encontra-se a quantidade de vagens produzidas a partir de cada vagem selecionada com 1, 2 e 3 grãos. Pelo Teste Qui-quadrado (Tabela 2) não detectou-se significância para nenhum dos genótipos, independente da vagem que a semente era oriunda.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para número de vagens com uma semente (VG 1G), número de vagens com duas sementes (VG 2G), número de vagens com três sementes (VG 3G) e número total de vagens por planta (VG/PL).

FV	GL	VG 1G	VG 2G	VG 3G	VG/PL
Quadrados Médios					
Casa de vegetação					
Bloco	3	12,21	5,13	0,26	30,18
GEN	2	313,28**	1023,95**	1,736,79**	2961,5**
NGVG	2	14,33 ns	2,97 ns	34,56 ns	4,35 ns
GEN X NGVG	4	11,35 ns	17,28 ns	29,87 ns	43,06 ns
Resíduo	24	7,29	22,10	23,64	87,03
Média geral		8,81	28,69	23,94	61,61
CV(%)		30,65	16,38	20,30	15,14
Campo					
Bloco	3	4,00	135,02	58,35	320,0
GEN	2	413,90**	2078,2**	1354,70**	10599,0**
NGVG	2	22,76 ns	75,90 ns	81,65 ns	436,66 ns
GEN X NGVG	4	10,52 ns	29,12 ns	88,33 ns	274,18 ns
Resíduo	24	12,72	116,32	71,12	392,84
Média geral		10,26	28,97	27,51	66,94
CV(%)		34,73	37,23	30,65	29,61

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo.

NGVG = Número de grãos por vagem; GEN = Genótipo.

Tabela 2. Número de vagens de 1, 2 e 3 grãos da linhagem 1 (L1), linhagem 2 (L2) e M 7908 RR e resultado da análise de Qui-quadrado.

Genótipos	Origem	Quantidade produzida			GL	Teste χ^2
		VG 1G	VG 2G	VG 3G		
L1	VG 1G	15,50	35,92	20,00	4	2,38 ns
	VG 2G	16,75	40,33	14,08		
	VG 3G	11,17	37,83	18,50		
L2	VG 1G	4,67	30,33	35,08	4	0,52 ns
	VG 2G	4,26	26,73	36,48		
	VG 3G	4,67	28,42	41,92		
M 7908 RR	VG 1G	8,33	18,33	15,29	4	0,33 ns
	VG 2G	7,17	20,50	17,08		
	VG 3G	6,83	19,83	17,08		

ns = Não significativo.

Para os outros componentes de produção, também apenas houve diferença significativa entre os genótipos, tanto em casa de vegetação, como no campo (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de grãos por planta (GR/PL), número de grãos por vagem (GR/VG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos por planta (PROD).

FV	GL	GR/PL	GR/VG	M100	PROD (g)
Quadrados Médios					
Casa de vegetação					
Bloco	3	66,00	0,004	2,48	6,12
GEN	2	19787,4**	0,601**	97,98**	84,53**
NGVG	2	198,16 ns	0,012 ns	1,61 ns	0,75 ns
GEN X NGVG	4	232,78 ns	0,012 ns	1,17 ns	1,16 ns
Resíduo	24	478,68	0,005	1,34	8,13
Média geral		138,66	2,25	15,40	20,22
CV(%)		15,78	3,36	7,53	14,40
Campo					
Bloco	3	1932,8	0,008	0,204	35,21
GEN	2	49711,34**	0,035*	47,91**	651,73**
NGVG	2	2206,11 ns	0,35 ns	0,89 ns	31,86 ns
GEN X NGVG	4	1642,34 ns	1,11 ns	1,93 ns	25,22 ns
Resíduo	24	2057,24	0,008	3,97	25,91
Média geral		151,5	2,28	14,79	21,12
CV(%)		29,94	4,09	13,47	24,09

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

ns = Não significativo.

NGVG = Número de grãos por vagem; GEN = Genótipo.

Pelo teste de médias (Tabela 4), observou-se que o número de vagens com 1 grão foi maior na linhagem 1 (L1) na casa de vegetação, enquanto que no campo não houve diferença significativa entre L1 e Linhagem 2 (L2). O mesmo comportamento aconteceu com o número de vagens com 2 grãos. Em relação a 3 grãos por vagem, a L2 produziu maior quantidade em casa de vegetação e no campo ambas, L1 e L2 foram superiores. Na somatória final do número total de vagens por planta observa-se que, tanto em casa de vegetação quanto em campo, as linhagens 1 e 2 produziram um número significativamente maior de vagens em relação a M 7908 RR. Apesar disso, a produtividade dependerá ainda da massa de grãos de cada genótipo.

Tabela 4. Médias do número de vagens com 1 grão (VG1G), 2 grãos (VG2G), 3 grãos (VG3G) e número de vagens/planta em três genótipos de soja em casa de vegetação e campo.

GENÓTIPOS	VG 1G	VG 2G	VG 3G	VG/PL
Casa de vegetação				
L1	14,47 A	38,02 A	17,52 B	70,02 A
L2	4,53 C	28,49 B	37,82 A	71,31 A
M7908 RR	7,44 B	19,55 C	16,48 B	43,48 B
Campo				
L1	15,27 A	39,33 A	36,47 A	91,08 A
L2	11,72 A	33,41 A	30,30 A	75,99 A
M7908 RR	3,80 B	14,16 B	15,77 B	33,75 B

¹Médias seguidas de letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Dependendo da quantidade de vagens com 1, 2 e 3 grãos, obtém-se o número final de grãos por planta, assim, procura-se que as plantas tenham maior número de vagens com 3 grãos, e atualmente alguns genótipos já apresentam uma certa frequência de 4 grãos por vagem. Assim, observou-se que a L2 produziu maior número de grãos por planta na casa de vegetação e no campo L1 e L2 não diferiram (Tabela 5). Como a cultivar M 7908 RR produziu menor quantidade de vagens com 3 grãos o seu número total de grãos foi menor nos dois ambientes. Em relação à média do número de grãos/vagem também houve diferença entre os ambientes, sendo que em casa de vegetação a L2 foi maior e em campo houve pouca variação entre os genótipos.

O último componente importante na formação da produtividade é a massa de grãos. O ideal seria uma planta com muitas vagens com 3 grãos, e que esses grãos fossem grandes. No entanto, não é fácil reunir essas características em um único genótipo, pois a soja possui um efeito compensatório, ou seja, quanto mais se aumenta o número de grãos por vagens, se diminui a massa de grãos e vice e versa. Assim, observa-se que a L2 que produziu maior número de grãos em casa de vegetação apresentou menor massa, bem como no campo, tanto para L1 como para L2. Ao contrário, a cultivar M 79078 RR que produziu número de grãos significativamente menores, produziu grãos com maior massa. Diante disso, cabe ao melhorista a observação de componentes como um todo para a obtenção de maiores produtividades.

A produtividade dos genótipos estudados na casa de vegetação foi

significativamente maior nas linhagens 1 e 2 em relação a M 7908 RR, enquanto que no campo verificou-se a seguinte ordem: L1 > L2 > M 7908 RR.

Tabela 5. Médias do número de grãos/planta (GR/PL), número de grãos/vagem (GR/VG), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) em três genótipos de soja em casa de vegetação e campo.

GENÓTIPOS	GR/PL	GR/VG	M100	PROD
Casa de vegetação				
L1	143,11 b	2,04 c	15,23 b	21,54 a
L2	176,86 a	2,49 a	12,63 c	21,96 a
M7908 RR	96,01 c	2,21 b	18,34 a	17,17 b
Campo				
L1	203,36 a	2,24 b	14,23 b	28,23 a
L2	171,69 a	2,25 ab	13,14 b	21,63 b
M7908 RR	79,47 b	2,34 a	17,01 a	13,52 c

¹Médias seguidas de letra minúscula, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Na Tabela 6 estão apresentados os efeitos diretos e indiretos dos componentes de produção sobre a produtividade de grãos. Os coeficientes de determinação (R^2) no modelo da análise de trilha foram superiores a 0,95 com efeitos residuais baixos. Assim, o modelo explicativo adotado expressou a relação causa e efeito entre os componentes de produção e a produtividade de grãos.

Os maiores valores de efeitos diretos positivos dos componentes sobre a produtividade foram observados para VG 2G, VG3G e M100 em casa de vegetação, enquanto que no campo VG2G, VG3G, NTVG, NTGPL e M100 apresentaram efeitos diretos semelhantes na produtividade, ou seja no campo a formação da produtividade foi dependente de vários componentes. Efeitos direto negativo foi observado apenas para NGVG no campo, porém esse efeito foi baixo. A maior diferença do efeito direto entre os locais foi na Massa de 100 grãos, sendo muito maior em casa de vegetação (0,48) que no campo (0,18).

Tabela 6. Estimativa dos efeitos diretos e indiretos dos componentes de rendimento: Vagens com 1 grão (VG1G), vagens com 2 grãos (VG2G), vagens com 3 grãos (VG3G), número total de vagens/planta (NTVG), número total de grãos/planta (NTGR), número de grãos/vagem (NGVG) e Massa de 100 grãos (M100) na produtividade de grãos/planta (PROD) em três genótipos em casa de vegetação e campo.

Variáveis	Casa de vegetação	Campo
VG1G		
Efeito direto sobre a PROD	0,1104	0,1396
Efeito indireto via VG2G	0,0948	0,1267
Efeito indireto via VG3G	-0,0185	0,092
Efeito indireto via NTVG	0,1086	0,0932
Efeito indireto via NTGR	0,0644	0,0754
Efeito indireto via NGVG	-0,1355	0,0966
Efeito indireto via M100	-0,1375	0,0766
TOTAL	0,0922	0,7079
VG2G		
Efeito direto sobre a PROD	0,3036	0,1838
Efeito indireto via VG1G	0,0344	0,0962
Efeito indireto via VG3G	0,2071	0,1709
Efeito indireto via NTVG	0,2235	0,1672
Efeito indireto via NTGR	0,2352	0,1599
Efeito indireto via NGVG	-0,0244	0,0391
Efeito indireto via M100	-0,2507	0,1722
TOTAL	0,7444	0,9997
VG3G		
Efeito direto sobre a PROD	0,3156	0,1746
Efeito indireto via VG1G	-0,0065	0,0736
Efeito indireto via VG2G	0,1993	0,1800
Efeito indireto via NTVG	0,1906	0,1699
Efeito indireto via NTGR	0,2373	0,1664
Efeito indireto via NGVG	0,0653	0,0187
Efeito indireto via M100	-0,166	0,1805
TOTAL	0,8518	0,9734
NTVG		
Efeito direto sobre a PROD	0,2453	0,1700
Efeito indireto via VG1G	0,0488	0,0766
Efeito indireto via VG2G	0,2767	0,1809
Efeito indireto via VG3G	0,2452	0,1746
Efeito indireto via NTGR	0,2603	0,1659
Efeito indireto via NGVG	-0,0212	0,0213
Efeito indireto via M100	-0,2728	0,1798
TOTAL	0,7948	0,9789
NTGRPL		
Efeito direto sobre a PROD	0,2684	0,1670
Efeito indireto via VG1G	0,0265	0,0630

Efeito indireto via VG2G	0,2661	0,1761
Efeito indireto via VG3G	0,2791	0,1740
Efeito indireto via NTVG	0,2379	0,1689
Efeito indireto via NGVG	0,0193	0,0098
Efeito indireto via M100	-0,2481	0,1817
TOTAL	0,8627	0,9499
NGVG		
Efeito direto sobre a PROD	0,1725	-0,1037
Efeito indireto via VG1G	-0,0867	-0,1300
Efeito indireto via VG2G	-0,0430	-0,0693
Efeito indireto via VG3G	0,1195	-0,0315
Efeito indireto via NTVG	-0,0302	-0,0349
Efeito indireto via NTGR	0,0300	-0,0158
Efeito indireto via M100	0,0716	-0,0110
TOTAL	0,2419	-0,401
M100		
Efeito direto sobre a PROD	0,4834	0,1818
Efeito indireto via VG1G	-0,0314	0,0588
Efeito indireto via VG2G	-0,1575	0,1742
Efeito indireto via VG3G	-0,1084	0,1734
Efeito indireto via NTVG	-0,1384	0,1682
Efeito indireto via NTGR	-0,1377	0,1669
Efeito indireto via NGVG	0,0255	0,0063
TOTAL	0,0402	0,9388
Efeito residual	0,2144	0,0920
R²	0,9539	0,9901

Perini et al. (2012) trabalharam com cultivares de tipo de crescimento determinado e indeterminado e concluíram que independentemente do tipo de crescimento, o número de grãos por planta está diretamente relacionado com a máxima produtividade em soja.

As correlações foram altamente positivas para todas as variáveis, tanto no campo, como em casa de vegetação, exceto para NGVG, com 0,24 e -0,40, respectivamente. O fato da alteração de correlações entre os mesmos caracteres entre locais sugere que a seleção de plantas com base em caracteres de ciclo e/ou planta com produtividade de grãos somente resultará em algum ganho se for realizada no local e época de semeadura no local de adaptação do genótipo (NOGUEIRA et al., 2012).

Em relação efeito das variáveis relacionadas as vagens com diferentes número de grãos, em casa de vegetação vagens com 2 e 3 grãos contribuíram mais na produtividade, enquanto que em casa de vegetação esse efeito direto foi menor, devido maior efeitos indiretos de outras variáveis sobre esse componente.

Carpentieri-pípolo et al (2010) trabalhando com correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja, observaram que para os valores de produtividade dos genótipos, os maiores rendimentos foram observados nos genótipos com maiores valores de NV2G e não às plantas que apresentassem maiores valores de NTVP ou àquelas que apresentassem maiores valores de NV3G.

Para fins de melhoramento é importante identificar entre os caracteres de alta correlação com caráter principal e de maior efeito direto em sentido favorável à seleção, de tal modo que a resposta correlacionada por meio da seleção indireta seja eficiente (CRUZ et al., 2004).

CONCLUSÕES

Independentemente do número de grãos (1, 2 ou 3) das vagens selecionadas em F4, a frequência do número de grãos nas vagens das plantas da geração seguinte não é modificada.

Nos dois ambientes estudados (Casa de vegetação e campo) as vagens com 2 e 3 grãos tiveram efeito direto e positivo na produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA NETO F.; GRAVINA, G. A.; MONTEIRO, M. M. S.; ORAIS, F. B.; PETTER, F. A.; ALBUQUERQUE J. A. A. Análise de trilha do rendimento de grãos de soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia. **Comunicata Scientiae**, v.2, p.107-112, 2011.

ARSHAD, M.; ALI, N.; GHAFOOR, A. Character correlation and path coefficient in soybean (*Gycine max* Merrill). **Pakistan Journal of Botany**, v.38, p.121-130, 2006.

BIZETI, H. S.; CARVALHO, C. G. P.; SOUZA, J. R. P.; DESTRO, D. Path analysis under multicollinearity in soybean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, p.669-676, 2004.

BOARD, J. E.; KANG, M. S.; HARVILLE, B.G. Path analysis identify indirect selection criteria for yield of late planted soybean. **Crop Science**, v.37, n.3, p.879-884, 1997.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L. F.; PÍPOLO, A. E. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p. 11-16, 2005.

COSTA, M. M.; MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1095-1102, 2004.

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

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2003. 585p.

IQBAL, M.; CHANG, M. A.; IQBAL, M. Z. Correlation and path coefficient analysis of earliness and agronomic characters of upland cotton in Multan. **Pakistan Journal of Agronomy**, v.2, p.160-168, 2003.

NOGUEIRA, A. P.; SEDIYAMA, T.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, O. T.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, D. G.; MATSUO, E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.877-888, 2012.

PANDINI, F. VELLO, N. A.; LOPES, A. C. de A Heterose em soja para componentes da produtividade de grãos e caracteres associados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: CBMP, 2003. p. 758-762.

PERINI, L. J.; FONSECA JÚNIOR, A. S.; DESTRO, D.; PRETE, C.A.C. Componentes da produção em cultivares de soja com crescimento determinado e indeterminado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p.2531-2544, 2012.

SANTOS, E. R.; BARROS, H. B.; FERRAZ, E. C.; CAPONE, A.; SANTOS, A. F.; FIDELIS, R. R. Divergência entre genótipos de soja, cultivados em várzea irrigada. **Revista Ceres**, v.58, p.755-764, 2011.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.478-533.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.20, p.557-585. 1921.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário atual da sojicultura brasileira, não pode-se mais tolerar, mesmo pequenas perdas na produtividade da cultura, pois o custo de produção é cada vez maior. Dessa forma, a desfolha tanto por pragas ou doenças deve ser monitorada e minimizada com um manejo adequado a partir dos primeiros estágios da cultura.

A diversidade das cultivares de soja é de fundamental importância num país como o Brasil, com latitudes variando de 0 a 30°, pois o alcance de elevadas produtividades depende do posicionamento correto da cultivar, de acordo com as características mais adequadas para a região.