

RENATA OLIVEIRA BATISTA

**DIVERSIDADE GENÉTICA DE LINHAGENS ELITES DE SOJA
QUANTO A RESISTÊNCIA A DOENÇAS**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

B333d
2012

Batista, Renata Oliveira, 1986-

Diversidade genética de linhagens elites de soja quanto a
resistência à doenças / Renata Oliveira Batista. – Viçosa, MG,
2012.

xiii, 100f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Tuneo Sedyama.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 74-100

1. Soja - Melhoramento genético. 2. Diversidade genética.
 3. Soja - Resistência à doenças e pragas.
 4. *Cercospora sojina*. 5. *Erysiphe diffusa*.
 6. *Heterodera glycines*. 7. *Meloidogyne incognita*.
 8. *Meloidogyne javanica*. I. Universidade Federal de Viçosa.
- II. Título.

CDD 22. ed. 633.3423

RENATA OLIVEIRA BATISTA

**DIVERSIDADE GENÉTICA DE LINHAGENS ELITES DE SOJA
QUANTO A RESISTÊNCIA A DOENÇAS**

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

APROVADA: 17 de fevereiro de 2012.

Cosme Damião Cruz
(Coorientador)

Alexandre Sandri Capucho

Tuneo Sedyama
(Orientador)

Aos meus pais, minha fortaleza e refúgio.

Aos amigos, conforto, apoio e alegria.

Ao Alessandro, pelo carinho e amor.

A Deus, por tê-los colocado em meu caminho,

Dedico.

O Desafio da Montanha

Olhe para o alto e veja sua montanha, a montanha que está aí, dentro de você. São imensos os desafios: o medo da solidão, a desconfiança, os conflitos, a dúvida, o desconhecido, a insegurança, o compromisso, as tempestades que surgem no horizonte. Mas em você, bem dentro de você, há forças poderosas que precisam ser despertadas, canalizadas. Está o divino em forma de entusiasmo, está o humano em forma de ousadia, está a esperança feita de entusiasmo e ousadia. Olhe para o alto e ouse ser aquilo que você deseja ser. Olhe para o alto e ouse ser alguém maior do que já foi até agora. Olhe para o alto e ouse ter grandes esperanças, acreditando poder transformar utopia em sonhos e sonhos em realidade. Olhe para o alto e ouse fazer cada desafio um motivo para reforçar em si o espírito de luta, garra e determinação de vencer. Por isso, avance, esforce-se o máximo que puder e, quando chegar ao topo, olhe para baixo, e sentirá a satisfação de ter a montanha a seus pés. Terá o prazer supremo da conquista e, no coração, terá a alegria imensa de saber que outros o seguirão para escalar outras montanhas.

Firmino Biazus

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha força e vitória, paz e conforto! Por ser meu refúgio nas horas difíceis permitindo que o sonho de ser mestre se concretizasse.

Aos meus pais, Moacir e Isabel, pelo amor e carinho constantes e por acreditarem em mim mais do que eu mesma. Ao meu irmão Daniel pelo apoio, carinho e preocupação e à minha irmã Adriana pela atenção e pelo meu afilhado Christian, meu anjinho!

Aos melhores amigos Bia, Samuel, Sarah, Gislene, Sieny e Laura pela longa amizade e apoio, se fazendo presentes em gestos de carinho e entenderem minha ausência de mestranda ao longo desses meses.

Aos melhores amigos de Viçosa que proporcionaram mais alegria a essa árdua caminhada, sempre me acalmando, apoiando, vivendo minhas aflições e enxugando minhas lágrimas: Hellen, Rusthon, Moryb, Diego, Telma e Andiará. Obrigada! O que teria sido de mim sem vocês, anjos da guarda!!!

Aos amigos da Soja: Francisco, Amilton, Éder e Marcos pela ajuda, apoio e amizade; em especial ao Alberto pela paciência ao me ensinar as análises estatísticas. Muito Obrigada!!!

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do mestrado e deste trabalho, em especial à secretária Tatiane, pela educação, alegria e carinho! E também à Rafa pela atenção e alegria contagiante!

À Capes, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Tuneo, exemplo de serenidade e discernimento, humildade e compreensão. Pelos conhecimentos compartilhados ao longo do curso, paciência, sabedoria, exemplo de vida e compromisso com a pesquisa e principalmente por acreditar em mim.

Ao Professor Borém, pela simplicidade e humildade, incentivo, bom humor e entusiasmo contagiante ao ensinar e sanar minhas dúvidas.

Ao Professor Cosme pela paciência com que sempre me recebeu! Obrigada pelos ensinamentos nas análises estatísticas e pela alegria e simplicidade em transmitir seus conhecimentos!

Ao Professor José Eustáquio pela ajuda, incentivo e paciência.

Ao Pós-Doutorando Robson pelos conselhos e sugestões neste trabalho.

Ao Pós-Doutorando Alexandre Capucho, pelas sugestões imprescindíveis para o bom entendimento deste trabalho; pela sua dedicação incomparável em corrigir a dissertação, atenção, humildade e amizade! Obrigada!

À Pesquisadora Rita de Cássia pela amizade, paciência em ensinar, carinho e atenção durante a realização dos experimentos.

Ao Henrique e Uéder do Laboratório de Proteção de Plantas pelas explicações, disponibilidade, paciência e brincadeiras.

Ao Rusthon, pessoa Rústica de Coração Cortez, pelo incentivo em defender o mestrado em 1 ano e 6 meses, me mostrando que sou capaz com seu jeito “peculiar” e por ter acreditado em mim!

Às amigas-irmãs do coração: Lady Kelly (Neidiquele) e Pri, pelo carinho, atenção, apoio e paciência com minhas crises de choros e de risos! Em especial à Lady Kelly que agora, mesmo longe, será sempre irmã.

Aos amigos da Fitotecnia, Fisiologia, Fitopatologia e Genética pela atenção, carinho, apoio e contribuírem para meu aprendizado, enriquecimento profissional e pessoal: Marcelo, Franklin, Kelem, Thaís Roseli, Thaís Santiago, Lahyre, André Júlio, Camilla, Isabel, Fernandinha, Lucilene, Hugo e Felipe. Obrigada por tudo!

Aos professores da Fitotecnia pelo compromisso, dedicação, amizade e ensinamentos, em especial aos professores João Carlos Galvão e Eduardo Fontes Araújo.

Ao Professor Leonardo Bhering que, mesmo sem participar do trabalho, teve muita paciência e boa vontade em ensinar e sanar minhas dúvidas estatísticas.

Aos funcionários do programa soja: Bernardino, Paulo Daniel, Paulo Paiva, Custódio e em especial ao Cupertino pela ajuda, aprendizagem, amizade e paciência em me ensinar seu jeito de trabalhar.

Aos estagiários que tanto contribuíram para a realização deste trabalho: Luiz Renato, Lucas e Bruno; pelo compromisso que sempre evidenciaram nos experimentos, apoio, ajuda, paciência, brincadeiras e risos em meio ao trabalho.

Aos meus amigos e familiares pelas orações e torcida! Obrigada!

Ao Francisco, Moryb e Hellen pela ajuda nas referências!

Ao meu namorado Alessandro pelo apoio, incentivo, atenção, amor, companheirismo, carinho e ajuda nas “dúvidas fitopatológicas”.

BIOGRAFIA

RENATA OLIVEIRA BATISTA, filha de Moacir Antônio Batista e Isabel de Oliveira Batista, nasceu em 15 de junho de 1986, em Unaí, Minas Gerais.

Em julho de 2010, graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Montes Claros, Campus Janaúba, MG.

Em agosto de 2010, ingressou no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Soja.....	3
2.1.1 Histórico	3
2.1.2 Importância Econômica.....	4
2.2 Doenças da Cultura da Soja	5
2.2.1 Mancha olho-de-rã – <i>Cercospora sojina</i> Hara.....	5
2.2.1.1 Importância Econômica	5
2.2.1.2 Sintomas	5
2.2.1.3 Etiologia.....	6
2.2.1.4 Manejo da doença.....	7
2.2.1.5 Herança da Resistência	8
2.2.2 Oídio – <i>Erysiphe diffusa</i> Cooke & Peck.....	9
2.2.2.1 Importância Econômica	9
2.2.2.2 Sintomas	10
2.2.2.3 Etiologia.....	10
2.2.2.4 Manejo da doença.....	11
2.2.2.5 Herança da Resistência	11
2.2.3 Nematóide de Cisto – <i>Heterodera glycines Ichinohe</i>	12
2.2.3.1 Importância Econômica	12
2.2.3.2 Biologia e ciclo de vida	13
2.2.3.3 Epidemiologia e Sintomas	14
2.2.3.4 Manejo do nematóide	15
2.2.3.5 Herança da Resistência	17
2.2.4 Nematóide das Galhas – <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i>	18
2.2.4.1 Importância Econômica	18
2.2.4.2 Biologia e Ciclo de Vida.....	19
2.2.4.2 Epidemiologia e Sintomas	20
2.2.4.3 Manejo do nematóide	21
2.2.4.5 Herança da Resistência	22

2.3	Melhoramento de Plantas	23
2.4	Diversidade Genética	23
2.4.1	Importância	23
2.4.2	Metodologias.....	24
2.4.2.1	Componentes Principais	25
2.4.2.2	Análise de Agrupamento	26
2.5	Piramidação de genes de resistência e resistência múltipla.....	27
2.6	Diversidade genética na piramidação de genes e resistência múltipla.....	28
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Material genético.....	29
3.2	Instalação dos experimentos	30
3.3	Obtenção dos inóculos.....	31
3.3.1	<i>Cercospora sojina</i> – Experimentos 1, 2 e 3.....	31
3.3.2	<i>Erysiphe diffusa</i>	31
3.3.3	<i>Heterodera glycines</i>	31
3.3.4	<i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i>	32
3.4	Inoculação.....	32
3.4.1	<i>Cercospora sojina</i>	32
3.4.1.1	Preparo da Suspensão de Conídios.....	32
3.4.1.2	Inoculação das Plantas.....	32
3.4.2	<i>Erysiphe diffusa</i>	33
3.4.3	<i>Heterodera glycines</i>	33
3.4.4	<i>Meloidogyne javanica</i> e <i>M. incognita</i>	33
3.5	Avaliação da incidência e severidade das doenças e resistência dos genótipos	33
3.5.1	<i>Cercospora sojina</i>	33
3.5.2	<i>Erysiphe diffusa</i>	34
3.5.3	<i>Heterodera glycines</i>	34
3.5.4	<i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i>	35
3.6	Análise dos dados.....	35
3.6.1	Área abaixo da curva de progresso da doença – AACPD	35
3.6.2	Análise univariada.....	36
3.6.3	Análise multivariada.....	36
3.6.3.1	Diversidade genética	36
3.6.3.3	Componentes principais	37

3.6.4	Correlação	38
3.6.5	Repetibilidade	39
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Análise univariada.....	41
4.1.1	Doenças Foliares	41
4.1.2	Nematoides	47
4.1.3	Reação das linhagens às doenças	57
4.2	Análise Multivariada	61
4.2.1	Diversidade Genética.....	61
4.2.2	Componentes Principais	66
4.2.3	Correlação	68
4.2.4	Repetibilidade	70
5.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	71
6.	CONCLUSÕES	73
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

RESUMO

BATISTA, Renata Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012.
Diversidade genética de linhagens elites de soja quanto a resistência a doenças.
Orientador: Tuneo Sedyama. Coorientadores: Cosme Damião Cruz, Aluizio Borém e Múcio Silva Reis.

Diante dos danos causados por patógenos na cultura da soja, linhagens com genes de resistência a doenças são cada vez mais requeridas. Com este trabalho objetivou-se estimar a diversidade genética entre 32 linhagens elites de soja de ciclo precoce indicadas para a região central do Brasil com base na reação à mistura de isolados de *Cercospora sojina*, oídio, raças 15 e 23 de *C. sojina*, *Heterodera glycines*, *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* e identificar aquelas resistentes com potencial para serem usadas em futuros cruzamentos visando a piramidação de genes e resistência múltipla. Os ensaios foram desenvolvidos em casa de vegetação do Programa Melhoramento Genético de Soja, no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Seis experimentos foram realizados utilizando como padrões as testemunhas Conquista, Bossier, Valiosa RR (experimento 1); Conquista, Bossier, Valiosa RR e FT-Cristalina (experimentos 2 e 3); Lee 74, Hartwig e FT-Cristalina (experimento 4) e Conquista (experimentos 5 e 6). Em todos os experimentos as unidades experimentais foram constituídas por um vaso e cada repetição por uma planta. O experimento 1 foi realizado com a mistura de isolados de *C. sojina* das raças 2, 4, 7, 9, 15, 17 e 23. Linhagens suscetíveis foram naturalmente infestadas a partir de plantas infectadas com oídio dispostas em meio a linhagens. Os experimentos 2 e 3 foram conduzidos separadamente com os isolados das raças 15 e 23 de *C. sojina*, respectivamente. O experimento 4 foi realizado com solo previamente infestado com a raça 3 do Nematóide de Cisto da Soja (NCS). As doenças foliares foram avaliadas quanto à severidade de acordo com as escalas diagramáticas de MOREIRA (1990) e PEREIRA (2001) para *C. sojina* e oídio, respectivamente. Quanto as doenças radiculares, foi feita a contagem de fêmeas (NCS) e galhas de cada sistema radicular. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e ao agrupamento de médias pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade. A dissimilaridade entre as linhagens foi obtida pela Distância Euclidiana Média Padronizada e o agrupamento destas pelos métodos UPGMA (Upweighted Pair Group Media Average) e Tocher. A contribuição relativa de cada caráter foi estimada, bem como os componentes principais com a dispersão gráfica das linhagens em relação

a estes. Por fim, foi determinada a correlação entre os caracteres e realizada análise de repetibilidade das avaliações de doenças foliares. Dentre as 32 linhagens em estudo foram identificadas 22, 10, 20, 27, 2, 7 e 9 resistentes a Mistura de isolados de *C. sojina*, oídio, raça 15 de *C. sojina*, raça 23 de *C. sojina*, NCS, *M. javanica* e *M. incognita*, respectivamente. Houve diversidade genética entre as linhagens estudadas com base na reação a doenças sendo possível agrupá-las quanto a resistência a doenças foliares e radiculares em grupos distintos. Embora não tenha sido verificada nenhuma linhagem com resistência a todas as doenças avaliadas, foi possível observar que a diversidade entre elas possibilita a piramidação de genes e resistência múltipla a partir de progênies recombinantes. Para isso, os genitores devem ser devidamente escolhidos com base na complementaridade desses genótipos quanto a reação a doenças.

ABSTRACT

BATISTA, Renata Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Genetic diversity of elite soybean lines for resistance to disease.** Adviser: Tuneo Sedyama. Co Advisers: Cosme Damião Cruz, Aluízio Borém and Múcio Silva Reis.

Analyzing the damages caused by pathogens of soybean, lines with resistance genes are increasingly required. The objectives of this work were to estimate the genetic diversity among 32 elite breeding lines of soybean from early maturity and recommended to the central region of Brazil based on the reaction to mixture isolated of *Cercospora sojina*, oidium, *C. sojina* races 15 and 23, *Heterodera glycines*, *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* and identify resistant breeding lines with potential to be used in future crosses to pyramid the resistance genes and multiple resistance. The experiments were conducted in a greenhouse of the Soybean Breeding Program, in Fitotecnia Department, Federal University of Viçosa (UFV). Six experiments were performed using standards as witnesses Conquista, Bossier, Valiosa RR (experiment 1); Conquista, Bossier, Valiosa RR and FT-Cristalina (experiments 2 and 3), Lee 74, FT-Cristalina and Hartwig (experiment 4) and Conquista (experiments 5 and 6). In all experiments the experimental unit was composed for a vase and the repetition for a plant. The experiment 1 was performed with a mixture of isolates of *C. sojina* races 2, 4, 7, 9, 15, 17 and 23. Susceptible lines were naturally infested with infected plants with oidium arranged through the lines. Experiments 2 and 3 were conducted separately with isolates of races 15 and 23 of *C. sojina*, respectively. Experiment 4 was conducted with soil previously infested with race 3 of Soybean Cyst Nematode (SCN). The leaf diseases were evaluated for severity according to the diagrammatic scales of MOREIRA (1990) and PEREIRA (2001) for *C. sojina* and oidium, respectively. For root diseases was counted females (NCS) and galls of each root. The data were subjected to analysis of variance by F test and grouping of means by Scott-Knott test at 5% probability. The dissimilarity between the lines were obtained through the Average Standardized Euclidean Distance and the clustering of the lines by the methods UPGMA (Upweighted Pair Group Media Average) and Tocher. The relative contribution of each character was estimated as well as the main components with the graphic dispersion of the lines in relation to them. Finally, it was determined correlation between the characters and analysis of repeatability of the data of leaf diseases. Among the 32 breeding lines were identified 22, 10, 20, 27, 2, 7 and 9 resistant to mixture of isolates

of *C. sojina*, oidium, race 15 of *C. sojina*, race 23 *C. sojina*, NCS, *M. javanica* and *M. incognita*, respectively. There was genetic diversity between lines based on the reaction to diseases and was possible to group them with resistance to leaf and root diseases in different groups. Although not verified any resistance line to all diseases evaluated, it was observed that the diversity between them allows the pyramiding of resistance genes and multiple resistance with recombinant progeny across the intercrossed of them. For this, the parents should be properly chosen based on the complementarity of these genotypes for reaction to diseases.

1. INTRODUÇÃO

Dentro dos diversos segmentos do agronegócio mundial, a produção de soja está entre as atividades econômicas que, nas últimas décadas, apresentou crescimento mais expressivo (FARIAS, 2010). Tal fato pode ser atribuído a diversos fatores, como: desenvolvimento e estruturação do mercado internacional pelo comércio de produtos do complexo soja (farelo, óleo e grão); consolidação da oleaginosa como fonte de proteína para alimentação animal, oferta de tecnologias que viabilizaram a expansão da exploração para regiões não produtoras do mundo, entre outros (LAZZAROTTO E HIRAKURI, 2010). No contexto mundial, o Brasil possui grande participação na oferta e demanda de produtos do complexo soja, o qual vem contribuindo significativamente para a economia do setor primário como também, da balança comercial do país. Estas características vêm impulsionando o desenvolvimento de diversas regiões e estados brasileiros.

Na safra 2010/2011 a produção de soja totalizou 75,32 milhões de toneladas plantadas em 24,2 milhões de hectares com produtividade média de 3.112 kg.ha⁻¹. Em relação à safra 2009/2010 houve um crescimento de 9,7%, 2,9% e 4% destes índices, respectivamente (CONAB, 2011). A produtividade brasileira superou as maiores médias mundiais em regiões de altíssimo padrão no uso de insumos. Entretanto, vários fatores ainda dificultam a obtenção de maiores produtividades em áreas brasileiras como condições edafoclimáticas desfavoráveis e incidência de pragas e doenças (NOGUEIRA et al., 2009).

A soja é hospedeira de aproximadamente 125 micro-organismos patogênicos, onde 40 causam doenças de expressão econômica no Brasil (DHINGRA et al., 2009, EMBRAPA, 2011). Esse número continua em expansão, sendo as doenças causadas por fungos e nematoides as que representam maiores perdas tanto pelo alto custo do controle quanto pela dificuldade e inviabilidade deste em alguns casos (EMBRAPA, 2011). Por esta razão, o melhoramento genético é a melhor estratégia para contribuir com o aumento da produtividade da soja por meio da inserção de genes de resistência a doenças em seu genoma. Essa decisão visa o aumento da produtividade sem custos adicionais ao produtor devido à redução de danos e perdas acarretados pela incidência desses patógenos.

Dentre as doenças fúngicas da soja, as foliares conhecidas como mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina* Hara) e oídio (*Erysiphe diffusa* Cook & Peck) causam grandes danos na cultura. O oídio da soja pode causar danos de até 40% na produção em casos mais severos, enquanto a mancha olho-de-rã de até 20% (DHINGRA et al., 2009). A importância do estudo dessas doenças consiste na inexistência de cultivares comerciais resistentes a diversas raças de *Cercospora sojina* e a *Erysiphe diffusa* simultaneamente.

Entre os patógenos radiculares, o nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*) e o nematoide de cisto (*Heterodera glycines*) são os de maior incidência nacional e importância diante dos danos que acarretam à cultura (ALMEIDA et al., 2005; FRANZENER et al., 2005; ROESE et al., 2001). O nematoide de cisto da soja (NCS) pode acarretar danos de até 90% na produção dependendo do grau de infestação, suscetibilidade da cultivar, fertilidade do solo e raça do nematoide (DHINGRA et al., 2009). O nematoide das galhas também é amplamente disseminado nas áreas produtoras da cultura. Em grandes infestações, facilitada pela ampla gama de hospedeiros, o manejo deste nematoide torna-se difícil, sendo utilizada a rotação/sucessão de culturas com espécies não-hospedeiras ou más-hospedeiras, além da utilização de cultivares de soja resistentes (EMBRAPA, 2011). Todavia, a restrição das fontes de resistência e a carência de cultivares resistentes a essas espécies de nematoides tem sido um dos maiores empecilhos no controle desses patógenos.

Devido aos avanços na pesquisa e amplitude de cultivo da soja, inúmeras cultivares com resistência a doenças foram lançadas. Entretanto, ainda é requerido um ideótipo de cultivar de soja com resistência múltipla a diversas doenças da cultura além de outras características como alto potencial produtivo e adaptabilidade as adversidades climáticas do Brasil. Para alcançar esse objetivo, estudos de diversidade genética a fim de direcionar futuros cruzamentos para a obtenção desses genótipos são essenciais em programas de melhoramento de soja.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de: I) estimar a diversidade genética entre linhagens elites de soja com base na reação à mancha olho-de-rã, oídio, nematoide de cisto e de galhas e II) identificar linhagens resistentes para a piramidação de genes e resistência múltipla.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Soja

2.1.1 Histórico

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma planta pertencente a família *Fabaceae* (*Leguminosae*), subfamília *Faboideae* (*Papilionoideae*) e gênero *Glycine* (SEDIYAMA et al., 2009). Originada da Ásia, ao longo do Rio Amarelo, a evolução da espécie ocorreu com plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies selvagens e posteriormente domesticadas por cientistas da antiga China. Sua importância nas civilizações orientais era demonstrada por ser, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milho, um grão sagrado. Entretanto, foi reconhecida como um grão de grande potencial econômico no Ocidente apenas em 1920, nos Estados Unidos da América do Norte, ainda como planta forrageira. A partir da década de 40, quando começou a atingir grandes áreas, o cultivo da soja para grão superou o propósito de forragem crescendo de forma exponencial nos Estados Unidos, Argentina e Brasil (EMBRAPA, 2004).

Em terras brasileiras a soja foi plantada pela primeira vez na Bahia em 1882 por um sítante baiano e notada pelo professor Gustavo D'Utra, da então Escola Agrícola da Bahia. Posteriormente, em 1891 foi introduzida em Campinas - São Paulo na Estação Agrônômica de Campinas (hoje IAC), onde a soja apresentou melhor desempenho do que na Bahia, entretanto com maior utilização como planta forrageira. Todavia, a consolidação do seu cultivo como cultura economicamente viável se estabeleceu na década de 50 no Rio Grande do Sul, como melhor cultura de verão sucessora do trigo após o estabelecimento do programa oficial de incentivo à triticultura (EMBRAPA, 2004; KIIHL, 2006).

Na década de 70, VELLO (1992) relata que, após ter sido introduzida no Brasil, o país recebeu reconhecimento internacional pela grande produção do grão. GUERRA et al. (1999) ressaltam que, praticamente toda a produção da soja era destinada à exportação ou processamento industrial, onde a obtenção de farelo era voltada à alimentação animal e óleo para a alimentação humana. A partir daí, sua expansão para o restante do país foi sendo atribuída a vários fatores como: incentivos fiscais, substituição da gordura animal por óleo vegetal, calagem e correção da fertilidade do solo (“Operação Tatu”), estabelecimento de parques industriais para processamento do

grão, desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo de soja associado ao melhoramento genético, entre outros (SEDIYAMA et al., 2009).

2.1.2 Importância Econômica

A soja possui grande importância no cenário agrícola mundial sendo a base do agronegócio brasileiro e de sua balança comercial. No Brasil é a principal cultura em volume e geração de renda (PARRA, 2006). No levantamento realizado pela CONAB na safra 2010/2011, a produção brasileira de soja foi de 75,32 milhões de toneladas, em uma área de 24,2 milhões de hectares com produtividade média de 3.112 kg.ha⁻¹. Em relação à safra 2009/2010 esses valores sofreram aumento de 9,7; 2,9 e 4% de aumento, respectivamente (CONAB, 2011). Na última safra a produtividade da soja ultrapassou as maiores médias mundiais em regiões de altíssimo padrão no uso de insumos (SANTOS et al., 2011).

A área plantada com soja na safra 2011/2012 é estimada em 24,63 milhões de hectares, 1,9% ou 453,7 mil hectares superior à cultivada na safra anterior. Com a definição de todas as áreas plantadas com a cultura (exceto Roraima que realiza plantio a partir de abril) estima-se uma produção de 71,75 milhões de toneladas ou seja, 4,7% ou 3,57 milhões de toneladas inferior a produção da safra anterior. Esse declínio deve-se aos estados da região Sul onde, desde meados de novembro/2011, as condições climáticas desfavoráveis como chuvas escassas e temperaturas elevadas prejudicaram o desenvolvimento da cultura. Segundo estimativas baseadas na redução do porte das plantas pode-se prever queda de 15,6% na produtividade em relação à safra passada para o estado do Rio Grande do Sul, 10,7% para Paraná e 7,7% em Santa Catarina (CONAB, 2012).

Baseado em dados de oferta e demanda por produtos do complexo soja é pertinente destacar o significativo papel da soja no comércio exterior visto que o Brasil ainda é um grande exportador de matéria-prima. Tal fato foi possível, em grande parte, à Lei Kandir de 1996, que, por isentar a cobrança de ICMS sobre as exportações de produtos primários, estimulou o aumento das exportações de soja em grão, em detrimento das exportações dos demais produtos do complexo soja (LAZZAROTTO E HIRAKURI, 2010).

Além da importância da soja no comércio externo, essa cultura possui papel essencial como principal matéria prima na produção de biodiesel. Com a implantação do B5 (programa do governo que determina a presença de 5% de biodiesel no diesel de

petróleo) que entrou em vigor em janeiro de 2010, o consumo de biodiesel passou a ser entre 2,2 e 2,4 bilhões de litros, um aumento de 20 a 40% em relação a 2009 (GOES et al., 2010). Segundo os autores, a estimativa de aumento na demanda até 2013 é de 2,8 bilhões de litros, ou seja, 80% a mais que em 2009. Esse cenário amplia o crescimento do complexo soja e ressalta a crescente demanda pelos produtos da cultura.

2.2 Doenças da Cultura da Soja

2.2.1 Mancha olho-de-rã – *Cercospora sojina* Hara

2.2.1.1 Importância Econômica

A mancha olho-de-rã (*Cercospora sojina* Hara) é uma doença comum em países produtores de soja (ATHOW et al., 1962; AKEM et al., 1992; KUDO, 2009; MA, 1994). Seu primeiro relato ocorreu no Japão em 1915 e, posteriormente, nos Estados Unidos em 1924 (HARA, 1915; LEHMAN, 1928). Em países de clima quente e úmido subtropical e/ou tropical como Nigéria, Costa do Marfim, Camarões, Brasil, Argentina e China a severidade da doença é maior (IITA, 1987; VERNETTI E VERNETTI JUNIOR, 2009). Apesar de estar incluída como foliar quanto à doenças da soja, a mancha olho-de-rã pode ocorrer em hastes, vagens e sementes (ATHOW, 1987; LEHMAN, 1928; MARTINS FILHO et al., 2002; PHILLIPS, 1999; YORINORI E KLINGELFUNSS, 1999).

Surgindo na década de 70, a ocorrência da mancha olho-de-rã no Brasil ocasionou grandes danos na produção de soja na região Sul e nos Cerrados, sendo considerada, na década de 90, como a principal doença da cultura no país (YORINORI, 1992a, 1992b). Embora MARTINS FILHO et al. (2002) afirmem que não há dados precisos sobre os danos causados por esta doença no Brasil, alguns autores citam danos de 10% a 60% na produção (KUDO, 2009; MIAN et al., 2008; EMBRAPA 2011; DHINGRA et al., 2009, YORINORI, 1992a) dependendo das condições climáticas, suscetibilidade da cultivar, agressividade da raça do patógeno, entre outros fatores.

2.2.1.2 Sintomas

Os sintomas da mancha olho-de-rã se iniciam sob a forma de pequenas manchas escuras, circulares e de aspecto aquoso. O diâmetro das manchas é de 1 a 5 mm, apresentando o centro mais claro que os bordos (GRAU et al., 1987). Com o aumento

progressivo de tamanho, as lesões adquirem coloração mais clara no centro ainda com bordos castanho-avermelhados na página superior da folha, porém acinzentada na página inferior. Nesta face da folha ocorre a esporulação do patógeno (presença de conídios e conidióforos) tornando as lesões com características do nome que recebe a doença, “olho-de-rã” (DHINGRA et al., 2009; PHILLIPS, 1999). Em condições ideais para o patógeno as lesões mais velhas podem coalescer e formar grandes manchas irregulares nas folhas (DHINGRA et al., 2009).

Eventualmente, as lesões podem cobrir mais de 30% da área foliar, dando a aparência de ferrugem. Em condições de alta severidade a doença provoca a desfolha prematura, o que leva à redução da área fotossinteticamente ativa das folhas (MIAN et al., 2008). As lesões em plantas inoculadas artificialmente são visíveis em 8 a 12 dias, produzindo os primeiros esporos nas primeiras 48 horas da inoculação quando as condições favoráveis à doença são mantidas (CRUZ, 2008a).

Nas hastes as lesões são menos comuns, porém podem aparecer no final do ciclo da cultura apresentando aspecto de anasarca na fase inicial, evoluindo para lesões estreitas e alongadas que podem cobrir até metade da superfície da haste. A coloração varia de vermelho-escuro com bordo marrom-escuro a preto com centro cinza-pálido.

Nas vagens as lesões são circulares, alongadas e ligeiramente deprimidas, de coloração castanho-avermelhada. Ao longo da infecção, as lesões tornam-se castanho a cinza-claro com estreito bordo castanho-escuro. O fungo pode penetrar na vagem e infectar sementes recém-formadas (PHILLIPS, 1999).

Sintomas nas sementes aparecem com áreas de cinza-claro a cinza-escuro ou castanho que podem variar de manchas isoladas a manchas grandes cobrindo o tegumento de toda a semente. Nestas condições as sementes podem apresentar rachaduras (BISHT E SINCLAIR, 1985; DHINGRA et al., 2009). Com a presença do patógeno a germinação é seriamente comprometida e as plântulas emergidas são pouco vigorosas e com lesões nos cotilédones.

2.2.1.3 Etiologia

O inóculo primário de *C. sojae* são conídios hialinos de 5 a 7µm × 39-70µm produzidos em folhas e resíduos de caule caracterizados como inóculos secundários. O tamanho e formas dos conídios e conidióforos podem variar dependendo do substrato em que o fungo cresce. Os conídios podem germinar em uma superfície foliar com

apenas uma hora de molhamento sob temperatura entre 25 e 30°C, produzindo tubos germinativos. Em meios de cultura, os conídios freqüentemente germinam e formam tubos germinativos curtos que podem produzir conídios secundários (PHILLIPS, 1999).

A esporulação intensa pode ocorrer em clima úmido podendo provocar uma epidemia da doença no campo (DHINGRA et al., 2009). Por sobreviver em restos culturais o aumento da severidade e incidência da mancha olho-de-rã no Norte dos Estados Unidos foi atribuído a recentes mudanças no ambiente e aumento da adoção do sistema de cultivo plantio direto na palha (WRATHER E KOENNING, 2006). Além disso, plântulas oriundas de sementes infectadas são fonte de inóculo para que o patógeno produza esporos que podem infectar folhas jovens de toda a lavoura (DHINGRA et al., 2009).

2.2.1.4 Manejo da doença

Nos últimos anos a mancha olho-de-rã tem estado sob controle graças ao uso de cultivares com resistência genética e sua ocorrência tem sido esporádica e limitada a algumas regiões produtoras de soja (YORINORI E KLINGELFUSS, 1999).

Para evitar a introdução da doença na área, o controle mais eficiente e econômico é o uso de cultivares resistentes, sendo recomendada a rotação de cultivares com resistência a diferentes raças do patógeno (KIMATI et al., 1997; EMBRAPA, 2011). O plantio de sementes saudáveis e o tratamento de sementes com fungicidas são fundamentais para evitar a introdução do fungo ou de novas raças do patógeno (EMBRAPA 2011; MIAN et al., 2009).

O controle químico geralmente é realizado com duas aplicações de fungicidas: a primeira quando houver 5 a 10 manchas na folha mais afetada de uma mesma planta e a segunda, se necessária, entre 10 e 15 dias após a primeira. KIMATI et al. (1997) recomendam a mistura de um fungicida sistêmico (benomyl, carbendazim ou tiofanato metílico) com um de contato (mancozeb ou clorotalonil) para maior eficiência no controle da doença.

O uso de cultivares resistentes apesar de ser o mais viável (GRAVINA et al., 2004; MARTINS, 2003), pode ser um obstáculo diante das 25 raças existentes do patógeno. KUDO (2009) ressalta que a existência de variabilidade entre isolados demanda uma busca permanente por novas fontes de resistência e a sua incorporação em cultivares de soja, uma vez que a identificação dessas fontes visam reduzir o

impacto de novas raças (YANG E WEAVER, 2001). Atualmente o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exige para o Registro Nacional de Cultivares (RNC) apenas a reação à mistura de isolados (MARTINS FILHO et al., 2002). Entretanto, deve-se realizar estudos com raças isoladas identificando genótipos resistentes em caso de surtos regionais.

2.2.1.5 Herança da Resistência

O desenvolvimento de cultivares de soja resistentes a mancha olho-de-rã ou a introdução de genes de resistência em cultivares suscetíveis é prioridade em programas de melhoramento. No entanto, para maior eficácia no processo de incorporação de genes de resistência, a compreensão do mecanismo de herança da resistência à *C. soja* é necessária (MARTINS FILHO, 1999).

C. soja é capaz de desenvolver novas raças fazendo com que cultivares de soja resistentes se tornem suscetíveis a doença (YORINORI, 1989; ARIAS et al., 1996). Tal afirmativa foi comprovada por ARIAS et al. (1996) que citam a cultivar Santa Rosa anteriormente usada como resistente a mancha olho-de-rã na década de 90, tornou-se, ainda nesta década, suscetível.

ARIAS et al. (1996) estudaram a herança da resistência das raças 4 e 15 de *C. soja* com as cultivares Davis, Paraná, Santa Rosa, BR-27 e Bragg. Os autores concluíram que a resistência a estas raças é conferida por uma série de alelos múltiplos, mais provavelmente três genes distintos para a raça 4 sendo um de Davis, outro da Paraná e o terceiro da BR-27, cada um conferindo resistência independente de outros genes. Para a raça 15, dois genes foram detectados, um em Davis e outro em Paraná, mas localizados no mesmo locus.

Três alelos de resistência condicionados a resistência à *C. soja* são reconhecidos atualmente pelo Comitê de Genética da Soja (MIAN et al., 2009): *Rcs1* em “Lincoln”, que confere resistência à raça 1 de *C. soja* (ATHOW et al., 1952); *Rcs2* em “Kent”, conferindo resistência à raça 2, porém suscetibilidade a raça 1 (ATHOW et al., 1962), *Rcs3* em “Davis” resistência condicionada à raça 5 e para todas as outras raças conhecidas de *C. soja* nos Estados Unidos (PHILLIPS E BOERMA, 1982), bem como a todos os isolados do Brasil (YORINORI, 1992a). ATHOW E PROBST (1952) também verificaram que as cultivares Lincoln e Wabasth apresentavam resistência completa à doença, herdada por um gene dominante, *Rcs*, posteriormente denominado

Rcs1 (PROBST et al., 1965). Os três alelos juntos (*Rcs1*, *Rcs2* e *Rcs3*) conferem resistência a um grande número de raças (PACE et al., 1993). Outros genes distintos foram observados nas cultivares “Ramson”, “Stonewall”, “Peking” e “Lee 74”, sugerindo a existência de genes adicionais para a resistência (BAKER et al., 1999; PACE et al., 1993). Outro gene dominante relatado como independente de *Rcs3* foi encontrado na cultivar Pequim que confere resistência a vários isolados de *C. sojae* (BAKER et al., 1999).

Além dos estudos de herança por meio de melhoramento convencional, as ferramentas biotecnológicas, como o uso de marcadores de DNA no mapeamento de genes de resistência, têm facilitado a busca e identificação de genes de resistência às doenças pelos programas de melhoramento genético (KELLY et al., 2003).

2.2.2 Oídio – *Erysiphe diffusa* Cooke & Peck

2.2.2.1 Importância Econômica

O oídio da soja foi primeiramente relatado por LEHMAN (1947) na Carolina do Norte, EUA. Alguns anos depois foi confirmada a presença deste patógeno em diversas regiões dos EUA (DEMSKI E PHILLIPS, 1974; ARNY et al., 1975; GRAU E LAURENCE, 1975; BUZZELL E HASS, 1978; LEATH E CARROL, 1982; PHILLIPS, 1984). Há relatos de sua presença em países como Alemanha, Bulgária, China, Índia, Japão, Porto Rico e Sul da África (PEREIRA, 2001). Danos superiores a 35% na produção de soja com cultivares suscetíveis à doença foram relatadas (DUNLEAVY, 1978; PHILLIPS, 1984). Atualmente, sabe-se que a distribuição da doença é mundial (DHINGRA et al., 2009).

Os primeiros relatos desse patógeno o identificavam como *Erysiphe polygoni* sendo posteriormente denominado *Erysiphe diffusa* Cooke & Peck (JOHNSON E CHAMBERLAIN, 1954; DEMSKI E PHILLIPS, 1974; LEHMAN, 1947; PAXTON E ROGERS, 1974).

YORINORI (1982) relatou as primeiras ocorrências de oídio no Brasil no Distrito Federal e em São Gotardo, Minas Gerais; desde então a prevalência da doença no Brasil é relatada. Danos de 30 a 40% foram observados na safra 1996/1997 quando severa incidência da doença foi relatada por todo o país em diferentes cultivares (EMBRAPA, 2008). Essa doença vem adquirindo importância nas regiões altas dos cerrados, principalmente em algumas áreas de Minas Gerais como Patos de Minas e Presidente Olegário (RODRIGUES, 2009).

A importância do oídio para programas de melhoramento deve-se também as dificuldades de cultivo de plantas em casa de vegetação, já que nestas condições e sem molhamento foliar este patógeno apresenta grande agressividade a plantas (KAMIKOGA, 2001; DEMSKI E PHILLIPS, 1974; PAXTON E ROGERS, 1974; MIGNUCCI et al., 1977; LOHNES E BERNARD, 1992).

2.2.2.2 Sintomas

Os sintomas do oídio, que atinge toda a parte aérea da planta, podem variar de clorose foliar a pintas verdes e manchas ferruginosas sob o micélio do fungo (KAMIKOGA, 2001). Entretanto, este parasita obrigatório (biotrófico) é caracterizado pela presença de fina camada de micélio esbranquiçado e esporos (conídios) pulverulentos do fungo que podem evoluir de alguns pontos até completa cobertura do folíolo. Sob alta severidade a doença pode levar ao secamento das folhas e sua queda prematura interferindo negativamente na taxa fotossintética da planta (GRAU, 1985; UNÊDA-TREVISOLI et al., 2002). PEREIRA (2001) relata que com o progresso da infecção a coloração branca do fungo nas folhas passa a castanho-acinzentada. O fungo coloniza também hastes, pecíolos e vagens, onde adquire coloração branca e posteriormente bege (DHINGRA et al., 2009). MIGNUCCI e LIM (1980) relatam que, tanto o patógeno quanto o desenvolvimento dos sintomas, podem ser afetados pela suscetibilidade da cultivar, idade e posição da folha na planta e idade da planta no momento da infecção.

2.2.2.3 Etiologia

Em condições de campo a doença é favorecida por temperaturas amenas, próximas a 20° C e umidade variável de 50% a 90%. Em ambientes controlados, temperaturas entre 18°C e 24°C favorecem o desenvolvimento da doença, além da sua severidade e formação de cleistotécio (DHINGRA et al., 2009; GRAU e LAURENCE, 1975). MIGNUCCI et al. (1977) relataram que o oídio se desenvolveu abundantemente na temperatura de 18 a 24 °C, mas foi menor a 30 °C em algumas cultivares suscetíveis (Corsoy, Harosoy e Wells), enquanto cultivares resistentes (Flambeau, Norchief e Chippewa 64) não diferiram na reação de resistência nas temperaturas em estudo. Sob baixa incidência de chuvas e intensidade de precipitação quando as plantas se encontram entre os estágios R1 (início da floração) e R6 (formação completa de sementes) há um favorecimento da infecção do oídio na soja (BLUM et al., 2001).

2.2.2.4 Manejo da doença

O método mais eficiente de controle do oídio é por meio do uso de cultivares resistentes (R) a moderadamente resistentes (MR) à doença (DHINGRA et al., 2009; EMBRAPA, 2011). Evitar tanto semear cultivares suscetíveis nas épocas de clima mais favorável à ocorrência da doença, quanto a semeadura tardia contribuem para evitar maiores danos à cultura (EMBRAPA, 2011). A ampla gama de hospedeiros entre plantas daninhas e plantas cultivadas principalmente pertencentes à família *Fabaceae*, contribuem para a sobrevivência do patógeno no campo mantendo a fonte de inóculo do patógeno para as próximas safras (RODRIGUES, 2009). A disseminação do patógeno ocorre principalmente pelo vento, que garante sua presença em toda a lavoura de soja (RODRIGUES, 2009).

Fungicidas à base de enxofre são os mais utilizados contra o patógeno causador do oídio. Outros produtos como enxofre elementar, tiabendazol, benomil, tiofanato metílico e o clorotalonil também são utilizados (MCGEE, 1992). HENNING et al. (2008) recomendam enxofre (2kg i.a.ha⁻¹) para o controle de oídio apenas em fases iniciais.

BLUM et al. (2001) estudaram o controle químico do oídio em soja com fungicidas isolados e mistura de fungicidas. Os melhores resultados foram obtidos com a mistura de tebuconazol com procloraz e somente propiconazol. Este fungicida se destacou na redução do oídio e na contribuição, como consequência, para o aumento da produtividade da soja. Os fungicidas carbendazim, tebuconazol, a mistura de tebuconazol com carbendazim e propiconazol com carbendazim também foram eficientes no controle da doença. Os autores justificam a recomendação de mistura de fungicidas ao invés de produtos isolados por reduzirem a possibilidade da seleção de raças resistentes do patógeno aos fungicidas, além de contribuírem para o controle de outras doenças da soja. SILVA E SEGANFREDO (1999) afirmam que o oídio é responsável por perdas econômicas nas lavouras de soja, apesar da aplicação de fungicidas.

2.2.2.5 Herança da Resistência

BUZZEL E HASS (1978) e GRAU E LAURENCE (1975) citam que o alelo dominante no locus *Rmd* confere resistência completa e resistência de planta adulta a

oídio. *Rmd-c* confere resistência completa em todos os estágios de crescimento da planta, *Rmcl* confere resistência à planta adulta e *rmd* determina a suscetibilidade à doença (LOHNES E BERNARD, 1992; LOHNES E NICKELL, 1994). GRAU E LAURENCE (1975) realizaram os primeiros estudos da herança da resistência da soja a oídio. Nesse estudo o cruzamento entre “Corsoy” (suscetível) e “Chippewa 64” (resistente) proporcionou segregação 3:1 indicando o controle de um único gene dominante controlando a resistência. Outros autores realizando o mesmo estudo, também observaram a segregação 3:1, confirmando a herança monogênica dominante (BUSS et al., 1988; BUZZELL E HASS, 1978; LOHNES E BERNARD, 1992; LOHNES & NICKELL, 1994). Entretanto, a presença de três níveis de infecção no estudo de MARTINS et al. (2002) sugerem a presença de mais genes envolvidos na resistência.

Programas de melhoramento que buscam cultivares resistentes ao oídio tem como maior obstáculo o fato deste patógeno ser parasita obrigatório e possuir grande número de raças fisiológicas (GRAU e LAURENCE, 1975; KAMIKOGA, 2001; PEREIRA, 2001). Entretanto, a importância da doença devido aos danos que causam a lavouras de soja por si só justificam os investimentos em se trabalhar com esse patossistema.

2.2.3 Nematóide de Cisto – *Heterodera glycines* Ichinohe

2.2.3.1 Importância Econômica

O Nematóide de Cisto da Soja (NCS) *Heterodera glycines* Ichinohe, pertence à ordem Tylenchida e família Heterodireidae (WRATHER et al., 1984). A doença causada por este patógeno foi relatada pela primeira vez no Japão em 1915, onde, em razão aos sintomas reflexos causados nas plantas foi chamado de nanismo-amarelo (HORI, 1916; NAKATA E ASUYANAH, 1938). No continente americano foi primeiramente identificado na Carolina do Norte, EUA em 1954 (WINSTEAD et al., 1955) de onde se disseminou por 26 estados no sudeste e meio-oeste do país (NOEL, 1992). Apenas no estado do Kansas a doença causa danos de 35-40% na produção (TODD, 1993). TIHOHOD (1993) relataram a presença de NCS na Coreia, China, Egito e Colômbia na década de 70.

No Brasil o NCS foi observado pela primeira vez em 1992 em Nova Ponte, Minas Gerais; Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (LIMA et al. 1992;

LORDELLO et al., 1992; MONTEIRO E MORAIS, 1992). Desde então, esse patógeno se disseminou pelas diversas regiões produtoras do país. Atualmente, estima-se que as áreas infestadas com o NCS seja superior a 2,5 milhões de hectares em 150 municípios dos Estados de MT, MS, GO, MG, SP, PR, RS, TO, BA e MA (ALMEIDA et al., 2005; DIAS et al, 2004; EMBRAPA, 2011) sendo um dos principais fatores limitantes à produção de soja no Brasil. No Brasil Central sob condições de elevadas populações do nematoide no solo associadas com excesso de calagem, os danos devido ao NCS podem chegar a 100% (DIAS et al., 2009). Mesmo em lavouras de soja sem sintomas aparentes de danos como ocorre em São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, a produtividade de cultivares suscetíveis tem sido, em média, 400 kg.ha⁻¹ menores do que em cultivares resistentes (GARCIA et al., 2005).

Em uma estimativa realizada pela CONAB em 1998, as perdas na produção da soja devido ao NCS em seis anos desde a safra 1991/1992 superaram US\$ 200 milhões, sendo US\$ 140 milhões apenas na safra 1997/1998. Comparativamente, nos Estados Unidos as perdas foram estimadas em US\$ 350 milhões, porém em um intervalo de 25 anos (GOELLNER, 1995 citado por CUNHA, 1997).

2.2.3.2 Biologia e ciclo de vida

O NCS caracteriza-se pela formação de cistos, que é o corpo da fêmea adulta morta, de coloração amarronzada, contendo em média 500 ovos e altamente resistente a condições adversas (TAYLOR, 1971). Os ovos no interior do cisto sofrem embriogênese dando origem ao juvenil de primeiro estágio (J1). Este tem sua ecdise, ainda dentro do ovo e torna-se o juvenil de segundo estágio (J2) que, ao eclodir, migra para o solo e penetra nas raízes da planta hospedeira. Os juvenis eclodidos que não conseguem penetrar em raízes de plantas hospedeiras para se alimentar morrem, caracterizando o patógeno como endoparasita obrigatório. Após terem penetrado nas raízes o juvenil J2 move-se dentro destas até o tecido vascular onde não mais se movem, perdem os músculos e começam a se alimentar. Para que isso ocorra, o nematoide injeta secreções que modificam algumas células radiculares estabelecendo seu sítio de alimentação. Estas células irão se transformar em síncitos, que passam a fornecer alimento para o nematoide (DIAS et al., 2009). O J2 continua a se alimentar e desenvolver, sofre mais três ecdises e, finalmente, atinge a fase adulta de macho ou fêmea (SCHMITT & BARKER, 1985; TAYLOR, 1971). As fêmeas aumentam de

volume, assumem o formato de limão ‘Taiti’ de coloração branca amarelada e permanecem fixadas à raiz, com o corpo do lado de fora e a parte anterior internamente nos tecidos radiculares. Em cada postura, a fêmea deposita um terço dos ovos numa matriz gelatinosa (onde ficarão até a eclosão) liberada pelo ânus e o restante permanece retido no interior do seu corpo. Ao morrer, o corpo da fêmea transforma-se no cisto amarronzada que é muito resistente à deterioração, dessecação, além de leves para facilitar o desprendimento da raiz e ficar no solo por até oito anos sem cultura hospedeira (SCHMITT & NOEL, 1984; TAYLOR, 1971, MOORE et al., 1984). Os machos têm corpo alongado, passam para o solo e, após fertilizarem as fêmeas, morrem (TAYLOR, 1971).

O ciclo de vida do NCS varia de 21 a 24 dias à temperatura de 23° a 25°C, sendo composta de seis estádios: ovo, estágio larval 1 (J1), estágio larval 2 (J2), estágio larval 3 (J3), estágio larval 4 (J4) e forma adulta dimórfica (fêmea diferente do macho), anfimítica (uma fêmea pode atrair mais de um macho e por eles ser fecundada) e sexualmente ativa (AGRIOS, 1997; ENDO, 1992; DIAS et al., 2009; TIHOHOD, 2000).

2.2.3.3 Epidemiologia e Sintomas

YOUNG (1996) ressaltam que danos ocorrem mesmo sem sintomas visíveis em razão da infestação de NCS. Entretanto estes são diretamente relacionados com a densidade populacional do nematoide. Pelo fato de o NCS penetrar nas raízes da soja, os sintomas podem ser observados no sistema radicular ou na parte aérea como sintomas reflexos. Nas lavouras, aparecem em reboleiras circulares ou oblongas onde as plantas mostram-se atrofiadas, cloróticas e com poucas vagens (DIAS et al., 2009). É comum os sintomas surgirem na entrada da lavoura, onde há a chegada da maquinaria na fazenda ou ao longo da linha limite da propriedade trazido pelo vento (YORINORI, 1997).

Com o sistema radicular comprometido a translocação de seiva e absorção de água e nutrientes é prejudicada condicionando abortamento de flores e vagens, porte e número de vagens reduzido, clorose, desfolha prematura e queda na produtividade. O sistema radicular fica reduzido e infestado por fêmeas do nematoide. A deficiência de nitrogênio evidenciada pela clorose ocorre em razão da inibição do NCS na formação de nódulos da fixação biológica de nitrogênio pelo *Bradyrhizobium japonicum*

(DHINGRA et al., 2009). ASMUS E FERRAZ (2002) relatam reduções marcantes da taxa fotossintética e do teor de clorofila acompanhado do amarelecimento intenso das folhas, o que pode ser confundido com deficiência de ferro ou outros nutrientes, compactação, estresse hídrico, fitotoxidez por herbicida ou outras doenças (CARES E BALDWIN, 1995). Desse modo, o diagnóstico só pode ser realizado e confirmado com base nos sinais, ou seja, presença de fêmeas presas as raízes (DIAS et al., 2009).

Pela facilidade de desprendimento do cisto das raízes da soja, a disseminação do NCS pode ser facilmente realizada por vento, água (de chuva ou irrigação), máquinas agrícolas, homem e animais (MOORE et al., 1984). Sementes provenientes de áreas infestadas e que podem estar misturadas a torrões com cistos constitui outro importante meio de disseminação. O uso compartilhado de máquinas em áreas infestadas contribui para a disseminação em áreas isentas do patógeno; veículos e calçados também podem servir como transporte dos cistos para outras áreas. Por esse motivo, a limpeza de máquinas, implementos agrícolas, veículos e até calçados para eliminar solo aderente (PALM et al., 1978), o uso de sementes livres de torrões são medidas que podem prevenir a disseminação do NCS (DIAS et al., 2009).

2.2.3.4 Manejo do nematoide

A rotação de culturas com plantas não hospedeiras e o uso de cultivares resistentes tem sido as melhores medidas para reduzir a população do patógeno nas lavouras (BOERMA E HUSSEY, 1992). Porém, o uso exclusivo de cultivares resistentes pode provocar pressão de seleção de raças devido a ampla variabilidade do patógeno. No Brasil, apesar do histórico da utilização de cultivares de soja resistentes ao NCS ser recente, já foram encontradas 11 raças (1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14 e 14+). Nesse caso é recomendada a rotação com culturas não hospedeiras e cultivares resistentes a fim de evitar que haja mudança da raça predominante na população do nematoide e, assim, a resistência dessas novas cultivares a raças 1 e 3, predominantes nas áreas cultivadas brasileiras, estará preservada. O manejo da rotação de culturas é mostrado na figura 1 de TYLKA (2003).

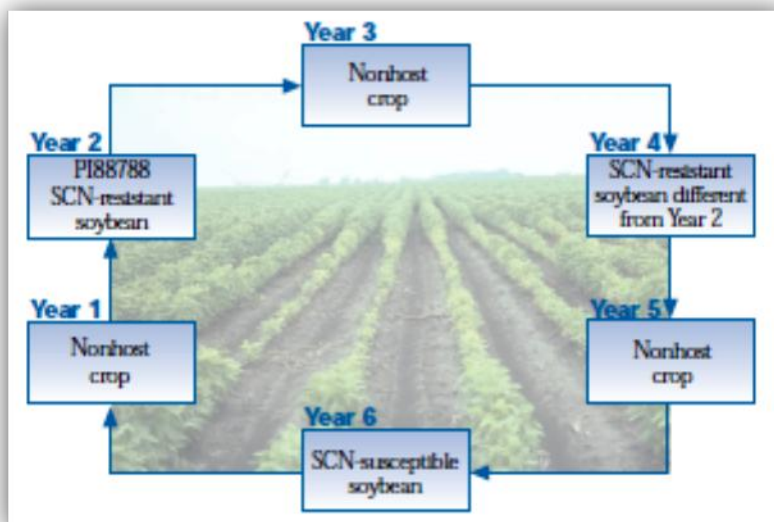


Figura 1 - Manejo do NCS para redução da população a níveis abaixo de dano econômico.

Fonte: <http://www.plantpath.iastate.edu/soybeancyst/files/So%20Many%20Choices,%20So%20Much%20Potential%20-%20SCN-resistant%20Soybean%20Varieties.pdf>

A gama de espécies hospedeiras do NCS é limitada destacando-se a soja, o feijão e o tremoço. A maioria das espécies cultivadas, tais como milho, sorgo, arroz, algodão, girassol, mamona, cana-de-açúcar, trigo, assim como várias gramíneas, são resistentes. O NCS não se reproduz nas plantas daninhas mais comuns nas lavouras de soja, no Brasil. O cultivo de gramíneas perenes (pastagens ou outras) numa pequena faixa de cada lado da estrada pode retardar a introdução do NCS nas lavouras próximas à estrada (EMBRAPA, 2011; DIAS et al., 2009; VALLE et al., 1996; HENNING et al., 2008).

O controle químico do NCS tem se mostrado economicamente inviável em virtude do alto custo dos nematicidas, eficiência nem sempre satisfatória e contaminação ambiental associada com problemas toxicológicos (RIGGS, 1995; FERNANDES e TIHOHOD, 1996). O controle biológico com fungos parasitas de ovos evidencia resultados experimentais interessantes (MORGAN-JONES et al., 1984; MEYER et al., 1990), mas ainda não se tem dados de sua utilização prática em lavouras comerciais.

2.2.3.5 Herança da Resistência

Várias fontes de resistência foram identificadas e passaram a ser utilizadas com sucesso nos programas de melhoramento de soja. Todavia, a base genética da resistência nas cultivares de soja é relativamente estreita (YUE et al., 2000). Segundo HARTWIG (1981) e RAO-ARELLI (1994), a maioria dos materiais resistentes tem genes do genótipo Peking que confere resistência às raças 1, 3 e 5 do patógeno, do genótipo PI 88788 que confere resistência às raças 3 e 14 ou tem genes oriundos do uso de ambas fontes de resistência. A suplantação da resistência pelo patógeno é facilitada por fontes restritas de resistência.

A herança da resistência em NCS é condicionada por pelo menos quatro genes diferentes, o que torna o melhoramento para essa característica uma tarefa desafiadora. Em Peking, três genes recessivos (*rhg1*, *rhg2*, *rhg3*) foram relatados em 1960 condicionando resistência a uma população de campo de NCS, posteriormente identificada como pertencente à raça 1. Um gene dominante adicional (*Rgh4*) posteriormente foi identificado em Peking que controla a resistência para a raça 3 do NCS. A resistência em Peking para uma população homogênea de NCS posteriormente identificada como raça 3 foi condicionada por apenas três genes de resistência: *rgh1*, *rgh2*, *rgh4* (ARELLI et al., 1992).

A resistência a NCS em PI's também foi retratada em vários trabalhos. QIU et al. (1997) atribuíram a resistência em PI 88788 a um gene recessivo (*rgh1* ou *rgh2*) e dois genes dominantes (*Rhg4*, *Rhg5*). A resistência de PI 437654 possui genes em comum com Peking (WEBB et al., 1995); enquanto a de PI 209332 é atribuída a um gene dominante e outro recessivo. Nos trabalhos de LUEDDERS E DROPKIN (1983), MCCANN et al. (1982) identificaram fontes de resistência a diferentes raças do NCS nos germoplasmas: Peking, PI 88788, PI 209332 e PI 437654. De acordo com ANAND (1992) e ANAND et al. (1985) a resistência de Hartwig foi herdada de PI 437654. Hartwig, Delsoy 5710, Anand e Fowler são as cultivares com maior resistência ao maior número de raças (ANAND, 1992; YOUNG, 1999). Os alelos que conferem resistência às cultivares são *rhg1*, *rhg2*, *rhg3*. Os heterozigotos com ao menos um alelo recessivo também são resistentes. A presença de apenas homozigoto dominante desses alelos ou dos alelos únicos recessivos *rgh4* ou *rgh5* conferem suscetibilidade (VERNETTI E VERNETTI JUNIOR, 2009).

Estudos com marcadores moleculares mostraram que as fontes de resistência ao NCS em *G. max* têm genes em comum (CONCIBIDO et al, 2004; DIERS et al, 1997). Entre os materiais PI 437654 (WEBB et al, 1995), PI 209332, PI 88788, PI90763, PI89772 e Peking (CONCIBIDO et al, 1996; CHANG et al, 1997; YUE et al, 2001), todos têm a resistência a NCS no gene principal *rhg1* no grupo de ligação G (CREGAN et al., 1999). Este locus controla uma grande porção da variação total para a resistência e é eficaz contra diversas raças do NCS (CONCIBIDO et al., 1996, 1997, 2004). Vários loci de características quantitativas (QTL) associados à resistência a NCS já foram mapeados em soja em várias fontes de resistência e para diferentes raças (CONCIBIDO et al, 2004; GUO et al, 2006).

DIAS et al. (2009) ressaltam que a coleta e a caracterização genética de novas fontes de resistência devem ser atividades constantes para dar suporte aos programas de melhoramento genético visando desenvolver cultivares de soja resistentes.

2.2.4 Nematóide das Galhas – *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*

2.2.4.1 Importância Econômica

Os nematoides de galhas (*Meloidogyne spp.*) ocorrem na maioria das regiões produtoras de soja no Brasil e causam prejuízos que são cada vez maiores à medida que as áreas de cultivo se expandem (DIAS, et al., 2000; CASTRO et al., 2003, EMBRAPA, 2011). Danos avaliados na queda da produtividade de 18% a 56% são relatadas por essa doença (DIAS et al., 2006). Somente na safra 1999/2000, o prejuízo causado pelos nematoides das galhas na sojicultura brasileira foi estimado em 52,2 milhões de dólares (YORINORI, 2000). VERNETTI E VERNETTI JUNIOR (2009) ressaltam que esse patógeno de solo ocupa o segundo lugar em capacidade destrutiva nas lavouras de soja.

No início da década de 60, quando se deu o início da expansão da cultura da soja no Brasil, já havia relatos da existência do nematóide das galhas e, trabalhos sobre a importância econômica desses patógenos para a sojicultura já eram divulgados (LORDELLO et al., 1958). Pouco tempo depois, nas décadas de 70 e 80, o patógeno já se destacava nas áreas produtoras de soja de todo o país pelas perdas ocasionadas (SHARMA, 1978; ANTÔNIO, 1988; KINLOCH E RODRIGUES-KÁBANA, 1989).

No gênero *Meloidogyne*, as espécies *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* e *M. javanica* correspondem a 95% dos nematoides das galhas encontrados nos solos agrícolas (INTERNATIONAL MELOIDOGYNE PROJECT - SASSER E CARTER,

1982). VERNETTI E VERNETTI JUNIOR (2009) relatam que *M. incognita* é distribuído pelo mundo todo enquanto *M. arenaria*, *M. hapla* e *M. javanica*, embora mais agressivos, têm ocorrência limitada por condições climáticas: *M. hapla* não vive bem em áreas tropicais e subtropicais enquanto *M. arenaria* e *M. javanica* provocam maiores danos justamente em áreas tropicais e subtropicais. Dentre as espécies citadas, *M. javanica* e *M. incognita* são as de maior importância por serem predominantes em áreas brasileiras produtoras de soja, sendo *M. incognita* mais comum em áreas anteriormente cultivadas com café ou algodão e *M. javanica* de ocorrência generalizada (ALMEIDA E SEIXAS, 2010; CASTRO et al., 2003; DHINGRA et al., 2009).

2.2.4.2 Biologia e Ciclo de Vida

Antes da oviposição, fêmeas adultas de *Meloidogyne* secretam pelo ânus uma matriz gelatinosa produzida por glândulas do reto que irão proteger os ovos do calor excessivo, dessecação e de certos inimigos naturais (SILVA, 2001; ALMEIDA E SEIXAS, 2010). Por partenogênese, ou seja, sem a participação do macho, cada fêmea produz cerca de 500 ovos. Esses ovos, em diferentes estádios de desenvolvimento, são depositados na matriz gelatinosa. Ainda dentro dos ovos que sofreram embriogênese os juvenis de primeiro estágio (J1) sofrem ecdise e tornam-se juvenis de segundo estágio (J2) (fase infectiva), que eclodem e passam a migrar no solo à procura de raízes. Um gradiente de concentração de compostos químicos exsudados pelas raízes da planta hospedeira se forma na rizosfera e no solo direcionando o nematoide J2 (KLINGLER, 1965; GRIFFIN E WAITE, 1971; ZHAO et al., 2000). Ao encontrar a raiz, o J2 penetra pelos tecidos meristemáticos da coifa, que ainda não estão diferenciados, migrando para a região próxima dos vasos (WALLACE, 1973; HUSSEY E WILLIAMSON, 1998; CAMPOS, 2003). A partir daí, ao seu redor, o nematoide estabelece as células especiais de alimentação onde irá inserir o estilete e secretar hormônios e outras substâncias que estimulam intensa divisão celular dando origem às células gigantes ou nutridoras. Posteriormente estas células tornam-se maiores, com citoplasma denso, granuloso e com função de nutrir o nematoide que, ao começar a se alimentar, tem seu corpo engrossado tornando-se sedentário. Outras células menores formadas próximas as células nutridoras, são produzidas para assimilação e transferência do alimento. Estabelecidas as células nutridoras, o nematoide continua seu desenvolvimento, sofre mais três ecdises passando por mais dois estádios juvenis (J3 e J4), característicos por

não se alimentarem até a fase adulta devido à ausência ou má formação de estilete (KIMATI et al., 1997; ALMEIDA E SEIXAS, 2010; ROCHA et al., 2008). Nesta etapa, simultaneamente ocorre o desenvolvimento das galhas radiculares pela hipertrofia e hiperplasia de células do parênquima vascular da raiz. O macho adulto, vermiforme, não se alimenta e não é necessário para a reprodução de *M. incognita* e *javanica* devido a partenogênese (FERRAZ E MONTEIRO, 1995). Entretanto, sua participação é fundamental para aumentar a variabilidade genética que, no processo citado, é obtida apenas por mutação de alguns indivíduos (EISENBACK, 1985). O macho adulto volta a ser móvel, migra para o solo e morre em espécies de reprodução por partenogênese, haja vista que nas populações anfimíticas haverá primeiramente a fertilização antes da migração. A fêmea adulta possui formato de péra e coloração branco-pérola, facilmente encontradas nas raízes de plantas de soja parasitadas, de onde recomeçam o ciclo com a postura e a matriz gelatinosa.

O ciclo de vida desses patógenos que dura de 22 a 25 dias, depende da temperatura entre 15°C e 32°C (AGRIOS, 1997; DHINGRA et al., 2009; HENNING et al., 2008). Por ser curto, na presença de plantas hospedeiras, vários ciclos podem ser completados levando a um crescimento exponencial da população de nematoides no solo (TAYLOR E SASSER, 1978).

2.2.4.2 Epidemiologia e Sintomas

A alta capacidade reprodutiva destes nematoides e o fato de serem adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras contribuem para o rápido crescimento das populações nas lavouras de soja (FERRAZ, 1985).

Em áreas infestadas, ocorrem manchas em reboleiras, onde as plantas de soja ficam pequenas e amareladas. As folhas das plantas afetadas normalmente apresentam-se cloróticas ou com necroses entre as nervuras caracterizando a folha “carijó”. Às vezes, pode não ocorrer redução no tamanho das plantas, mas, por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento de vagens e amadurecimento prematuro das plantas atacadas; a tendência de murchas em condições de estresse hídrico são mais comuns. Em anos em que acontecem “veranicos”, na fase de enchimento de grãos, os danos tendem a ser maiores (DHINGRA et al., 2009). Nas raízes das plantas atacadas observam-se galhas em números e tamanhos variados, dependendo da suscetibilidade da cultivar, da densidade populacional do nematoide e que se distinguem dos nódulos por

não se destacarem (ALMEIDA E SEIXAS, 2010; EMBRAPA, 2011; HENNING et al., 2008; SILVA, 2001, EMBRAPA, 2011).

2.2.4.3 Manejo do nematoide

Apesar de serem problema no Brasil há cerca de 50 anos (LORDELLO et al., 1958), *M. javanica* e *M. incognita* ainda representam um sério problema para regiões produtoras de soja. A ampla distribuição geográfica, polifagia e variabilidade fisiológica destas espécies são os principais fatores que dificultam o estabelecimento de medidas de controle, especialmente a rotação de culturas e a resistência varietal, que são as estratégias mais eficientes no controle destes patógenos (ALMEIDA E SEIXAS, 2010; DHINGRA et al., 2009; SILVA, 2001; EMBRAPA, 2011).

Na lavoura de soja, ao ser constatada a presença de *M. incognita* e *javanica*, nada poderá ser feito naquela safra, entretanto, muitos cuidados deverão ser tomados para reduzir a população nos próximos anos. A diagnose da espécie e raça requer análise de amostras de solo e/ou raízes em laboratório de nematologia e é fundamental para a tomada de decisão (EMBRAPA, 2011; FRANZENER et al., 2005). Para isso, amostras de solo com raízes de soja com galhas devem ser coletadas até a obtenção de 500 g de solo e no mínimo cinco sistemas radiculares juntamente como histórico da área. O sistema de manejo será providenciado a partir da espécie em questão (EMBRAPA, 2011).

A rotação/sucessão com culturas não hospedeiras ou hospedeiras desfavoráveis como o milho e o sorgo são essenciais para a redução da população de nematoides das galha no solo. Entretanto, a escolha do híbrido deve ser cuidadosamente realizada, visto que alguns híbridos podem multiplicar nematoides. Deve-se optar por híbridos de milho e sorgo resistentes (FR <1), trigo, aveia preta, milheto e amendoim (YORINORI, 1997). O algodão, indicado para rotação para o controle do NCS, deve ser restritamente utilizado para nematoide das galhas, visto que as raças 1 e 3 de *M. incognita* se multiplicam nesta cultura (CIA E SALGADO, 2005). *Crotalaria spp.*, *Mucuna spp.*, várias espécies de *Brachiaria*, *Panicum* e *Triticale* podem ser utilizadas para o controle tanto para *Meloidogyne incognita*, quanto *M. javanica* em rotação com a soja (FERRAZ E VALLE, 2001; CARNEIRO et al., 2006; SILVA E CARNEIRO, 1992). A presença de plantas invasoras deve ser avaliada visto que também podem possibilitar a sobrevivência e reprodução dos nematoides das galhas dificultando a eficiência da

rotação de culturas. O uso de nematicidas, mesmo sendo eficaz (NOVARETTI et al., 1982; SILVA, 2001) é limitado por ser antieconômico e antiecológico, sendo tóxico também ao homem (SILVA, 2001; ASMUS E ANDRADE, 1996). O plantio direto, a limpeza de máquinas ou restrição na movimentação de uma lavoura infestada para outras contribuem para evitar a disseminação dos fitonematoides (ALMEIDA E SEIXAS, 2010; ARANTES E MIRANDA, 1993; HENNING et al., 2008).

Apesar dos problemas ocorridos nas lavouras de soja causados pelos nematoides das galhas, ROESE et al. (2004) relembram que apesar destes problemas serem de longa data, trabalhos de melhoramento contribuíram para o surgimento de várias cultivares de soja resistentes. No Brasil, cerca de 80 cultivares de soja resistentes ou moderadamente resistentes a *M. incognita* e/ou *M. javanica* estão disponíveis (EMBRAPA, 2011). Como todas descendem de uma única fonte de resistência (Bragg) a base genética se torna restrita e o manejo das cultivares resistentes deve ser criteriosamente adotado.

BOERMA E HUSSEY (1992) relatam que o uso de cultivares resistentes possui a vantagem de suprimir a reprodução do nematoide, redução do período de rotação de culturas não hospedeiras principalmente caso estas não sejam de grande valor comercial e não requerem maiores técnicas e práticas de cultivo ou adoção. OOSTENBRINK (1972) mencionou que a utilização de uma cultivar resistente pode suprimir uma população do nematoide em 10 a 50% da densidade, representando importante contribuição no manejo deste patógeno. Normalmente, o custo direto ao produtor para o uso de resistência é mínima, assim, a resistência serve para todos os sistemas de produção agrícola. Além disso, a resistência é uma abordagem ecologicamente correta para a gestão de nematoides, especialmente em relação aos nematicidas usados (SILVA, 2001).

2.2.4.5 Herança da Resistência

Vários autores relatam que a única fonte de resistência das cultivares brasileiras quanto a nematoide das galhas é a cultivar “Bragg” (SILVA, 2001; SILVA et al., 2006; ALMEIDA E SEIXAS, 2010). VERNETTI E VERNETTI JUNIOR (2009) relatam que a resistência é monogênica dominante, sendo *Rmi1* alelo Resistente, e *rmi1* o alelo suscetível. Entretanto, outros trabalhos de SILVA (2001) e SILVA et al. (2001) relatam resultados divergentes. Os autores estudaram a herança da resistência da soja ao nematoide de galhas realizando cruzamentos contrastantes entre a cultivar resistente CD

201 (descendente de Bragg), PI 595099 (outra fonte de genes de resistência) e BRS 133 (suscetível a *Meloidogyne spp*). Após os estudos concluíram que na cultivar CD 201 a resistência tem herança quantitativa e é controlada por efeitos aditivos, de dominância e epistáticos.

2.3 Melhoramento de Plantas

O melhoramento de plantas é uma contribuição para o bem da humanidade. Isto é evidenciado no plantio de novas cultivares com maiores produtividades e segurança ambiental. Esses materiais contribuem para o abastecimento mundial de espécies cultivadas importantes na alimentação humana e animal ou na produção de combustíveis e fibras (RASMUSSEN, 2009). BORÉM E MIRANDA (2009) enfatizam que o melhoramento é a mais valiosa estratégia para o aumento da produtividade de forma sustentável, ecologicamente equilibrada e da melhor relação custo-benefício. Essa vasta ciência que tem como objetivo a modificação genética das plantas de modo a torná-las mais úteis ao homem, ao ambiente e aos animais (BORÉM E MIRANDA, 2009), é o principal compromisso da agricultura para o mundo.

Uma das etapas iniciais de um programa de melhoramento é a definição do objetivo a curto, médio e longo prazo. O melhorista deve conhecer o mercado da cultura a ser melhorada, a demanda do cultivar que ele possa futuramente lançar, a receptividade do novo cultivar pelo consumidor, indústria e produtor e finalmente o material genético disponível (BORÉM E MIRANDA, 2009). Nessa etapa, o primeiro passo é a escolha dos genitores e o planejamento das hibridações para alcançar os objetivos almejados.

2.4 Diversidade Genética

2.4.1 Importância

A escolha de genitores com as melhores combinações de alelos favoráveis para futuras hibridações deve ser baseada na variabilidade e diversidade genética destes de acordo com as características de interesse do programa (LANZA et al., 2000). FRANCO et al. (2001) afirmam que variabilidade genética é, indubitavelmente, a base para o melhoramento genético de espécies cultivadas.

A importância do conhecimento da variabilidade genética em um grupo de possíveis genitores é o direcionamento para cruzamentos divergentes onde a maior

distância genética entre os genitores resultará em populações segregantes com máxima variabilidade genética (ABREU et al., 2004; CRUZ et al., 2004; NASCIMENTO FILHO et al., 2001; SUINAGA et al., 2003). Em uma população segregante de ampla variabilidade genética resultante de combinações híbridas de maior efeito heterótico, tem-se maior probabilidade de recuperação, identificação e seleção de genótipos superiores para a característica de interesse (CRUZ et al., 2004; BENIN et al., 2002; FRANCO et al., 2001; MACHADO et al., 2000, RAO et al., 1981).

2.4.2 Metodologias

CRUZ (2010) ressalta que a avaliação da diversidade genética é indispensável como estudo prévio de um número elevado de progenitores de modo a orientar sobre o número e tipo de cruzamentos em que se deve concentrar maiores esforços para a obtenção de híbridos. De acordo com ELIAS et al. (2007) existem duas maneiras de se inferir sobre a diversidade genética: de *forma quantitativa* e de *forma preditiva*. Entre as de natureza quantitativa, citam-se as análises dialélicas, nas quais são necessários os cruzamentos entre os genitores e sua posterior avaliação. As de natureza preditiva têm por base as diferenças morfológicas, de qualidade nutricional, fisiológicas ou moleculares quantificadas em alguma medida de dissimilaridade que possa expressar o grau de diversidade genética entre os genitores (CRUZ E CARNEIRO, 2006). CRUZ (2010) e CRUZ E CARNEIRO (2006) destacam que a maior vantagem da metodologia preditiva é dispensar a obtenção prévia de combinações híbridas, o que demandaria tempo e recurso do programa de melhoramento. UPADHYAY et al. (2004) corroboram que a análise preditiva da diversidade genética é a metodologia mais rápida, confiável, inequívoca e efetiva de direcionar e utilizar o germoplasma no melhoramento genético vegetal para a obtenção de cultivares.

ABREU et al. (2004) enfatizam que a seleção de progenitores com base em características individuais não é tão interessante quanto a seleção baseada em um conjunto de características. BONETT et al. (2006) confirmam tal afirmativa ao enfatizar que a identificação de genitores superiores tem sido realizada por meio da avaliação simultânea de vários caracteres morfológicos, agrônômicos ou moleculares permitindo caracterizar e determinar a divergência genética existente dentro e entre as espécies vegetais. Desse modo, MOURA et al. (1999) afirma que a determinação da divergência genética por meio da avaliação simultânea de vários caracteres trata-se de uma

metodologia eficiente para a identificação de genótipos superiores de forma a possibilitar a concentração de esforços nas combinações mais promissoras. Assim, torna-se mais conveniente caracterizar os acessos com base em um complexo de variáveis, ou seja, utilizando-se métodos multivariados.

A estatística multivariada utilizada para estimar a divergência genética tem-se tornado comum entre os melhoristas de plantas (NASCIMENTO FILHO et al., 2001), visto que a vantagem de explicar como os genótipos diferem quando as demais características são consideradas em conjunto, atendem satisfatoriamente às necessidades do programa (SETOTAW et al., 2010). A utilização destes métodos para estimar a divergência genética onde diversos caracteres podem ser dimensionados simultaneamente, tem oferecido contribuições efetivas na identificação de genótipos para serem utilizados em programas de melhoramento genético de várias culturas tais como, milho (MELO, 2001), feijão (ABREU et al., 2004; CHIORATO et al., 2005; MACHADO et al., 2000; FRANCO et al., 2001; BONETT et al., 2006; CEOLIN et al., 2007), cevada (SETOTAW et al., 2010), trigo (ETICHA et al., 2006; HAILU et al., 2006) gergelim (ARRIEL et al., 2007), capim elefante (SHIMOYA et al., 2002), mandioca (RIBEIRO et al., 2011), maracujá (CERQUEIRA-SILVA et al., 2010), guaraná (NASCIMENTO FILHO et al., 2001), soja (KUMAR E NADARAJAN, 1994; MATSUO et al., 2011; MIRANDA, 1998; ZHANG et al., 1999) entre outras.

MACHADO (1999) ressalta que dentre as principais análises multivariadas as mais empregadas são: a análise por componentes principais, quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições; análise por variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições e os métodos de agrupamento, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada. A escolha do método mais adequado tem sido determinada pela precisão desejada pelo pesquisador, pela facilidade da análise e pela forma como os dados foram obtidos (CRUZ et al., 2004).

2.4.2.1 Componentes Principais

A análise por componentes principais consiste em transformar um conjunto original de variáveis em outro conjunto de dimensão equivalente, que são os componentes principais (CP). Cada componente principal é uma combinação linear das

variáveis originais. Além disso, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter o máximo da informação em termos de variação total (CRUZ et al., 2004).

A viabilidade de utilização dos componentes principais em estudos sobre divergência genética irá depender da possibilidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes, o que irá indicar maior precisão ao aferir o comportamento dos progenitores. A objetivo dos componentes principais é a transformação do comportamento dos indivíduos de um espaço n-dimensional, sendo n o número de caracteres avaliados, em um espaço bi ou tri dimensional. Após a obtenção dos CP, haverá uma simplificação nos cálculos estatísticos, interpretação dos resultados com relação aos demais métodos alternativos e maior facilidade em identificar os genitores desejados (CRUZ et al., 2004). Os mesmos autores afirmam que, em geral, quando os primeiros componentes principais atingirem 80% da variação total, estes são utilizados em estudos de divergência genética. Quando este valor não for atingido, o terceiro e quarto componente são utilizados para complementar o estudo.

O estudo da diversidade genética por componentes principais é comumente feito por meio de gráficos de dispersão, onde os pontos correspondentes aos genótipos são distribuídos na área de plotagem e se apresentam em eixos cartesianos compostos pelos componentes principais 1 e 2 nos eixos X e Y, respectivamente (CRUZ et al., 2004).

2.4.2.2 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento tem por finalidade reunir, de acordo com alguma metodologia, os progenitores em vários grupos de modo que exista homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre os grupos. Essa análise tem por objetivo dividir um grupo original de observações em vários grupos, seguindo a metodologia de alguma medida de similaridade ou dissimilaridade (CRUZ et al., 2004).

Na análise de agrupamento, o número final de grupos desejados, a adequação da partição obtida e o tipo de medida de similaridade a ser usada são questionamentos comuns. Quanto ao número de grupos, utilizam-se vários números e, com base em algum critério de otimização, o mais conveniente é selecionado. Para a avaliação da adequação da partição, comumente utiliza-se a análise discriminante. Já para as medidas de similaridade, no melhoramento genético as mais usadas são as distâncias de Mahalanobis e Euclidianas (CRUZ et al., 2004).

2.5 Piramidação de genes de resistência e resistência múltipla

Uma das maiores contribuições do melhoramento da soja tem sido o desenvolvimento de cultivares resistentes às doenças. Com o cultivo sucessivo, no entanto, aquelas doenças que aparentemente não eram importantes podem causar em pouco tempo danos econômicos consideráveis (SEDIYAMA et al., 2005). RAMALHO E ARAÚJO (2011) ressaltam que, para a maioria dos patógenos que infectam plantas cultivadas, o surgimento de novas raças também é freqüente. Esses mesmos autores enfatizam que uma alternativa para aumentar a resistência a vários patógenos e raças de patógenos é a piramidação de genes.

Entende-se por piramidação adicionar, a um genótipo, o maior número possível de genes de resistência (RAMALHO, 2007). KELLY et al. (2003) afirmam que a piramidação, ou associação de diferentes genes de resistência em uma mesma cultivar, tem sido proposta como uma forma de obter uma resistência duradoura e de amplo espectro. RAMALHO E ARAÚJO (2011) corroboram com tal afirmativa, visto que os autores ressaltam que a piramidação de genes é uma estratégia para proporcionar resistência durável a diferentes raças de um mesmo patógeno. Maior número de genes conferindo resistência a um mesmo patógeno dificulta a suplantação da resistência do cultivar pelo patógeno.

A base para a estabilidade da resistência à doença reside na redução da adaptação do patógeno quando um número de genes de virulência é necessário para suplantar a resistência do hospedeiro (VAN DER PLANK, 1984). Além disso, a probabilidade de um patógeno conter todos os genes de virulência correspondentes aos genes de resistência da planta de modo que consiga superar a resistência de uma pirâmide formada por vários genes ou blocos gênicos, é muito pequena (SANGLARD, 2006). Alguns trabalhos de piramidação de genes de resistência a patógenos foram realizados em culturas como trigo (HUANG et al., 1997), arroz (SINGH et al., 2001) feijão (BERALDO, 2007; RAGAGNIN et al., 2003; ALZATE-MARIN et al., 2005; COELHO et al., 2007), soja (ALZATE-MARIN et al., 2005), algodão (CIA et al., 2003), cevada (SCHWEIZER E STEIN, 2011) entre outros.

O conceito resistência múltipla foi retratado por CIA et al. (2003) como a resistência simultânea a várias doenças. Pode ser também entendida como introgressão simultânea de genes de resistência a distintas doenças (MICHELMORE, 1995).

A probabilidade de um ou mais patógenos superar a resistência de um genótipo contendo uma pirâmide com vários genes de resistência é baixa. Para que isso ocorra,

mutantes devem surgir independentemente e serem combinados (SCHAFER E ROELFS, 1985). Por essa razão, cultivares com piramidação e resistência múltipla são requeridas para auxiliar o produtor no manejo das lavouras diante da crescente incidência de doenças.

2.6 Diversidade genética na piramidação de genes e resistência múltipla

A perda da diversidade genética das cultivares comerciais até os ancestrais selvagens é fato preocupante no melhoramento genético das espécies cultivadas. Através da seleção dos genótipos superiores e, sua posterior uniformização em cultivares com características que atendessem a demanda do mercado, o “gargalo genético” da domesticação reduziu drasticamente a variabilidade das espécies (CREGAN, 2010). Essa redução da variabilidade tem como consequência a redução da base genética das espécies resultando em vulnerabilidade a epidemias de doenças e insetos (BORÉM E MIRANDA, 2009). Em relação à resistência à doenças, a piramidação de genes e a resistência múltipla são uma alternativa para aumentar a variabilidade genética das cultivares comerciais.

O estudo da diversidade genética pode direcionar futuros cruzamentos para a obtenção de genótipos interessantes com resistência a diversas doenças. Um exemplo ressaltado na cultura da soja está no trabalho de DAVIS et al. (1998). Os autores buscavam fontes de resistência a diversas espécies e raças de fitonematoides na cultura da soja e, apesar de não terem encontrado um genótipo com resistência a todas as espécies testadas, obtiveram os seguintes resultados: i) um grupo de genótipos com resistência ao nematoide de cisto e galha e melhor resistência geral aos demais nematoides (originado de linhagens da Carolina do Norte); ii) grupo com resistência as raças 1 – 4 de NCS e ao nematoide reniforme (originado de linhagens de Missouri) e iii) grupo de genótipos com alta resistência ao nematoide das galhas (originado de linhagens da Georgia). A partir da avaliação da diversidade genética desses genótipos de forma preditiva seria possível estabelecer cruzamentos possivelmente mais promissores para a introgressão de genes de resistência ao nematoide das galhas, cisto e reniforme em um mesmo genótipo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na casa de vegetação do Programa Melhoramento Genético de Soja - Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, 2011, que possui coordenadas geográficas de 20°45'S e 42°51'W e altitude de 648 m.

Seis experimentos foram realizados (Tabela 1) com as seguintes datas de semeadura: 1º Experimento: 16/02/2011; 2º, 3º e 4º Experimentos: 04/03/11; 5º e 6º Experimentos: 27/09/11.

Tabela 1 – Descrição dos experimentos de reação de 32 linhagens de soja quanto a doenças foliares e radiculares.

Doenças	Experimento	Doenças
Foliares	Experimento 1	Mistura de isolados das raças 2, 4, 7, 9, 15 e 17 de <i>Cercospora sojina</i> e <i>Erysiphe diffusa</i>
	Experimento 2	Raça 15 de <i>Cercospora sojina</i>
	Experimento 3	Raça 23 de <i>Cercospora sojina</i>
Radiculares	Experimento 4	Raça 3 de <i>Heterodera glycines</i>
	Experimento 5	<i>Meloidogyne incognita</i>
	Experimento 6	<i>Meloidogyne javanica</i>

3.1 Material genético

Foram avaliadas 32 linhagens de soja de ciclo precoce (BCR 1 a BCR 32), em gerações posteriores a F6, adaptadas para o Brasil Central cedidas para a pesquisa pela empresa Bacuri Melhoramento Genético. As linhagens foram dispostas em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco repetições para os experimentos 1, 2 e 3 e três repetições para os experimentos 4, 5 e 6. As testemunhas foram selecionadas com base na reação aos patógenos de cada experimento, como consta na tabela 2.

Tabela 2 – Genótipos dos experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Experimento	Genótipos
Experimento 1 - Mistura de isolados de <i>Cercospora sojina</i> e <i>Erysiphe diffusa</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunhas (Bossier, Valiosa RR, Conquista)
Experimento 2 - raça 15 de <i>C. sojina</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunhas (Bossier, Valiosa RR, Conquista e FT-Cristalina)
Experimento 3 - raça 23 de <i>C. sojina</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunhas (Conquista, Bossier, Valiosa RR e FT-Cristalina)
Experimento 4 - <i>Heterodera glycines</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunhas (Lee 74, Hartwig e FT-Cristalina)
Experimento 5 - <i>M. javanica</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunha (Conquista)
Experimento 6 - <i>M. incognita</i>	BCR 1 a BCR 32 + Testemunha (Conquista)

3. 2 Instalação dos experimentos

O solo utilizado nos experimentos foi previamente adubado com N (20kg.ha⁻¹), P₂O₅ (60 kg.ha⁻¹) e K₂O (100 kg.ha⁻¹), misturados de forma homogênea e posteriormente colocados nos vasos plásticos com capacidade para 4dm³. Os vasos foram dispostos em bancadas de madeira de 4m de comprimento x 1m de largura a uma altura de 0,6 m do solo.

Antes do plantio o solo foi irrigado e cinco orifícios de 2 cm de profundidade foram feitos. Cada vaso recebeu uma etiqueta plástica com a identificação correspondente à linhagem a ser plantada. Duas sementes, de cada linhagem, tratadas com o fungicida de contato Captan[®] na dose recomendada para a cultura, foram semeadas em cada orifício. Após a germinação, uma planta de cada orifício foi eliminada restando três ou cinco plantas por vaso, de acordo com o experimento. Cada planta disposta a partir do sentido anti-horário da etiqueta de identificação de cada vaso foram consideradas como repetições 1, 2, 3 (4 e 5). As plantas foram irrigadas diariamente e, quando necessário, tutoradas para evitar quebra da haste principal e acamamento. Aos 25 dias após a emergência, foi realizada a adubação nitrogenada suplementar com sulfato de amônio. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente e o controle de pragas não se fez necessário.

3.3 Obtenção dos inóculos

3.3.1 *Cercospora sojina* – Experimentos 1, 2 e 3

O experimento 1 foi realizado com a mistura de isolados de *C. sojina* das raças 2, 4, 7, 9, 15 e 17 para o cumprimento das normas de registro de cultivares no Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNC) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Os experimentos 2 e 3 foram conduzidos separadamente com isolados das raças 15 e 23 de *C. sojina*, respectivamente.

Os inóculos do patógeno foram obtidos a partir da coleta de folhas de plantas de soja infectadas da cultivar Bossier, suscetível a todas as raças conhecidas de mancha olho-de-rã. Esses isolados são mantidos na coleção de *C. sojina* do Laboratório de Genética de Soja do Programa de Melhoramento de Soja da UFV, com as respectivas denominações das raças. A manutenção desse banco de isolados é possível graças às sucessivas repicagens em meio de cultura V8 mantidas sob a umidade e temperatura ideais ao patógeno.

No laboratório de Genética de Soja, em placas de *Petri* contendo o meio de cultura V8 + Ágar + carbonato de cálcio, foram feitas sucessivas repicagens dos isolados de *C. sojina* sob câmara de fluxo contínuo com alça de platina esterilizada.

3.3.2 *Erysiphe diffusa*

Linhagens de soja suscetíveis a oídio foram infectadas naturalmente pelo fungo *Erysiphe diffusa* na casa de vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Soja da UFV. O inóculo já se encontrava na casa de vegetação em plantas adjacentes.

3.3.3 *Heterodera glycines*

Em solo previamente infestado pela raça 3, a cultivar de soja Lee 74, padrão de suscetibilidade desta raça do Nematóide de Cisto da Soja (NCS), foi plantada para a manutenção da viabilidade dos nematoides. Este solo previamente infestado pertence ao Banco de Nematoides do Campo Experimental Bacuri. Após a eliminação da cultivar Lee 74, o solo infestado com a raça 3 do NCS foi utilizado para compor o substrato a ser utilizado nas inoculações.

3.3.4 *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*

As populações de *M. incognita* e *M. javanica* foram obtidas no Banco de Nematoides do Campo Experimental Bacuri cedidas pelo pesquisador Waldir Pereira Dias (EMBRAPA SOJA) em substrato composto de solo e areia na proporção de 1:2. Para a multiplicação e manutenção da viabilidade dos ovos de *Meloidogyne spp.*, foi plantada a cultivar de tomate suscetível “Santa Cruz” sob condições de casa de vegetação. A parte aérea das plantas foi eliminada 60 dias após o plantio e, após ser cuidadosamente lavado, o sistema radicular foi cortado em pequenos pedaços. Em um liquidificador sob baixa velocidade com uma solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, as raízes foram trituradas por 20 segundos. A suspensão obtida foi filtrada em uma peneira de 200 mesh sobreposta a uma de 500 mesh. Os ovos retidos na última peneira foram recolhidos em um béquer com auxílio de piseta contendo água destilada. A concentração de ovos por mililitro foi estimada em uma câmara de Peters sob microscópio e, posteriormente, padronizada para 1.000 ovos.ml⁻¹.

3.4 Inoculação

3.4.1 *Cercospora sojina*

3.4.1.1 Preparo da Suspensão de Conídios

Em uma bandeja, com aproximadamente 15 dias da repicagem, foram dispostas placas de Petri contendo os isolados das raças de *C. sojina*. Nas placas foi acrescentado o agente dispersante “Tween 80” (polioxietileno sorbitano monolaurato) a 0,05% em água destilada. A fim de facilitar o desprendimento dos conídios do patógeno, um pincel foi passado várias vezes sob o meio de cultura. A solução resultante foi filtrada em uma peneira de 500 mesh, diluída em 1 litro de água destilada e agitada para a homogeneização. Com o auxílio de um hemacitômetro a solução foi calibrada para a concentração de $3,5 \times 10^4$ conídios por mililitro (MOREIRA, 1990).

3.4.1.2 Inoculação das Plantas

As plantas de soja das linhagens BCR 1 a BCR 32 juntamente com as testemunhas Bossier, Conquista, Valiosa RR e FT-Cristalina dos experimentos 1, 2 e 3, ao atingir o estágio vegetativo V4 (3 trifólios), foram inoculadas com a suspensão de

conídios de *C. soja* com o uso de um borrifador manual. Após a inoculação as plantas permaneceram sob nebulização por 72 horas (MOREIRA, 1990).

3.4.2 *Erysiphe diffusa*

Para a avaliação da reação à oídio, houve infecção natural com plantas infectadas intercaladas com as linhagens de soja BCR. A infecção ocorreu de forma generalizada e uniforme entre as linhagens adjacentes.

3.4.3 *Heterodera glycines*

A concentração de ovos de *H. glycines* obtida foi padronizada para 2000 ovos por planta, totalizando 6000 ovos por vaso, aproximadamente. O substrato utilizado neste experimento para o plantio das linhagens BCR foi utilizado 50% de areia e 50% deste solo previamente infestado.

3.4.4 *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*

Três a quatro dias após a emergência das plantas, aproximadamente 3000 ovos de *M. javanica* e *M. incognita* dos experimentos 5 e 6 foram acrescentados ao solo, a 2 cm de profundidade, em dois orifícios próximos ao colo de cada plântula. A metodologia foi realizada de acordo com SILVA (2000).

3.5 Avaliação da incidência e severidade das doenças e resistência dos genótipos

3.5.1 *Cercospora soja*

A avaliação da incidência e severidade da doença foi realizada desde os primeiros sintomas tomando como referência o folíolo mais infectado de cada planta. Desde então, cinco avaliações foram realizadas com intervalo de três dias. A quantificação da severidade foi baseada na escala de notas proposta por MOREIRA (1990) (Tabela 3).

Foi atribuída nota ao vigor da planta de acordo com a incidência da doença nos folíolos não avaliados.

Tabela 3 – Escala utilizada para a avaliação da severidade de *Cercospora sojina*. Viçosa, 2012

Nível de severidade	Nota atribuída	Tipo de Reação
Ausência de lesão	1	R
Até 10%	1,1 a 1,9	R
De 11 a 50%	2 a 2,9	MR
De 26 a 50%	3 a 3,9	S
De 51 a 75%	4 a 4,5	S
De 76 a 100%	4,5 a 5	AS

Fonte: Adaptado de: MOREIRA (1990).

3.5.2 *Erysiphe diffusa*

A partir do surgimento dos primeiros sintomas da doença, foram feitas cinco avaliações com intervalo de três dias entre as mesmas. A quantificação da severidade foi baseada no folíolo mais infectado de acordo com a escala de notas de YORINORI (1997) adaptada por PEREIRA (2001) (tabela 4).

Tabela 4 – Escala utilizada para a avaliação da severidade de *Erysiphe diffusa* em linhagens elite de soja, Viçosa, 2012

Nível de Severidade	Nota atribuída	Tipo de Reação
Ausência de lesão	1	R
Até 25%	1,1 a 2	R
De 26 a 50%	2,1 a 3	MR
De 51 a 75%	3,1 a 4	MS
De 76 a 99%	4,1 a 4,9	S
100%	5	AS

Fonte: PEREIRA (2001).

Foi atribuída nota ao vigor da planta de acordo com a incidência da doença nos outros folíolos.

3.5.3 *Heterodera glycines*

Aos 30 dias após a inoculação a parte aérea foi eliminada e o sistema radicular foi removido do solo em um recipiente com água. Posteriormente as raízes foram colocadas sob água corrente para a remoção do solo remanescente. O número de fêmeas em cada raiz foi contado com o auxílio de lupa de aumento (20X) com as raízes secas dispostas sob folhas de jornal.

A classificação dos genótipos quanto à reação ao NCS foi avaliada a partir do Índice de Fêmeas (IF) obtido da relação entre o número de cistos da linhagem e o número de cistos da cultivar Lee 74 (padrão de suscetibilidade) X 100. As linhagens com o IF < 10% foram classificadas como resistentes; IF entre 10 e 30% como moderadamente resistente e suscetível se o IF > 30% (DIAS et al., 2009).

3.5.4 *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*

Após o mesmo procedimento para NCS, as galhas de cada sistema radicular foram contadas.

A determinação do nível de resistência de cada linhagem aos nematoides das galhas foi realizada a partir da relação entre o número de galhas da linhagem analisada e o número de galhas da cultivar Conquista (padrão de resistência). As linhagens com número de galhas menor que 10% do número de galhas observado na cultivar Conquista foram consideradas resistentes; entre 10 e 20% como moderadamente resistente e maior que de 20% de galhas foram suscetíveis.

3.6 Análise dos dados

3.6.1 Área abaixo da curva de progresso da doença – AACPD

Os dados das cinco avaliações das doenças foliares foram transformados no índice AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) para cada repetição de cada tratamento. Este índice foi calculado conforme SHANER E FINNEY (1977):

$$\text{AACPD} = \sum \left[\frac{(Y_1 + Y_2)}{2} \right] \times (t_2 - t_1), \text{ em que,}$$

Y1 e Y2 são os valores de severidade atribuídos a cada genótipo em duas avaliações consecutivas, em nota e

$t_2 - t_1$ é o intervalo entre duas avaliações consecutivas, em dias.

Apenas os valores de AACPD foram submetidos à análise estatística.

3.6.2 Análise univariada

Em estudo da distribuição dos dados a partir da estimação da simetria, curtose e tendência à normalidade pelo teste de Lilliefors, foi constatada a necessidade de transformação dos dados para os caracteres de doenças radiculares em:

$$\sqrt{(x + 0,5)}$$

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}, \text{ em que:}$$

Y_{ij} : Observação referente ao i -ésimo genótipo na j -ésima repetição;

μ : média geral;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo (efeito fixo);

E_{ij} : erro aleatório.

Após as análises de variância pelo teste F foi realizado o teste de agrupamento de médias para cada caráter por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3.6.3 Análise multivariada

A análise multivariada, considerando as doenças avaliadas, foi realizada por meio dos componentes principais e da análise de agrupamento para a estimação da diversidade genética. Para as doenças foliares foram utilizados os valores de AACPD e para as doenças radiculares o número de fêmeas e galhas.

3.6.3.1 Diversidade genética

O estudo da diversidade genética entre as linhagens BCR foi realizado a partir da Distância Euclidiana Média Padronizada como medida de dissimilaridade, conforme:

$$d_{ii'}^2 = \frac{1}{n} \sum_j (x_{ij} - x_{i'j})^2, \text{ em que:}$$

$d_{ii'}$: Distância Euclidiana Média Padronizada entre a linhagem i e a linhagem i' ;

x_{ij} : valor padronizado da linhagem i na variável j ;

x_{ij} : valor padronizado da linhagem i na variável j ;

n : número de variáveis.

O agrupamento das linhagens foi realizado pelo método hierárquico de Ligação Média Entre Grupos (UPGMA) e pelo método de otimização Tocher.

No método UPGMA o dendrograma foi estabelecido considerando a dissimilaridade entre as linhagens dada por:

$$D_{(ij)k} = \text{média} \{d_{ik}; d_{jk}\} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

A contribuição relativa de cada caráter para a diversidade dos genótipos foi estimada pelo método de SINGH (1981).

Para a utilização do método de otimização Tocher, foi obtida previamente a matriz de dissimilaridade sobre a qual é identificado o par de linhagens mais similares. Esse par de indivíduos forma o primeiro grupo, a partir do qual é avaliada a possibilidade de inclusão de novos indivíduos, adotando o critério de que a distância média intragrupo deverá ser menor que a distância média intergrupo. A inclusão ou não de uma linhagem k no grupo foi feita considerando:

Se $\frac{d(\text{grupo})k}{n} \leq \theta$, o indivíduo “ k ” será incluído no grupo;

Se $\frac{d(\text{grupo})k}{n} > \theta$, o indivíduo “ k ” não será incluído no grupo.

Sendo n o número de indivíduos que constitui o grupo original e

θ o valor máximo da medida de dissimilaridade observado no conjunto das menores distâncias envolvendo cada indivíduo.

A distância entre o indivíduo k e o grupo formado pelos indivíduos ij é dado por:

$$D_{(ij)k} = d_{ik} + d_{jk}$$

3.6.3.3 Componentes principais

A técnica de componentes principais foi utilizada para avaliar a análise da diversidade das linhagens com o objetivo de transformar, por combinação linear, o

conjunto dos seis caracteres originais em poucos componentes capazes de reter o máximo da informação do estudo. Desde que os dois ou três primeiros componentes principais atinjam 70% da variação total, estes serão considerados em estudos de dispersão gráfica em eixos cartesianos. Assim, considerando Y_{i1} e Y_{i2} os dois primeiros componentes principais, tem-se:

$$Y_{i1}: a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + \dots + a_nx_{in}$$

$$Y_{i2}: b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_nx_{in}$$

Onde,

Y_{i1} : Componente principal 1: apresenta a maior variância (retém o máximo da informação dos caracteres);

Y_{i2} : Componente principal 2: segunda maior variância;

a_i e b_i : coeficiente de ponderação no 1º e 2º componente principal e

X_{in} : variáveis originais padronizadas.

A contribuição relativa de cada componente principal Y_i foi calculada em termos de variância:

$$\text{Importância Relativa } Y_i = \frac{V(Y_j)}{\sum V(Y_j)} = \frac{\lambda_j}{\sum \lambda} = \frac{\lambda}{\text{traço}(R)}$$

Sendo R a matriz de correlação entre as características analisadas.

3.6.4 Correlação

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância no melhoramento, principalmente se um deles é de difícil mensuração, avaliação ou herdabilidade baixa (CRUZ et al., 2004). A correlação é estimada por meio da expressão fenotípica:

$$r_{xy} = \frac{\text{COV}(X,Y)}{\sqrt{V(X) \times V(Y)}}$$

Desse modo, a correlação foi mensurada entre todos os caracteres avaliados nas linhagens BCR.

3.6.5 Repetibilidade

Ao se avaliar um ou mais caracteres de um genótipo, espera-se que seu comportamento naquelas condições reflita seu verdadeiro potencial genético como um todo (CRUZ et al., 2004). Desse modo, a veracidade desta expectativa poderá ser comprovada pelo coeficiente de repetibilidade do caráter em questão. Entretanto, essa análise só pode ser avaliada quando é feita a medição de um caráter repetidas vezes num mesmo indivíduo.

A repetibilidade expressa a proporção da variância total, que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum. Sua mensuração é a correlação entre as medidas realizadas no mesmo indivíduo. Nos experimentos 1, 2 e 3, as avaliações das doenças foliares foram repetidas no tempo, por cinco vezes, de três em três dias. Desse modo, o modelo estatístico considerado será:

$$Y_{ij} = \mu + (G + E_p + GE_p)_i + (E_t + GE_t)_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$$

em que,

Y_{ij} : valor fenotípico da característica referente ao i-ésimo indivíduo no j-ésimo tempo;

μ : média geral;

G_i : efeito genotípico sobre a característica do i-ésimo indivíduo;

$(E + GE_p)_i = E_p/G_i$: efeito permanente do meio sobre a característica do i-ésimo indivíduo;

$(E_t + GE_t)_{ij}$ = efeito temporário, ou localizado, do j-ésimo ambiente sobre o i-ésimo indivíduo.

Desse modo, o coeficiente de repetibilidade foi obtido pela equação:

$$\hat{\rho} = \frac{\hat{\sigma}^2_g}{\hat{\sigma}^2_g + \hat{\sigma}^2}$$

em que:

Y_{ij} e $Y_{ij'}$ são as diferentes medidas, realizadas numa mesma linhagem, em ocasiões diferentes;

$\hat{\sigma}^2_g$: variância genotípica associada aos efeitos permanentes sobre as linhagens avaliadas e

$\hat{\sigma}^2$: variância ambiental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise univariada

4.1.1 Doenças Foliares

As análises univariadas relativas às doenças foliares dos experimentos 1, 2 e 3 foram realizadas com base na AACPD. Segundo CAMPBELL E MADDEN (1990) a determinação da severidade da doença é uma medida estimada com o auxílio de escalas diagramáticas. Apesar das cinco avaliações efetuadas para mancha olho-de-rã e oídio, trabalhos anteriores já apresentaram que a AACPD é a metodologia mais aceita como critério para determinação do grau de resistência de linhagens e cultivares (GUERRA, 2007). Isto pode ser evidenciado pela maior consistência epidemiológica dessa variável haja vista que a AACPD é baseada em muitas avaliações ao longo da epidemia da doença tornando-se mais confiável para avaliação de sua severidade.

Vários trabalhos relatam da necessidade de transformação dos dados de AACPD para atender as pressuposições da análise de variância (COSTA et al., 2008; GUERRA, 2007). Porém, de acordo com o teste de Lilliefors, não foi necessária a transformação dos dados nesse trabalho. As análises de variância para os três experimentos evidenciaram diferenças significativas entre as médias dos genótipos pelo teste F a 1% de probabilidade (tabelas 5 e 6). Os coeficientes de variação obtidos foram menores que 25% indicando menor variação entre as repetições e maior confiabilidade dos dados.

Tabela 5 – Análise de Variância de 35 genótipos de soja com base na AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) da mistura de isolados de *C. soja* referente ao experimento 1.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Mistura de Isolados de <i>Cercospora soja</i>	Oídio
Genótipos	34	1342,94 **	928,01 **
Resíduo	152	39,47	36,58
Média		25,63	28,57
CV (%)		24,51	21,17

** Significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 6 – Análise de Variância de 36 genótipos de soja com base na AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) das raças 15 e 23 de *C. soja* referente aos experimentos 2 e 3.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Raça 15 de <i>C. soja</i>	Raça 23 de <i>C. soja</i>
Genótipos	35	411,64 **	41,83 **
Resíduo	144	10,22	2,67
Média		19,19	13,77
CV (%)		16,65	11,88

** Significativo a 1% pelo teste F.

No experimento 1 (mistura de isolados de *C. soja* e oídio) a cultivar Bossier foi o padrão de suscetibilidade e as cultivares Valiosa RR e Conquista os padrões de resistência à mistura de isolados de *C. soja*. Cinco grupos foram formados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 7). Foram identificadas 22 linhagens no primeiro grupo (letra ‘e’) e duas no segundo (letra ‘d’) com provável resistência indicada pelos menores valores totais de AACPD. Os padrões de resistência Conquista e Valiosa RR foram agrupados no terceiro grupo (‘c’).

Na execução dos ensaios DHE (distinguilidade, homogeneidade e estabilidade) de cultivares de soja de 2007 oficializado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), houve padronização dos protocolos utilizados para cada doença bem como dos termos utilizados para descrever os níveis de severidade. Sabe-se que no protocolo referente à mistura de isolados de *C. soja* as raças obrigatórias são 2, 4, 7, 9, 15, e 17. Apesar de as cultivares Conquista e Valiosa RR terem sido agrupadas no terceiro grupo, EMBRAPA (2011) mostra reação de resistência à mistura de isolados. Isso indica que, as linhagens agrupadas nos dois primeiros grupos (‘e’ e ‘d’) foram, neste trabalho, mais resistentes do que as testemunhas. Por sua vez, a cultivar Valiosa RR também obteve maior valor de AACPD do que as linhagens dos dois primeiros grupos. A cultivar Bossier foi incluída no quarto grupo (‘b’), onde apenas mais três linhagens foram dispostas. Das 32 linhagens, oito apresentaram valores superiores de AACPD juntamente com Bossier (grupos a e b) e 22 valores inferiores (grupo e). Duas linhagem com comportamento intermediário foi agrupada com Conquista e Valiosa RR.

Quanto à reação ao oídio, o desempenho das linhagens foi divergente. As cultivares Bossier, Conquista e Valiosa RR foram resistentes ao patógeno e

apresentaram menores valores de AACPD. No mesmo grupo foram dispostas oito linhagens possivelmente resistentes com valores de AACPD variando de 12,84 a 19,68. Quatorze linhagens foram dispostas em três grupos com altos valores de AACPD variando de 54,90 a 35,10. No último grupo dez linhagens apresentaram valores intermediários de AACPD variando entre 21 e 30.

Tabela 7 – Análise e agrupamento de 35 genótipos de soja com base nas médias de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) das doenças *C. sojina* (mistura de isolados) e Oídio referente ao experimento 1.

Genótipos	AACPD	
	<i>C. sojina</i> Mist.	Oídio
BCR 1	44,97 b	28,86 d
BCR 2	13,02 e	45,72 b
BCR 3	12,30 e	18,99 e
BCR 4	14,79 e	30,39 d
BCR 5	14,22 e	45,27 b
BCR 6	12,00 e	54,69 a
BCR 7	12,00 e	42,9 b
BCR 8	12,18 e	51,99 a
BCR 9	12,24 e	47,07 b
BCR 10	12,00 e	25,71 d
BCR 11	12,63 e	42,39 b
BCR 12	12,12 e	34,89 c
BCR 13	12,84 e	23,16 d
BCR 14	12,39 e	33,00 c
BCR 15	12,45 e	52,59 a
BCR 16	12,15 e	24,54 d
BCR 17	12,03 e	43,86 b
BCR 18	12,87 e	44,76 b
BCR 19	13,56 e	22,65 d
BCR 20	54,60 a	49,83 a
BCR 21	52,71 a	35,10 c
BCR 22	32,55 c	22,23 d
BCR 23	28,14 d	16,05 e
BCR 24	50,04 b	24,18 d
BCR 25	56,04 a	15,21 e
BCR 26	15,78 e	15,54 e
BCR 27	52,35 a	20,28 d
BCR 28	12,99 e	19,68 e
BCR 29	13,53 e	14,94 e
BCR 30	12,00 e	16,11 e
BCR 31	46,95 b	14,31 e
BCR 32	23,94 d	21,84 d
Bossier	47,52 b	14,76 e
Valiosa RR	40,53 c	13,14 e
Conquista	39,39 c	12,84 e

Médias seguidas pela mesma letra na horizontal pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Seis grupos foram formados pelo teste de Scott-Knott para a raça 15 e cinco para a raça 23 de *C. sojina* (Tabela 8). Para a raça 15 os padrões Conquista, Valiosa RR e FT-Cristalina foram agrupadas juntamente com outras 19 linhagens pelo baixo valor de AACPD (de 12,00 a 14,97). Outros grupos de comportamento intermediário agruparam nove linhagens. As quatro linhagens restantes e a cultivar Bossier foram divididas em dois grupos de maior suscetibilidade pela maior AACPD (de 33,33 a 41,73). Para a raça 23 a cultivar Conquista, que possui reação intermediária, foi agrupada com as linhagens BCR 20 e BCR 32 com AACPD de 18,84 a 19,29. Vinte e oito linhagens foram divididas em dois grupos pela menor AACPD (12 a 15), indicando possível resistência à raça. Apenas as linhagens BCR 21 e BCR31 foram superiores a BCR 20 no valor de AACPD, o que indica possível suscetibilidade. Menos de 30 das 258 cultivares listadas pelo Boletim da EMBRAPA (2011) estão especificadas quanto a reação às raças 15 e 23 de *C. sojina*. Entretanto, o estudo da reação de novos materiais a essas raças possui grande importância como fonte de resistência em caso de epidemias de subpopulações em uma região específica.

Tabela 8 – Análise e agrupamento de 36 genótipos de soja com base nas médias de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) das raças 15 e 23 de *C. sojina* referente aos experimentos 2 e 3.

Genótipos	AACPD	
	<i>C. sojina</i> Raça 15	<i>C. sojina</i> Raça 23
BCR 1	36,55 b	15,78 d
BCR 2	12,00 f	12,03 e
BCR 3	12,00 f	12,30 e
BCR 4	28,74 c	13,41 d
BCR 5	26,70 d	13,62 d
BCR 6	13,11 f	12,03 e
BCR 7	12,84 f	12,00 e
BCR 8	13,68 f	12,03 e
BCR 9	13,74 f	12,00 e
BCR 10	12,42 f	12,00 e
BCR 11	14,34 f	12,51 e
BCR 12	13,35 f	12,09 e
BCR 13	12,63 f	12,03 e
BCR 14	13,53 f	12,00 e
BCR 15	12,39 f	12,00 e
BCR 16	12,36 f	12,21 e
BCR 17	14,76 f	12,15 e
BCR 18	13,20 f	16,80 c
BCR 19	20,19 e	12,30 e
BCR 20	34,08 b	19,29 b
BCR 21	41,73 a	22,11 a
BCR 22	24,78 d	14,34 d
BCR 23	27,39 d	12,00 e
BCR 24	18,96 e	14,16 d
BCR 25	12,00 f	12,57 e
BCR 26	12,36 f	12,54 e
BCR 27	31,20 c	12,00 e
BCR 28	19,83 e	12,30 e
BCR 29	14,97 f	12,30 e
BCR 30	12,00 f	12,51 e
BCR 31	37,47 b	21,60 a
BCR 32	25,74 d	19,26 b
Conquista	12,21 f	18,84 b
Bossier	33,33 b	12,24 e
Valiosa RR	12,00 f	14,16 d
FT-Cristalina	12,45 f	12,15 e

Médias seguidas pela mesma letra na vertical pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4.1.2 Nematoides

As análises de variância pelo teste F para os experimentos 4, 5 e 6 foram significativas a 1% evidenciando diferença entre os genótipos quanto à reação a nematóides (Tabelas 9 e 10). Os coeficientes de variação obtidos foram 28,19% para NCS; 25,71% para *M. javanica* e 22,31% para *M. incognita*. Em relação ao coeficiente de variação de NCS, MOURA et al. (2008) obtiveram coeficiente de variação de 44,46% para índice de fêmeas e, apesar de ser considerado alto para tal parâmetro, os autores justificam-no pela extrema complexidade de avaliação desse nematoide. Por ser obtido de valores transformados em $\sqrt{x + 0,5}$, o coeficiente de variação de número de fêmeas do experimento 4 foi reduzido de 48,03% para 28,19%. YUE et al. (2001) mencionam que alguns estudos tem sugerido a não transformação dos dados para alguns tipos de análises. Entretanto, pela grande variação dentro das repetições em um mesmo genótipo, a opção de transformar os dados foi admitida. Por esse motivo, a média 10,19 não corresponde ao número real de fêmeas encontradas nas raízes.

Tabela 9 – Análise de Variância de 35 genótipos de soja com base no número de fêmeas de *Heterodera glycines* referente ao experimento 4.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Genótipos	34	38,31 **
Resíduo	31	08,24
Média Geral		10,19
CV (%)		28,19

Análise realizada com dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = o número de fêmeas em cada raiz.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O coeficiente de variação obtido nas análises de variância de nematoides das galhas dos experimentos 5 e 6 foram 23% menores do que os obtidos com os dados não transformados. Esta equação também foi utilizada para a transformação dos dados nos trabalhos de ROCHA et al. (2008a, 2008b) com *M. incognita*, *M. javanica* e *H. glycines*. ROESE et al. (2004), por sua vez, trabalhando com *M. paranaensis* transformaram a variável número de ovos em \sqrt{x} .

Tabela 10 – Análise de Variância de 33 genótipos de soja com base no número de galhas de *M. javanica* e *M. incognita* referente aos experimentos 5 e 6.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>
Genótipos	32	87,49 **	252,07 **
Resíduo	66	39,57	41,59
Média		24,47	28,91
CV (%)		25,71	22,31

Análise realizada com dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = o número de galhas em cada raiz.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

No experimento 4 referente a NCS, as testemunhas foram Lee 74 e FT-Cristalina (padrões de suscetibilidade) e Hartwig (padrão de resistência). O teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade distinguiu três grupos com os três padrões em grupos distintos (Tabela 11).

Tabela 11 – Análise e agrupamento de 35 genótipos de soja com base nas médias do número de fêmeas da raça 3 de NCS referente ao experimento 4.

Genótipo	Número de fêmeas de <i>H. glycines</i> *
BCR 1	02,36 c
BCR 2	07,74 b
BCR 3	07,35 b
BCR 4	07,38 b
BCR 5	04,80 c
BCR 6	12,98 a
BCR 7	11,84 a
BCR 8	12,06 a
BCR 9	11,61 a
BCR 10	09,83 a
BCR 11	12,72 a
BCR 12	09,67 a
BCR 13	11,77 a
BCR 14	11,05 a
BCR 15	13,10 a
BCR 16	12,99 a
BCR 17	10,30 a
BCR 18	08,34 b
BCR 19	12,11 a
BCR 20	12,82 a
BCR 21	15,84 a
BCR 22	13,42 a
BCR 23	15,82 a
BCR 24	11,24 a
BCR 25	02,97 c
BCR 26	09,21 a
BCR 27	11,25 a
BCR 28	10,88 a
BCR 29	13,93 a
BCR 30	11,51 a
BCR 31	10,14 a
BCR 32	06,00 b
Lee 74	12,80 a
Hartwig	00,70 c
FT-Cristalina	07,89 b

Médias seguidas pela mesma letra na vertical pertencem ao mesmo agrupamento de Scott- Knott a 5% de probabilidade. *Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = número de fêmeas em cada repetição.

As linhagens BCR 1, 5 e 25 foram agrupadas com a cultivar Hartwig, indicando resistência. A cultivar Lee 74, padrão internacional de suscetibilidade à raça 3 do NCS, foi agrupada com 24 das 32 linhagens avaliadas, enquanto as cinco linhagens

remanescentes foram agrupadas com a cultivar FT-Cristalina, também suscetível à raça 3. DIAS et al. (2009) relatam que em testes realizados com NCS pela Embrapa Soja, em Londrina (PR), a cultivar Lee 74 é utilizada como padrão de suscetibilidade e como cultivar diferenciadora de raças e Hartwig como padrão de resistência. Hartwig também foi sugerida como nova diferenciadora de raças do NCS por DIAS et al. (1998), porém acrescentando o sinal positivo (+) quando uma população do nematoide parasitá-la. Apesar de no Brasil existir ainda mais variabilidade do NCS do que nos Estados Unidos com a presença de onze raças (raças 1, 2, 3, 4, 4+, 5, 6, 9, 10, 14 e 14+), nos estados do Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul a raça de maior agressividade e predominância é a raça 3.

Quanto ao nematoide das galhas, 17 e 16 linhagens foram agrupadas juntamente com a cultivar padrão de resistência (Conquista) quanto à reação a *M. javanica* e *M. incognita*, respectivamente. Apesar da resistência desta cultivar às duas espécies do nematoide, a maior ênfase desse material em seu lançamento foi dada a resistência ao cancro da haste, mancha olho-de-rã, pústula bacteriana, fogo selvagem e mosaico comum da soja. Entretanto, com a infestação de nematoides das galhas em Mato Grosso e Minas Gerais, estados onde a cultivar é recomendada, sua importância foi enfatizada no trabalho de ASMUS E ANDRADE (1997), onde os autores avaliaram sua resistência a *M. javanica*. Inoculando 5 ml de solução de ovos na concentração de 1000 ovos.ml⁻¹, foram observados 3.152 ovos por grama de raiz na cultivar Conquista, valor aproximadamente seis vezes menor do que na cultivar de tomate Suscetível Santa Clara. Dentre todas as cultivares comerciais avaliadas, Conquista apresentou menor fator de reprodução do que as cultivares Tucano, Embrapa 20, Curió, Paiaguás e Canário. Dentre as 32 linhagens, BCR 2, 3, 4, 5, 11, 21, 26 e 32 foram agrupadas com a cultivar Conquista aos dois nematoides simultaneamente. Essas linhagens são interessantes para futuros cruzamentos.

Tabela 12 – Análise e agrupamento de 33 genótipos de soja com base nas médias de número de galhas referente aos experimentos 5 e 6.

Genótipos	Número de Galhas*	
	<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>
BCR 1	29,07 a	20,40 b
BCR 2	18,81 b	23,95 b
BCR 3	20,12 b	20,41 b
BCR 4	17,97 b	23,24 b
BCR 5	17,53 b	17,85 b
BCR 6	30,60 a	14,75 b
BCR 7	29,14 a	13,90 b
BCR 8	34,46 a	21,99 b
BCR 9	30,54 a	22,21 b
BCR 10	27,32 a	22,48 b
BCR 11	19,96 b	25,32 b
BCR 12	25,31 a	23,64 b
BCR 13	23,69 b	42,24 a
BCR 14	25,32 a	43,33 a
BCR 15	23,61 b	44,27 a
BCR 16	34,21 a	33,67 a
BCR 17	33,21 a	36,93 a
BCR 18	32,63 a	39,25 a
BCR 19	16,93 b	40,71 a
BCR 20	17,00 b	39,66 a
BCR 21	24,37 b	22,28 b
BCR 22	28,94 a	37,25 a
BCR 23	22,00 b	31,03 a
BCR 24	20,63 b	31,85 a
BCR 25	25,90 a	34,05 a
BCR 26	22,75 b	20,96 b
BCR 27	24,01 b	35,89 a
BCR 28	15,93 b	35,22 a
BCR 29	22,99 b	36,83 a
BCR 30	28,27 a	34,37 a
BCR 31	25,75 a	13,21 b
BCR 32	18,79 b	28,89 b
Conquista	19,52 b	21,79 b

Médias seguidas pela mesma letra na vertical pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = número de galhas em cada repetição.

4.1.3 Análise das Linhagens de Soja

A análise de variância foi realizada para as 32 linhagens quanto à reação às doenças foliares e radiculares. Todas as variáveis foram significativas a 1% pelo teste F (Tabelas 13 e 14). A transformação dos dados em $\sqrt{x + 0,5}$ foi necessária apenas nas variáveis correspondentes aos nematoides. A precisão experimental avaliada por meio do coeficiente de variação foi semelhante às encontradas em experimentos com culturas como soja (UNFRIED, 2007), feijão (PEREIRA et al., 2008) e milho (MORO et al., 2007) e pode ser considerada satisfatória, principalmente porque permitiu detectar diferenças entre as linhagens.

Tabela 13 – Análise de Variância de 32 linhagens de soja com base na AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) de *C. sojina* e Oídio referente aos experimentos 1, 2 e 3.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio			
		Mistura de isolados de <i>C. sojina</i>	Oídio	Raça 15 de <i>C. sojina</i>	Raça 23 de <i>C. sojina</i>
Linhagens	31	1296,17 **	876,15**	408,73**	42,23 **
Resíduo	128	22,50	43,18	11,34	2,73
Média		22,63	31,21	19,40	13,69
CV (%)		20,95	21,05	17,35	12,07

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 14 - Análise de Variância de 32 linhagens de soja com base no número de fêmeas de *H. glycines* e galhas de *M. javanica* e *M. incognita* referente aos experimentos 4, 5 e 6.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
		Nematoide de Cisto	<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>
Linhagens	31	31,88 **	87,87 **	255,15 **
Resíduo	64	08,32	40,50	42,84
Média		10,47	24,62	29,13
CV (%)		27,54	25,84	22,46

Análise realizada com dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = número de fêmeas e galhas em cada repetição. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para a análise das 32 linhagens mais promissoras, foi feito o agrupamento de médias para a severidade das doenças foliares, número de fêmeas e galhas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabelas 15 e 16).

Com relação aos valores de AACPD, as médias foram reunidas em cinco grupos para todas as doenças foliares, exceto oídio, onde seis grupos foram obtidos. As linhagens BCR 3, BCR 26, BCR 29 e BCR 30 foram dispostas no primeiro agrupamento, ou seja, com menor valor de AACPD para todas as doenças foliares. As linhagens BCR 10, BCR 13 e BCR 16 se destacaram pela baixa AACPD para a mistura de isolados de *C. sojina* e valores intermediários a oídio, enquanto BCR 28 apresentou menor valor de AACPD para oídio, Raça 23 e mistura de isolados de *C. sojina* e valores intermediários à raça 15 de *C. sojina*. As linhagens BCR 6, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 17 e 18 apresentaram menor valor de AACPD em relação à *C. sojina*, porém, valores maiores em relação à oídio. Pode-se observar que, apenas nove linhagens foram dispostas no grupo de menor AACPD na avaliação da severidade para oídio; 22 para a mistura de isolados de *C. sojina*, dezenove para a raça 15 e 22 linhagens para raça 23 de *C. sojina*. As linhagens BCR 2 e BCR 9 apesar dos menores valores de AACPD para *C. sojina*, apresentaram os maiores valores para oídio. As linhagens BCR 24, BCR 32, BCR1, BCR 20 e BCR 21 apresentaram maiores valores de AACPD para todas as doenças, o que pode evidenciar suscetibilidade a esses patógenos. Apesar de existirem as escalas diagramáticas com as respectivas classificações de reação do genótipo ao patógeno, BERGAMIM FILHO E AMORIM (1996) ressaltam que a AACPD é uma variável recomendada por muitos autores por representar a epidemia da doença como um todo, pois esta variável não leva em consideração apenas uma avaliação para classificar o genótipo em estudo, mas sim várias avaliações durante os estádios fenológicos da cultura. Desse modo a confiabilidade dos dados e a reação da linhagem a ser obtida terá maior e melhor consistência científica.

Tabela 15 – Análise e agrupamento de 32 linhagens de soja com base nas médias de AACPD (área abaixo da curva de progresso da doença) de *C. sojina* e Oídio referente aos experimentos 1, 2 e 3.

Linhagens	AACPD							
	Mistura de isolados de <i>C. sojina</i>		Oídio		<i>C. sojina</i>			
					Raça 15		Raça 23	
BCR 1	44,97	b	28,86	d	36,55	b	15,78	d
BCR 2	13,02	e	45,72	b	12,00	e	12,03	e
BCR 3	12,30	e	18,99	f	12,00	e	12,30	e
BCR 4	14,79	e	30,39	d	28,74	c	13,41	d
BCR 5	14,22	e	45,27	b	26,70	c	13,62	d
BCR 6	12,00	e	54,69	a	13,11	e	12,03	e
BCR 7	12,00	e	42,90	b	12,84	e	12,00	e
BCR 8	12,18	e	51,99	a	13,68	e	12,03	e
BCR 9	12,24	e	47,07	a	13,74	e	12,00	e
BCR 10	12,00	e	25,71	e	12,42	e	12,00	e
BCR 11	12,63	e	42,39	b	14,34	e	12,51	e
BCR 12	12,12	e	34,89	c	13,35	e	12,09	e
BCR 13	12,84	e	23,16	e	12,63	e	12,03	e
BCR 14	12,39	e	33,00	d	13,53	e	12,00	e
BCR 15	12,45	e	52,59	a	12,39	e	12,00	e
BCR 16	12,15	e	24,54	e	12,36	e	12,21	e
BCR 17	12,03	e	43,86	b	14,76	e	12,15	e
BCR 18	12,87	e	44,76	b	13,2	e	16,80	c
BCR 19	13,56	e	22,65	e	20,19	d	12,30	e
BCR 20	54,60	a	49,83	a	34,08	b	19,29	b
BCR 21	52,71	a	35,10	c	41,73	a	22,11	a
BCR 22	32,55	c	22,23	e	24,78	c	14,34	d
BCR 23	28,14	d	16,05	f	27,39	c	12,00	e
BCR 24	50,04	b	24,18	e	18,96	d	14,16	d
BCR 25	56,04	a	15,21	f	12,00	e	12,57	e
BCR 26	15,78	e	15,54	f	12,36	e	12,54	e
BCR 27	52,35	a	20,28	f	31,20	c	12,00	e
BCR 28	12,99	e	19,68	f	19,83	d	12,30	e
BCR 29	13,53	e	14,94	f	14,97	e	12,30	e
BCR 30	12,00	e	16,11	f	12,00	e	12,51	e
BCR 31	46,95	b	14,31	f	37,47	b	21,60	a
BCR 32	23,94	d	21,84	e	25,74	c	19,26	b

Médias seguidas pela mesma letra na vertical pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Nos agrupamentos do teste de Scott-Knott, apenas dois grupos foram formados nas variáveis número de fêmeas e número de galhas. Nestas variáveis, apenas as linhagens BCR 2, BCR 3, BCR 4 e BCR 5 foram dispostas no grupo de menor

incidência para as três espécies de nematoides. As linhagens BCR 11, BCR 21 e BCR 26 obtiveram menores valores nos nematoides das galhas e BCR 1 em NCS e *M. incognita*.

As doenças da soja analisadas e publicadas no 15º Livro de Tecnologia de Produção da Soja – Região Central do Brasil 2012-2013 da última edição da Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil disponibiliza uma lista de cultivares e suas respectivas reações às principais doenças da cultura. Dentre as 258 cultivares listadas, apenas 26 (10%) são Resistentes a *M. javanica* e 41 (15,9%) a *M. incognita*. Quarenta e cinco cultivares (17,5%) são Moderadamente Resistentes a *M. javanica*, 28 (10,8%) a *M. incognita* e 112 são suscetíveis às duas espécies, o que representa aproximadamente 45% dos materiais genéticos disponíveis ao sojicultor. Para o NCS o número de materiais resistentes também é restrito com apenas 37 cultivares (14,4%) com resistência principalmente às raças 1 e 3 do nematoide. Apesar da importância e necessidade de novas cultivares resistentes a nematoides, a seleção de linhagens apenas pela resistência a *M. javanica*, *M. incognita* e *H. glycines* não é suficiente para a obtenção de uma cultivar que atenda o sojicultor. Nesse caso, linhagens com resistência a várias doenças são imprescindíveis para o sucesso da linhagem e futura cultivar. Neste trabalho, dentre as 32 linhagens avaliadas, apenas BCR 3 apresentou menor valor de AACPD e número de fêmeas e galhas simultaneamente. As linhagens BCR 26 e BCR 11 apresentaram comportamento semelhante à BCR 3, indicando resistência destas linhagens às doenças foliares e radiculares avaliadas.

Em um programa de melhoramento de soja, um dos principais problemas na avaliação da resistência às doenças é a determinação do número de linhagens a serem avaliadas. Este número normalmente é grande, o que exige alta demanda de mão-de-obra e tempo para as avaliações. Evidentemente, quanto maior o número de repetições utilizadas, maior é o esforço despendido nas avaliações. Contudo, se o número de repetições for pequeno, a precisão pode ser reduzida, o que diminuiria a eficiência da seleção (RAMALHO et al., 2005). Apesar do restrito número de materiais avaliados (32 linhagens) em relação ao normalmente conduzido em programas de melhoramento de soja, pode-se dizer que a obtenção das linhagens superiores BCR 3, BCR 11 e BCR 26 foi interessante para o programa.

Tabela 16 – Análise e agrupamento de 32 linhagens de soja com base nas médias de número de fêmeas e galhas referente aos experimentos 5 e 6.

Linhagens	Número de Fêmeas*		Número de Galhas*			
	<i>H. glycines</i>		<i>M.javanica</i>		<i>M. incognita</i>	
BCR 1	02,36	b	29,07	a	20,41	b
BCR 2	07,74	b	18,81	b	23,95	b
BCR 3	07,35	b	20,12	b	20,42	b
BCR 4	07,38	b	17,97	b	23,24	b
BCR 5	04,80	b	17,53	b	17,85	b
BCR 6	12,98	a	30,60	a	14,75	b
BCR 7	11,84	a	29,14	a	13,91	b
BCR 8	12,05	a	34,46	a	21,99	b
BCR 9	11,61	a	30,54	a	22,21	b
BCR 10	09,83	a	27,33	a	22,48	b
BCR 11	12,72	a	19,96	b	25,32	b
BCR 12	09,67	a	25,31	a	23,64	b
BCR 13	11,77	a	23,69	b	42,24	a
BCR 14	11,05	a	25,32	a	43,33	a
BCR 15	13,14	a	23,61	b	44,27	a
BCR 16	12,99	a	34,21	a	33,67	a
BCR 17	10,30	a	33,21	a	36,93	a
BCR 18	08,34	b	32,63	a	39,25	a
BCR 19	12,11	a	16,93	b	40,71	a
BCR 20	12,82	a	17,07	b	39,66	a
BCR 21	15,84	a	24,37	b	22,28	b
BCR 22	13,42	a	28,94	a	37,25	a
BCR 23	15,82	a	22,00	b	31,03	a
BCR 24	11,24	a	20,63	b	31,85	a
BCR 25	02,97	b	25,90	a	34,05	a
BCR 26	09,21	a	22,75	b	20,96	b
BCR 27	11,25	a	24,01	b	35,89	a
BCR 28	10,88	a	15,93	b	35,22	a
BCR 29	13,93	a	22,99	b	36,83	a
BCR 30	11,51	a	28,27	a	34,37	a
BCR 31	10,14	a	25,75	a	13,21	b
BCR 32	06,00	b	18,79	b	28,89	a

Médias seguidas pela mesma letra na vertical pertencem ao mesmo agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Dados transformados em $\sqrt{(x+0,5)}$, sendo x = número de fêmeas e galhas em cada repetição.

4.1.3 Reação das linhagens às doenças

A reação das linhagens a mancha olho-de-rã e ao oídio foi atribuída pela última avaliação, segundo adaptação da escala diagramática de MOREIRA (1990) para mancha olho-de-rã e PEREIRA (2001) para oídio (Tabela 17).

Tabela 17 – Reação de 32 linhagens de soja com base nas médias da última avaliação de severidade de *C. sojina* e Oídio, referente aos experimentos 1, 2 e 3.

Linhagens	Mistura de isolados de <i>C. sojina</i> *		Oídio*		<i>C. sojina</i> *			
					Raça 15		Raça 23	
BCR 1	4,60	AS	2,40	MR	5,00	AS	2,00	MR
BCR 2	1,10	R	3,70	S	1,08	R	1,04	R
BCR 3	1,04	R	2,06	MR	1,00	R	1,12	R
BCR 4	1,24	R	3,02	S	4,26	S	1,44	R
BCR 5	1,24	R	4,08	S	3,82	S	1,28	R
BCR 6	1,00	R	4,68	AS	1,20	R	1,06	R
BCR 7	1,00	R	3,68	S	1,24	R	1,00	R
BCR 8	1,08	R	4,60	AS	1,30	R	1,06	R
BCR 9	1,04	R	3,42	S	1,40	R	1,02	R
BCR 10	1,00	R	2,22	MR	1,04	R	1,00	R
BCR 11	1,04	R	3,90	S	1,36	R	1,10	R
BCR 12	1,08	R	3,10	S	1,22	R	1,02	R
BCR 13	1,08	R	2,06	MR	1,22	R	1,04	R
BCR 14	1,06	R	3,28	S	1,26	R	1,04	R
BCR 15	1,06	R	4,48	S	1,14	R	1,20	R
BCR 16	1,02	R	2,88	MR	1,16	R	1,08	R
BCR 17	1,00	R	4,80	AS	1,36	R	1,08	R
BCR 18	1,08	R	4,18	S	1,18	R	1,92	R
BCR 19	1,12	R	2,30	MR	2,46	MR	1,06	R
BCR 20	4,44	S	4,12	S	4,16	S	2,48	MR
BCR 21	4,60	S	4,26	S	5,00	AS	3,58	S
BCR 22	3,18	S	2,44	MR	2,58	MR	1,36	R
BCR 23	2,42	MR	1,32	R	3,14	S	1,04	R
BCR 24	4,41	S	1,74	R	2,14	MR	1,64	R
BCR 25	1,80	R	1,28	R	1,00	R	1,14	R
BCR 26	1,34	R	1,52	R	1,14	R	1,14	R
BCR 27	4,46	S	1,82	R	4,26	S	1,00	R
BCR 28	1,14	R	1,72	R	1,90	R	1,04	R
BCR 29	1,26	R	1,36	R	1,50	R	1,06	R
BCR 30	1,00	R	1,32	R	1,00	R	1,08	R
BCR 31	4,44	S	1,20	R	4,92	AS	2,78	MR
BCR 32	3,64	S	1,78	R	3,68	S	2,08	MR

* Notas visuais com base na escala diagramática de MOREIRA (1990) e PEREIRA (2001) variando de 1: ausência de lesões a 5: 100% do folíolo infectado (Tabelas 3 e 4).

As linhagens BCR 26, BCR 28, BCR 29 e BCR 30 apresentaram reação de resistência a todas as doenças foliares. Já a BCR 5, foi a linhagem com melhor

desempenho entre os nematoides com comportamento de resistência aos nematoide das galhas e moderadamente resistente ao nematoide de cisto. As linhagens BCR 3, 10, 13 e 16 foram resistentes a *C. sojina* e moderadamente resistentes a oídio enquanto BCR 19 apresentou-se como resistente à mistura de isolados e à raça 23 de *C. sojina* e moderadamente resistente a oídio e à raça 15 de *C. sojina*. BCR 1 apresentou resistência a NCS e *M. incognita* e resistência moderada a *M. javanica*. BCR 3 foi resistente a *M. incognita*, moderadamente resistente a *M. javanica* e suscetível ao NCS. Apesar das linhagens BCR 4 e 32 serem suscetíveis a NCS e *M. incognita*, respectivamente, BCR 4 foi resistente a *M. javanica* e moderadamente resistente a *M. incognita* e BCR 32 apresentou-se resistente a *M. javanica* e moderadamente resistente à NCS. Entretanto, avaliando as doenças foliares e radiculares simultaneamente, apenas a linhagem BCR 3 apresentou resistência a quatro das sete doenças avaliadas, resistência moderada a duas e suscetibilidade a apenas uma doença. Nenhuma outra linhagem apresentou esse desempenho. SILVA et al. (2009) afirma que a seleção com base em uma única característica tem se mostrado inadequada, pois na maioria das vezes, é gerado um produto final superior apenas para aquele caráter considerado. Desse modo, para se ter maior chance de êxito em um programa de melhoramento uma estratégia imprescindível é a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de importância econômica (FALEIRO et al., 2002; PEREIRA et al., 2004). Em relação a resistência à doenças, SILVA et al. (2009) obtiveram quatro promissoras linhagens de feijão tipo rosinha avaliando características de interesse como tempo de cozimento, potencial produtivo e resistência à antracnose e à mancha angular. FALEIRO et al. (2002) também selecionaram linhagens de feijão preto com resistência a ferrugem, antracnose e mancha-angular. Segundo CIA et al. (2003) o Instituto Agrônomo de Campinas acrescentou a resistência múltipla em seu programa de melhoramento genético do algodoeiro avaliando constantemente a resistência de linhagens à *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*, *Verticillium dahliae*, à mancha-angular, ramulose e nematoides dos gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e *Helicotylenchus*.

Quanto as doenças radiculares, as linhagens foram discriminadas com base no índice de fêmeas e índice de galhas baseado no número de galhas da linhagem em relação à Conquista (Tabela 18).

Tabela 18 – Reação de 32 linhagens de soja com base nas médias do índice de fêmeas e índice de galhas referente aos experimentos 5 e 6.

Linhagens	<i>H. glycines</i>		<i>M. javanica</i>		<i>M. incognita</i>	
	Índice de Fêmeas		Índice de Galhas		Índice de Galhas	
BCR 1	03,55	R	158,74	S	-11,08	R
BCR 2	37,39	S	29,45	S	23,71	S
BCR 3	32,72	S	18,43	MR	-07,36	R
BCR 4	33,73	S	-13,69	R	17,54	MR
BCR 5	14,83	MR	-19,89	R	-30,94	R
BCR 6	102,85	S	142,98	S	-53,47	R
BCR 7	85,36	S	119,46	S	-59,08	R
BCR 8	91,86	S	217,14	S	03,71	R
BCR 9	82,11	S	141,86	S	05,19	R
BCR 10	63,41	S	107,23	S	12,56	MR
BCR 11	101,03	S	02,84	R	35,57	S
BCR 12	66,86	S	67,78	S	22,52	S
BCR 13	84,34	S	45,39	S	280,63	S
BCR 14	79,87	S	74,50	S	304,21	S
BCR 15	104,41	S	51,50	S	335,15	S
BCR 16	102,64	S	204,13	S	145,19	S
BCR 17	72,15	S	188,02	S	188,98	S
BCR 18	43,29	S	175,19	S	227,43	S
BCR 19	99,18	S	-19,12	R	251,22	S
BCR 20	101,42	S	-12,57	R	240,14	S
BCR 21	153,65	S	63,99	S	13,82	MR
BCR 22	110,56	S	116,71	S	196,35	S
BCR 23	159,34	S	30,06	S	111,01	S
BCR 24	82,31	S	16,19	MR	131,01	S
BCR 25	05,48	R	74,84	S	144,21	S
BCR 26	56,09	S	41,94	S	02,45	R
BCR 27	77,64	S	51,59	S	175,64	S
BCR 28	73,57	S	-33,24	R	161,05	S
BCR 29	132,73	S	43,06	S	187,29	S
BCR 30	80,89	S	113,58	S	153,75	S
BCR 31	77,64	S	78,46	S	-55,78	R
BCR 32	27,03	MR	-08,78	R	108,35	S
Conquista	-		0	R	0	R
Lee 74	100	R	-		-	

1 - Índice de Fêmeas = (n° fêmeas linhagem/n° fêmeas Lee 74) X 100.

2- Índice de Galhas = 100 - (n° galhas linhagem/n° galhas Conquista) X 100.

Linhagens com valores negativos de índice de galhas indicam menor quantidade média de galhas por raiz do que a testemunha de resistência Conquista. Assim, as linhagens BCR 4, 5, 19, 20, 28 e 32 foram mais resistentes do que a testemunha na

reação a *M. javanica* e BCR 1, 3, 5, 6, 7 e 31 a *M. incognita*. Entretanto, também foram resistentes as linhagens BCR 11 a *M. javanica* e BCR 8, 9 e 26 a *M. incognita* por apresentarem índice de galhas até 10% superiores a Conquista. As linhagens BCR 3 e 24 e BCR 4, 10 e 21 apresentaram índice de galhas entre 10 e 20% da testemunha Conquista indicando resistência moderada a esses nematóides. As linhagens remanescentes foram suscetíveis aos respectivos nematóides.

4.2 Análise Multivariada

4.2.1 Diversidade Genética

Diversos autores (COSTA et al., 2006; MACHADO et al., 2002; SETOTAW et al., 2010; SUINAGA et al., 2003) recomendam a utilização de genitores com a máxima divergência genética possível, de modo a maximizar a heterose manifestada nos híbridos, aumentando assim a probabilidade de ocorrência de segregantes de interesse para o programa de melhoramento. Todavia, a seleção de progenitores divergentes com base apenas em características individuais não é tão interessante quanto a seleção baseada em um conjunto de características (ABREU et al., 2004). Desse modo, a diversidade genética entre as linhagens com base na reação às doenças foliares e radiculares foi mensurada.

Pela medida de dissimilaridade Euclidiana Média Padronizada, obteve-se distância média geral de 1,3450 sendo a distância mínima observada entre as linhagens BCR 7 e BCR 9 (0,2836) e a distância máxima observada entre BCR 15 e BCR 31 (2,4755). Esses resultados evidenciam que essas linhagens são, dentre os acessos, as mais divergentes. Isso indica que, caso estas linhagens sejam superiores nos caracteres a serem levados em consideração, possivelmente haverá sucesso nas progênies oriundas do cruzamento entre elas. NASCIMENTO FILHO et al. (2001) estudando a divergência genética entre acessos de guaranazeiro, citam que a Distância Generalizada de Mahalanobis e a Distância Euclidiana são as medidas de dissimilaridade mais utilizadas nos programas de melhoramento genético. Entretanto, a Distância Generalizada de Mahalanobis é utilizada apenas em experimentos com repetições, ou seja, experimentos comuns. Como foram realizados seis experimentos foi possível estimar apenas a variância residual de cada caráter, mas não a covariância residual. Em relação à Distância Euclidiana, NASCIMENTO FILHO et al. (2001) ressaltam que esta medida possui o inconveniente de: I) ser alterada com a mudança de escala de medições; II) ser alterada com o número de caracteres estudados, e III) não levar em consideração o grau

de correlação entre os caracteres. No entanto, CRUZ et al. (2004) relatam que para minimizar o erro da mudança de escala tem sido recomendada a padronização dos dados, enquanto para a influência do número de caracteres, pode-se utilizar a distância euclidiana média, considerada, assim, a medida apropriada para este trabalho.

Em relação aos métodos de agrupamentos, tem se os hierárquicos e os de otimização. Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos. Para este caso, CRUZ et al. (2004) ressaltam o método da distância média (UPGMA) onde a estrutura do agrupamento é baseada na média das distâncias entre todos os pares de genótipos para formação de cada grupo.

O corte no dendrograma gerado pelo método UPGMA (Figura 2) foi realizado em 1,29 da Distância Euclidiana Média, que corresponde a 70% da diversidade entre as linhagens. CRUZ (1990) recomenda que o corte seja feito onde possa ser observada mudança brusca de nível. Assim, a partir desse ponto, foram obtidos sete grupos, visto que o primeiro englobou 23 linhagens, (71,8% dos acessos). CERQUEIRA-SILVA et al. (2010), avaliando a dissimilaridade genética de acessos de maracujazeiros amarelo em relação a características físico-químicas de frutos, obtiveram apenas dois agrupamentos pelo método UPGMA com corte em 70%, sendo obtido cinco agrupamentos com corte a 10% da medida de dissimilaridade. MACHADO et al. (2002) obtiveram três grupos divergentes com corte em 70% pelo agrupamento UPGMA e dissimilaridade por Mahalanobis avaliando diversidade genética entre acessos de feijão. Os autores concluíram alta similaridade e baixa diversidade entre os acessos por essas metodologias.

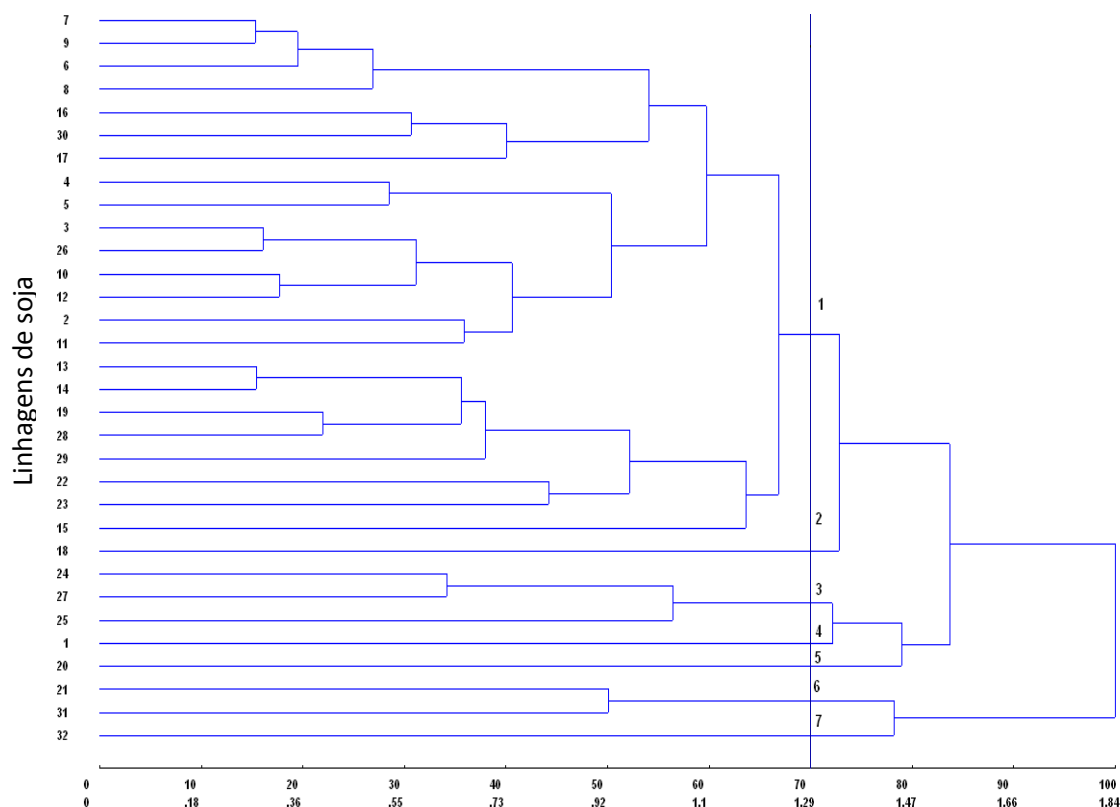


Figura 2 – Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 32 linhagens de soja, obtido pelo método de agrupamento UPGMA (distância aritmética média), utilizando a Distância Euclidiana Média Padronizada como medida de dissimilaridade com base na reação a doenças foliares e radiculares.

Mesmo com a divisão dos grupos em um valor consideravelmente alto, a diversidade se manifestou nos caracteres contrastantes entre as linhagens do grupo 1 com os grupos remanescentes. Nas linhagens contidas nos grupos 1, 2 e 3, a resistência foi, na maioria destas, às doenças foliares. As linhagens dispostas nos grupos de 4 a 7, apesar de apresentar resistência a nenhuma, uma ou duas doenças foliares, sempre apresentavam resistência a pelo menos um dos nematoides. Essa complementaridade de reação de resistência pode ser evidenciado na Tabela 19 onde, a partir de simulações de cruzamentos com linhagens de diferentes ramificações do dendrograma, a probabilidade de obtenção de progênies com resistência múltipla às doenças avaliadas neste trabalho seria consideravelmente aumentada.

Tabela 19 – Simulação de cruzamentos entre dois genitores e o fenótipo de resistência à doenças da possível progênie obtida.

Cruzamento*	Caracteres de Resistência		Doenças
	Genitor 1	Genitor 2	
BCR 7 X BCR 32 (G1 X G7)	Cs Mist. ¹ + Cs15 ³ + Cs23 ⁴ + <i>M. incognita</i> ⁷	Oídio ² + NCS ⁵ (MR) + <i>M. javanica</i> ⁶	R = 1, 2, 3, 4, 6 e 7. MR = 5.
BCR 3 X BCR 25 (G1 X G3)	Cs Mist. ¹ + Cs15 ³ + Cs23 ⁴ + <i>M. javanica</i> ⁶ (MR) + <i>M. incognita</i> ⁷	Cs Mist. ¹ + Oídio ² + Cs15 ³ + Cs23 ⁴ + NCS ⁵	R = 1, 2, 3, 4, 5 e 7. MR = 6.
BCR 1 X BCR 28 (G4 X G1)	NCS ⁵ + <i>M.</i> <i>incognita</i> ⁷	Cs Mist. ¹ + Oídio ² + Cs15 ³ + Cs23 ⁴ + <i>M.</i> <i>javanica</i> ⁶	R = 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.
BCR 5 X BCR 24 (G1 X G3)	Cs Mist. ¹ + Cs23 ⁴ + NCS ⁵ (MR) + <i>M.</i> <i>incognita</i> ⁷	Oídio ² + Cs15 ³ + Cs23 ⁴ + <i>M. javanica</i> ⁶ (MR)	R = 1, 2, 3, 4, 5 e 7. MR = 6.

1 –Cs Mist.- *Cercospora sojina* mistura de isolados; 2-Oídio – *Erysiphe diffusa*; 3-*Cercospora sojina* raça 15; 4- *Cercospora sojina* raça 23; 5- NCS –Nematóide de cisto da soja; 6- *M. javanica*; 7- *M. incognita*. MR = Moderadamente Resistente. *G= Grupo ou ramificação do dendrograma.

A contribuição relativa (CR) dos caracteres para a divergência genética obtida no dendrograma da Figura 2 pode ser visualizada na Tabela 20. Entre os sete caracteres avaliados, *C. sojina*, *Erysiphe diffusa* e *H. glycines* contribuíram com uma fração mínima para a divergência genética dos acessos e, conseqüentemente, no agrupamento das linhagens nas respectivas ramificações. Já os caracteres de nematoides das galhas foram responsáveis por aproximadamente 99% da divisão das linhagens nos sete agrupamentos obtidos pelo método UPGMA. A Contribuição Relativa torna-se importante num programa de melhoramento genético pelo fato de as características com menor contribuição na divergência entre pares de genótipos serem passíveis de eliminação, o que reduziria os custos do programa (LAGES, 1998; SUINAGA et al., 2003). Apesar disso, BERTAN et al. (2006) ressaltam que, mesmo que uma característica na estimativa da contribuição relativa seja de pequena magnitude e inconsistente na quantificação da dissimilaridade genética, esta não deve ser eliminada visto que esta variável pode ser importante para a quantificação da dissimilaridade dos genótipos em sentido mais amplo, como na avaliação por outros caracteres.

Tabela 20 – Contribuição relativa dos caracteres para divergência genética de 32 linhagens de soja com base na reação a doenças pela na Distância Euclidiana Média Padronizada segundo SINGH (1981).

Contribuição Relativa dos Caracteres para Divergência		
Doenças	Desvio Padrão	Valor(%)
<i>M. incognita</i>	296264443,9998	79,1200
<i>M. javanica</i>	73740243,4444	19,6900
<i>H. glycines</i>	3924319,8889	01,0500
<i>C. sojina</i> Raça 23	9781,6700	0,0026
<i>C. sojina</i> Raça 15	81778,6975	0,0218
<i>Erysiphe diffusa</i>	160603,2000	0,0429
<i>C. sojina</i> Mistura de Isolados	267898,9900	0,0715

Nos métodos de otimização os grupos são estabelecidos aperfeiçoando determinado critério de agrupamento, diferindo dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (CRUZ et al., 2004). No método de otimização proposto por Tocher, a partir de uma matriz de dissimilaridade, o par de indivíduos mais similares forma o grupo inicial. A partir deste grupo é analisada a decisão de incluir novos indivíduos desde que a distância intragrupo seja menor que a distância intergrupo (CRUZ E CARNEIRO, 2006; RAO, 1952).

No agrupamento pelo método de otimização de Tocher, houve a formação de 10 grupos, três a mais do que o método UPGMA no corte a 70% de dissimilaridade. Apesar disso, houve grande similaridade entre essas duas metodologias (Tabela 21).

Das linhagens dispostas no Grupo I pelo agrupamento de Tocher, apenas BCR 24 não foi disposta no primeiro grupo pelo método UPGMA. Este grupo foi, baseado na reação da maioria dos acessos, caracterizado pela resistência de duas a quatro doenças foliares. Os grupos II, IV, V, VI, VIII e IX se caracterizaram por apresentar linhagens moderadamente resistentes ou resistentes à um (Grupos II, IV,V), dois (Grupos VI, IX) ou três nematoides (Grupo VIII). No grupo VIII foi incluída isoladamente a linhagem de melhor desempenho entre a reação aos nematoides (BCR 5). O método de Tocher foi satisfatório na separação dos grupos neste trabalho corroborando com BONETT et al. (2006). Comparando o agrupamento de Tocher com UPGMA, estes autores avaliaram o germoplasma de feijoeiro no estado do Paraná e obtiveram o mesmo número de grupos e grande similaridade nos agrupamentos pelas duas metodologias. NASCIMENTO FILHO et al. (2001) avaliando a divergência genética de clones de guaranazeiro, encontrou variabilidade genética entre os grupos formados pelo método de Tocher, em

todos os caracteres considerados na avaliação, concluindo que existe possibilidade de ganhos com a seleção de progênies provenientes de cruzamentos entre clones de grupos distintos. COSTA et al. (2006) encontrou concordância entre o método de Tocher com a dispersão gráfica de variáveis canônicas para a divergência genética entre acessos e cultivares de mamoneira. Todavia, no trabalho de ABREU et al. (2004), o agrupamento realizado pelo método de Tocher não se mostrou concordante com a origem dos acessos de feijão-vagem no estado do Paraná.

Tabela 21 – Agrupamento de 32 linhagens de soja com base na reação à doenças foliares e radiculares pelo método de otimização Tocher.

GRUPOS – Número de linhagens contidas no grupo	Linhagens BCR
I – 21	7, 9, 6, 8, 12, 10, 2, 11, 17, 30, 16, 26, 3, 14, 13, 28, 29, 19, 22, 4, 24
II – 2	21, 31
III – 2	23, 27
IV – 1	20
V – 1	25
VI – 1	1
VII – 1	15
VIII – 1	5
IX – 1	32
X – 1	18

4.2.2 Componentes Principais

Cada componente principal foi constituído pela combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si e estimadas com a finalidade de reter, em ordem decrescente, o máximo de informação em termos de variação total contida nos dados. Na Tabela 22 são apresentadas as variâncias acumuladas dos autovalores e em destaque, as variâncias percentuais dos três primeiros componentes principais juntos. CRUZ et al. (2004) afirmam que para uma melhor interpretação da variabilidade contida nos dados é recomendado que os dois primeiros componentes principais permitam estimativas mínimas de 70% da variação total contida no conjunto de caracteres, o que foi obtido neste estudo apenas com os três primeiros componentes (68,75%).

Tabela 22 – Variâncias acumuladas (%) dos componentes principais entre 32 linhagens de soja com base na reação a doenças foliares e radiculares.

Componente Principal	% Acumulada
CP 1	33,79
CP 2	52,25
CP 3	68,75
CP 4	80,21
CP 5	90,23
CP 6	97,26
CP 7	100,0

Por meio da dispersão gráfica dos escores dos componentes principais é possível visualizar a similaridade entre as linhagens (Figura 3). Com base nos três primeiros componentes principais, utilizando um conjunto de dados referente à resistência a doenças, seis grupos distintos foram formados.

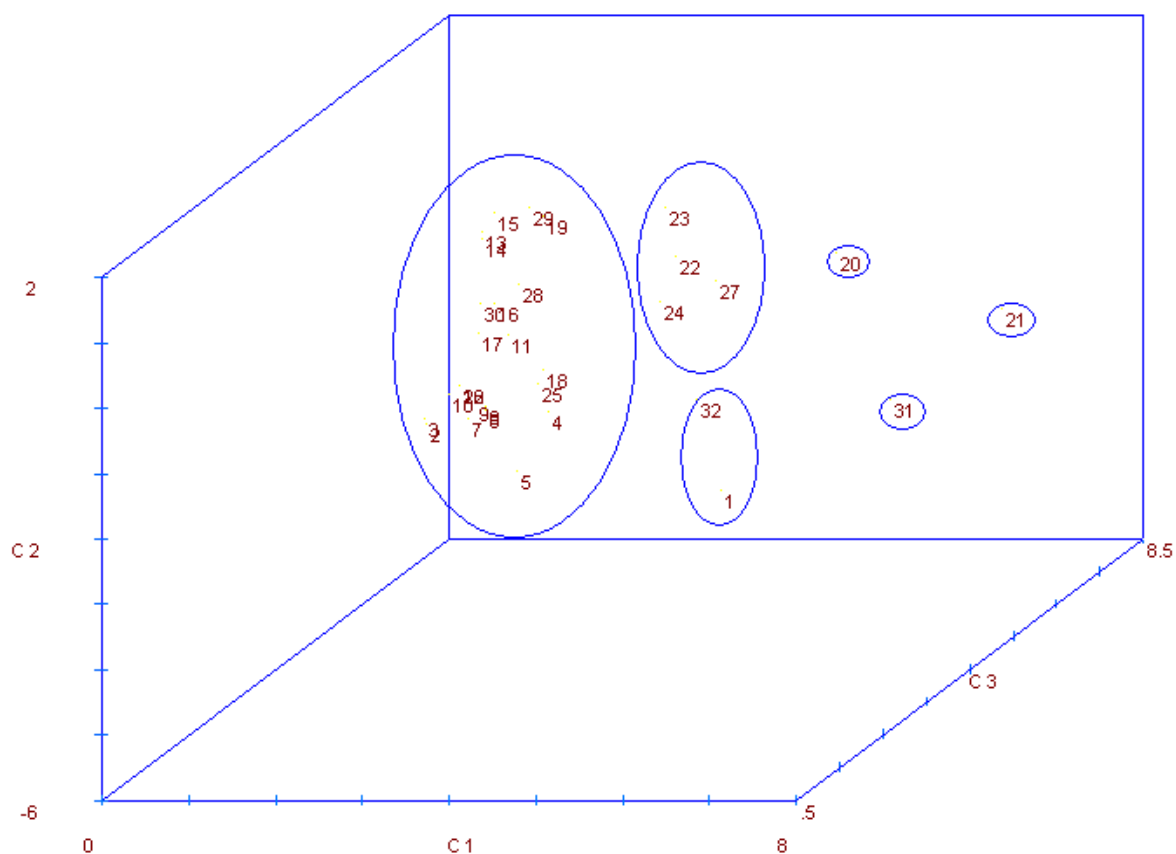


Figura 3 – Dispersão gráfica de 32 linhagens de soja em relação aos três componentes principais estabelecidos pela combinação linear de sete caracteres de reação à doenças foliares e radiculares.

No primeiro agrupamento foram reunidas as linhagens BCR 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 e 30. No segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto grupos, foram agrupadas individualmente as linhagens BCR 21, BCR 31, BCR20, BCR 1 e BCR 32, respectivamente. Comparando os agrupamentos pelos métodos UPGMA (Figura 2), Tocher (Tabela 21) e Componentes Principais (Figura 3), nota-se grande similaridade nas três metodologias em agrupar as linhagens. COSTA et al. (2006) também encontraram resultados semelhantes comparando o método de agrupamento Tocher com o gráfico de Dispersão por Variáveis Canônicas.

4.2.3 Correlação

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente em seleção simultânea, caso a seleção com base em um deles apresente dificuldades em razão da baixa herdabilidade ou problemas de mensuração (CRUZ et al., 2004). Levando em consideração o número elevado de caracteres neste estudo, a estimativa da correlação torna-se relevante a fim de quantificar a verdadeira viabilidade de se estudar, em um mesmo experimento ou com um mesmo grupo de genótipos, caracteres que possuam correlação negativa.

Dentre as estimativas dos coeficientes de correlação (Tabela 23), houve correlação significativa e positiva apenas no patógeno *C. sojina*: mistura de isolados com a raça 15; mistura de isolados com a raça 23 e entre as raças 15 e 23. Esta associação indica que linhagens com reação de resistência a Mistura de isolados de *C. sojina* possa também ser resistentes às raças 15 e 23. O mesmo ocorre para as raças 15 e 23 desse patógeno. Esse resultado pode ser explicado pela herança da resistência, que, segundo VERNETTI E VERNETTI JUNIOR (2009), é controlada por três genes (Rcs1, Rcs2, Rcs3) que conferem resistência a várias raças. Os autores afirmam também que outros genes foram observados em algumas cultivares americanas, sugerindo que há genes adicionais para resistência a esta doença. A reação ao oídio, mesmo não sendo significativa, obteve correlação negativa com praticamente todas as variáveis, exceto NCS e *M. javanica*. As raças isoladas de *C. sojina* obtiveram correlação negativa com todos os nematoides, exceto a raça 15 com NCS. Por sua vez, as espécies de nematoides de galhas também obtiveram correlação negativa entre si (*M. javanica* X *M. incognita*). Esses resultados corroboram com a disposição das linhagens nos respectivos grupos

tanto no agrupamento por UPGMA e Tocher quanto no Gráfico de dispersão. Pelos métodos UPGMA e Tocher foi possível verificar que as linhagens com resistência a doenças foliares raramente eram resistentes aos nematoides, visto que a situação inversa também pode ser observado. No gráfico de dispersão, os grupos também foram definidos como os de resistência à doenças foliares ou radiculares. Esses resultados podem ser de causa genética, sendo necessário o estudo da genealogia e das características dos genitores diante da importância que as doenças foliares e nematoides refletem sob a cultura da soja.

Tabela 23 – Estimativa do coeficiente de correlação linear de Pearson entre sete doenças em 32 linhagens de soja.

Doenças	Correlação de Pearson	Probabilidade (%)
Cs Mist X Oídio	-0,3283	06,3552
Cs Mist X Cs15	0,6731	0,0036 **
Cs Mist X Cs23	0,5398	0,1524**
Cs Mist X NCS	- 0,0626	73,2795
Cs Mist X <i>M. javanica</i>	-0,1222	51,2023
Cs Mist X <i>M. incognita</i>	0,0243	89,0469
Oídio X Cs15	-0,2137	23,8672
Oídio X Cs23	-0,0947	61,2078
Oídio X NCS	0,1119	54,9181
Oídio X <i>M. javanica</i>	0,2328	19,6952
Oídio X <i>M. incognita</i>	-0,1465	57,1173
Cs 15 X Cs 23	0,6788	0,0030**
Cs 15 X NCS	0,0107	95,2220
Cs 15 X <i>M. javanica</i>	-0,2438	17,5440
Cs 15 X <i>M. incognita</i>	-0,1204	51,8350
Cs23 X NCS	-0,0497	78,3367
Cs23 X <i>M. javanica</i>	-0,0318	85,7280
Cs23 X <i>M. incognita</i>	-0,1526	59,1117
NCS X <i>M. javanica</i>	0,1170	53,0627
NCS X <i>M. incognita</i>	0,2516	16,1362
<i>M. javanica</i> X <i>M. incognita</i>	-0,0900	62,9533

** Significativo a 1% de probabilidade pelo “ teste t ”.

4.2.4 Repetibilidade

A repetibilidade é a correlação entre as diferentes medidas de determinado caráter em um mesmo indivíduo, cujas avaliações foram repetidas no tempo ou no espaço. Expressa a proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente (CRUZ et al., 2004). Desse modo, como foram feitas cinco avaliações para cada doença foliar, foi estimado o coeficiente de repetibilidade com base no método da Análise de Variância (Tabela 24).

Tabela 24 – Estimativa dos coeficientes de repetibilidade, coeficientes de determinação da severidade das doenças foliares e número de avaliações necessárias associada a diferentes coeficientes de determinação em 32 linhagens de soja.

Doenças	Estimativa	Coeficiente de Determinação	R ² e Número de Avaliações		
			90%	95%	99%
Cs Mistura	0,9445	98,8387	0,5290	1,1160	05,8160
Oídio	0,9232	98,3641	0,7480	1,5800	08,2320
Cs 15	0,7884	94,9044	2,4160	5,1010	26,5780
Cs 23	0,7289	93,0771	3,3470	7,0660	36,8170

Observou-se que com apenas uma, duas e três avaliações da severidade e da incidência das doenças foliares seria possível selecionar linhagens resistentes à Mistura de isolados de *C. sojina*, oídio e raças 15 e 23 de *C. sojina*, respectivamente com confiabilidade de 95% para as duas primeiras doenças e 90% para a terceira e quarta. MATSUO et al. (2009) concluíram em quinze avaliações, que apenas quatro proporcionaria confiabilidade de 85% para os genótipos avaliados quanto à severidade a oídio.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Embora não tenha sido verificada nenhuma linhagem com resistência à todas as doenças avaliadas, foi possível observar que a diversidade entre elas possibilita que a resistência venha a ser obtida com progênies recombinantes, desde que os genitores sejam devidamente escolhidos. Mesmo que a resistência múltipla e a piramidação de genes sejam onerosas e de difícil obtenção numa cultivar, as linhagens obtidas são relevantes para programas com esse foco. Na escolha de possíveis genitores, é imprescindível levar em consideração a complementaridade desses genótipos quanto a reação às doenças, de modo que a probabilidade de progênies com genes de resistência piramidados e resistência múltipla seja aumentada. Na Tabela 25 é possível avaliar a reação das linhagens às todas as doenças deste trabalho facilitando assim, a escolha dos genitores para cruzamentos. Apesar de terem sido estudados apenas caracteres de resistência a doenças, caracteres agrônômicos como altura de inserção da primeira, altura de planta, resistência às pragas, ao acamamento, qualidade de grão, produtividade, entre outros, devem também ser levados em consideração na escolha de genótipos para cruzamentos promissores.

Tabela 25 – Reação de 32 linhagens de soja à Mistura de isolados de *C. sojina* (Csist), raça 15 (Cs15) e 23 (Cs23) de *C. sojina*, Oídio, NCS, *Meloidogyne javanica* (MJ) e *Meloidogyne incognita* (MI).

Linhagens	CsMist	Oídio	Cs15	Cs23	NCS	MJ	MI
BCR 1	AS	MR	AS	MR	R	S	R
BCR 2	R	S	R	R	S	S	S
BCR 3	R	MR	R	R	S	MR	R
BCR 4	R	S	S	R	S	R	MR
BCR 5	R	S	S	R	MR	R	R
BCR 6	R	AS	R	R	S	S	R
BCR 7	R	S	R	R	S	S	R
BCR 8	R	AS	R	R	S	S	R
BCR 9	R	S	R	R	S	S	R
BCR 10	R	MR	R	R	S	S	MR
BCR 11	R	S	R	R	S	R	S
BCR 12	R	S	R	R	S	S	S
BCR 13	R	MR	R	R	S	S	S
BCR 14	R	S	R	R	S	S	S
BCR 15	R	S	R	R	S	S	S
BCR 16	R	MR	R	R	S	S	S
BCR 17	R	AS	R	R	S	S	S
BCR 18	R	S	R	R	S	S	S
BCR 19	R	MR	MR	R	S	R	S
BCR 20	S	S	S	MR	S	R	S
BCR 21	S	S	AS	S	S	S	MR
BCR 22	S	MR	MR	R	S	S	S
BCR 23	MR	R	S	R	S	S	S
BCR 24	S	R	MR	R	S	MR	S
BCR 25	R	R	R	R	R	S	S
BCR 26	R	R	R	R	S	S	R
BCR 27	S	R	S	R	S	S	S
BCR 28	R	R	R	R	S	R	S
BCR 29	R	R	R	R	S	S	S
BCR 30	R	R	R	R	S	S	S
BCR 31	S	R	AS	MR	S	S	R
BCR 32	S	R	S	MR	MR	R	S

6. CONCLUSÕES

1 – Houve diversidade genética entre as linhagens estudadas com base na reação às doenças.

2 – Foi possível agrupar as linhagens com resistência à doenças foliares e nematoides em grupos distintos e identificar possíveis cruzamentos.

3 – Dentre os materiais analisados foram identificadas 22 linhagens resistentes à Mistura de isolados de *C. sojina*, 10 à Oídio, 20 à raça 15 de *C. sojina*, 27 à raça 23 de *C. sojina*, duas a NCS, 7 à *M. javanica* e 9 linhagens resistentes a *M. incognita*.

4 – A escolha dos genitores BCR 7 X BCR 32; BCR 3 X BCR 25; BCR 1 X BCR 28 e BCR 5 X BCR 24, possibilita a obtenção de progênies com piramidação de genes e resistência múltipla à doenças foliares e radiculares.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, F. B.; LEAL, N. R.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, D. J. H. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.547-552, jul-set 2004.

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 4.ed. New York: Academic Press, 635p. 1997.

AKEM, C. N.; DASHIELL, K. E.; UWALA, A. C. Prevalence of frog-eye leaf spot of soybean in Nigeria. **Trop. Plant Dis**, v.10, p.181–183, 1992.

AKEM, C.N. The effect of timing of fungicide applications on control of frog-eye leaf spot and grain yield of soybeans. **European Journal of Plant Pathology**, v.10, n.2, p.183-187, 1995.

ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Eds) SOJA: Doenças radiculares e de Hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. **Embrapa Soja**, Londrina-PR, 2010.

ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V.; HENNING, A.A.; GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; RESENDE, J. A. M. BERGAMIN, A. F.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. Doenças de Plantas Cultivadas. São Paulo: Ceres, p. 569-588. 2005.

ALZATE-MARIN, A. L., CERVIGNI, G. D. L., MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes à doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira** v.30, p. 333-342. 2005.

ANAND, S. C. Registration of 'Hartwig' soybean. **Crop Science** 32:1069-1070. 1992.

ANAND, S.C.; WRATHER, J.A.; SHUMWAY, G.R. Soybean genotypes with resistance to races of soybean cyst nematode. **Crop Science**, Madison, v.25, p.1073-1075, 1985.

ANTÔNIO, H. Avaliação das perdas causadas por *Meloidogyne incognita* raça 4 no cultivar BR-4 de soja. **Nematologia Brasileira**, 12(1): 29-34. 1988.

ARANTES, N. E.; MIRANDA, M. A. C. Melhoramento genético e cultivares de soja para os cerrados da região sudeste do Brasil. In: **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Potafós, 1993.

ARELLI, P. R.; ANAND, S. C.; WRATHER, J. A. Soybean resistance to soy bean cyst nematode Race 3 is conditioned by an additional dominant gene. **Crop Sci.** v.32, p.862-864. 1992.

ARIAS, C.A.A.; YORINORI, J.T.; TOLEDO, J.F.; KIIHL, R.A.S. Inheritance of resistance of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to races 4 and 15 of frogeye leaf spot fungus (*Cercospora sojina* Hara). **Brazilian Journal of Genetics**, v.19, n.2, p. 295-304, 1996.

ARNY, D. C.; HANSON, E. W.; WOLF, G. L.; OPLINGER, E. S.; HUGHES, W. H. Powdery mildew on soybean in Wisconsin. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 59, p. 288-290, 1975.

ARRIEL, N. H. C. DI MAURO, A. O.; ARRIEL, E. F.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M.; BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Genetic divergence in sesame based on morphological and agronomic traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 07, p. 253-261, 2007.

ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. Effect of population densities of *Heterodera glycines* race 3 on leaf area, photosynthesis and yield of soybean. **Fitopatologia Brasileira**, 27 (3): p. 273-278. 2002.

ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. Reação de cultivares de soja recomendadas para o estado de Mato Grosso do Sul a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**. Vol 20 (2), 74-79. 1996.

ATHOW, K.L. Fungal diseases. In WILCOX, J.R. (Ed.) **Soybeans: Improvement, production, and uses**. ed.2, Madison: Agron, p.687-727, 1987.

ATHOW, K.L.; PROBST, A.H. The inheritance of resistance to frogeye leaf spot of soybeans. **Phytopathology**, v.42, p.660–662, 1952.

ATHOW, K.L.; PROBST, A.H.; KARTZMAN, C.P.; LAVIOLETTE, F.A. A newly identified physiological race of *Cercospora sojina* on soybean. **Phytopathology**, v.52, p.712-714, 1962.

BAKER, W.A.; WEAVER, D.B.; QIU, J.; PACE, P.F. Genetic analysis of frogeye leaf spot resistance in PI54610 and Peking soybean. **Crop Sci**, v.39, p.1021–1025, 1999.

BENIN, G.; CARVALHO, F. I. de; ASSMANN, I. C.; CIGOLINI, J.; CRUZ, P. J.; MARCHIORO, V. S.; LORENCETTI, C.; SILVA, J. A. G. Identificação da dissimilaridade genética entre genótipos de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) do grupo preto. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, p.179-184, 2002.

BERALDO, A. L. A. **Utilização de SCARs para avaliação de genes de resistência à antracnose em feijoeiro**. Dissertação de Mestrado. IAC, Campinas, SP. 79p. 2007.

BERGAMIN FILHO A, AMORIM L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo SP. Editora Ceres, 289 p, 1996.

BISHT, V.S.; SINCLAIR, J.B. Effect of *Cercospora sojina* and *Phomopsis sojiae* alone or in combination on seed quality and yield of soybeans. **Plant Disease**. v.69, p.436–439, 1985.

BLUM, L. E. B., REIS, E. F., PRADE, A. G.; TAVELA, V. J. Fungicidas e mistura de fungicidas no controle do oídio da soja. **Fitopatologia Brasileira** v.27, p.216-218, 2001.

BOERMA, H.R.; R.S. HUSSEY. Breeding plants for resistance to nematodes. **Journal of Nematology**, v.24, p. 242-252, 1992.

BONETT, L. P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; SCHUELTER, A. R.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONELA, A.; LACANALLO, G. F. Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no Estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, p.547-560, 2006.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**, Ed. 5, Viçosa: UFV, 529p., 2009.

BUSS, G. R.; CHEN, P.; ROANE, C. W. Identification of single genes controlling resistance to powdery mildew in soybean. **Soybean Genet. Newsl.**, v.15, p.139-140, 1988.

BUZZELL, R.I.; HASS, J.H. Inheritance of adult plant resistance to powdery mildew in soybeans. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v.20, p.151-153, 1978.

CAMPOS, H.D. **Aspectos do parasitismo e da privação alimentar do nematóide de galhas (*Meloidogyne javanica*) e do cisto (*Heterodera glycines*) em soja**. 2003. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 203p.

CARES, J. E.; BALDWIN, J. G. Nematóides formadores de cistos do gênero *Heterodera*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.3, p.29-84, 1995.

CARNEIRO, R. G.; MÔNACO, A.P.A.; LIMA, A.C.C.; NAKAMURA, K.C.; MORITZ, M. P.; SCHERER, A.; SANTIAGO, D.C. Reação de gramíneas a

Meloidogyne incognita, *M. paranaensis* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 30(3): 287-291, 2006.

CASTRO, J. M. C.; LIMA, R. D.; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne spp.* provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, v. 27(1): 1-12. 2003.

CEOLIN, A. C. G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C.; VIDIGAL FILHO, P. S.; KVITSCHAL, M. V.; GONELA, A.; SCAPIM, C. A. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis. **Hereditas**, v.144, p.1-9, 2007.

CERQUEIRA-SILVA, C. B. M.; CONCEIÇÃO, L. D. H.; CARDOSO-SILVA, C. B.; PEREIRA, A. B.; SANTOS, E. S. L.; OLIVEIRA, A.C.; CORREA, R. X. Genetic diversity in yellow passion fruit based on PCR. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** 10: 154-159, 2010.

CHANG, S. J. C.; DOUBLER, T. W.; KILO, V. Y.; ABUTHEDEIH, J.; PRABHU, R.; FREIRE, V.; SUTTNER, R.; KLEIN, J.; CHMIDT, M. E.; GIBSON, P. T.; LIGHTFOOT, D. A. Association of loci underlying field resistance to soybean sudden death syndrome (SDS) and cyst nematode (SCN) race 3. **Crop Science** v. 37: 965-971, 1997.

CHIORATO, A. F.; CARBONE, L. L. S.; COLOMBO, C. A.; DIAS, L. A. S.; ITO M.F. Genetic diversity of common bean accessions in the germplasm bank of the Instituto Agrônômico – IAC. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** v. 5, 1-9, 2005.

CIA, E., FUZATTO, M. G., KONDO, J. I., GRIDI-PAPP, I. L., CHAVEGATO, E. J. C. & PIZZINATTO, M. A. Desenvolvimento de resistência múltipla à doenças em linhagens avançadas de algodoeiro. **Fitopatologia Brasileira** v. 28, p.420-423. 2003.

CIA, E.; SALGADO, C. L. Doenças do Algodoeiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds). Manual de fitopatologia. **Doenças das Plantas Cultivadas**. Editora Ceres: São Paulo, 785p., 2005.

COELHO, C. M. M.; COIMBRA, J. L. M.; SOUZA, C. A.; BOGO, A.; GUIDOLIN, A. F. Diversidade genética em acessos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1241-1247, 2007.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção mundial de soja. Disponível: Acesso em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011..pdf> 29/10/2011.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Produção mundial de soja. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_boletim_graos_4o_levantamento.pdf> Acesso em: 29/01/2012.

CONCIBIDO, V. C., BOUTIN, S.; DENNY, R. L.; HAUTEA, R.; ORF, J. H.; YOUNG, N. D. Targeted comparative genome analysis and qualitative mapping of a major partial resistance gene to the soybean cyst nematode resistance. **Theoretical Applied Genetics**, v. 93 p. 234-241. 1996.

CONCIBIDO, V. C.; LANGE, D. A.; DENNY, R. L.; ORF, J. H.; YOUNG, N. D. Genome mapping of soybean cyst nematode resistance genes in ‘Peking’, PI 90763, and PI 88788 using DNA markers. **Crop Science**, v. 37, p. 258-264. 1997.

CONCIBIDO, V. C.; DIERS, B. W.; RAO-ARELLI, P. A decade of QTL mapping for cyst nematode resistance in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 1121-1131, 2004.

CREGAN, P.B. Soybean: molecular genetic diversity. In: **Genetics and Genomics of Soybean**. STACEY, G. (Ed.).v.2, 2010. Springer. 407p.

CREGAN, P. B.; MUDGE, J.; FICKUS, E. W.; DANEH, D.; DENNY, R.; & YOUNG, N. D. Two simple sequence repeat markers to select for soybean cyst nematode resistance conditioned by the Rhg1 locus. **Theoretical Applied Genetics**, 99: 811-818, 1999.

CRUZ, C. D. **Impact of foliar diseases on soybean in Ohio: Frogeye leaf spot and septoria brown spot**. Thesis (Master of Science) – Ohio, State University. 107p., 2008.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa** Viçosa: UFV, 2010. 394 p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: Biometria. Viçosa: UFV, 382 p, 2006.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 3ed., v.1, 585p., 2004.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 188 p. 1990.

CUNHA, G. E. **Reação de progênes de soja ao nematóide de cisto e estimativas de herdabilidade de caracteres agronômicos**. Viçosa, MG. UFV. Dissertação de Mestrado. 78p, 1997.

DAVIS, E. L.; MEYERS, D. M.; BURTON, J. W.; AND BARKER, K.R. Resistance to root-knot, reniform, and soybean cyst nematodes in selected soybean breeding lines. **Journal of Nematology** v. 30, 530-541, 1998.

DEMSKI, J. M.; PHILLIPS, D. V. Reactions of soybean cultivars to powdery mildew. *Plant Disease Reporter*, **Beltsville**, v.58, p.723-726, 1974.

DHINGRA, O. D.; MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M. Doenças e seu controle. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, p. 133 – 155, 2009.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V. Nematóides associados à cultura da soja. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA**, XXII, Uberlândia, Anais, p.59-65. 2000.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S.; GARCIA, A.; ARIAS, C. A. A. Nematóide de cisto da soja: biologia e manejo pelo uso da resistência genética. **Nematologia Brasileira**. v. 33, n.1, 1-16, 2009.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Biologia e controle do nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines Ichinohe*). In: Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja-2003: **Ecofisiologia, biologia molecular e nematóides**. Embrapa Soja, Londrina, 48 p. 2004.

DIAS, W. P.; SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G. E. S. Nematóides de importância para a soja no Brasil. In: SUZUKI, S.; YUYAMA, M. M.; CAMACHO, S. A. (Eds) **Boletim de pesquisa de soja**: 2006. Rondonópolis: Fundação MT, 2006. P 139-151. (Fundação MT. Boletim de pesquisa de soja 10).

DIERS, B. W.; SKORUPSKA, H. T.; RAO-ARELLI, A. P.; & CIANZIO, S. R. 1997. Genetic relationships among soybean plant introductions with resistance to soybean cyst nematode. **Crop Science**, 37, 1966-1972.

DUNLEAVY, M. M. Soybean seed yield losses caused by powdery mildew. **Crop Science**, Madison, v. 18, p. 337-339, 1978.

EISENBACK, J. D. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*). In: SASSER, J.N.; CARTER, C.C. (Eds). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Biology and control. North Carolina University Graphics, Raleigh, v.1, p. 95-112. 1985.

ELIAS, H. T.; VIDIGAL, C. G.; GONELA, A.; VOGT, G. A. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v.42, n.10, p.1443-1449, 2007.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de **Pesquisa de Soja. Tecnologia de produção de soja região central do Brasil 2004: A soja no Brasil.** Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em 2 jan. 2012.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja. Região Central do Brasil – 2009 e 2010.** Londrina: Embrapa Soja. 224p. 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja. Região Central do Brasil – 2012 e 2013.** Londrina: Embrapa Soja. 262p. 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologia de produção de soja região central do Brasil 2004: A soja no Brasil.**

Disponível em <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em 2 jan. 2012.

ENDO, B. Y. Cellular response to infection. In: *Biology and management of the soybean cyst nematode*. Ed. Riggs, R. G.; e Wrather, J. A. **APS Press**, p. 37-49. 1992.

ETICHA, F.; BELAY, G.; BEKELE, E. Species diversity in wheat landrace populations from two regions of Ethiopia. **Genetic resources and crop evolution** v. 53, n.2, p. 387-393, 2006.

FARIAS, J.R.B. Apresentação. In: LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja Londrina, (Documentos 319), 47 p. 2010.

FERNANDES, M. C.; TIHOHOD, D. Avaliação da eficiência de aldicarb e ethoprophos no controle de *Heterodera glycines* na cultura da soja. **Nematologia Brasileira**. v. 20, n.1, p. 8-13, 1996.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. (Ed.). *Manual de fitopatologia*. 3.ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1995. p.168-201. V.1: Princípios e conceitos.

FERRAZ, S. Summary report on the current status, progress and needs for *Meloidogyne* research in Brazil (Region III) In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds). *An advanced treatise on Meloidogyne*. **Biology and control**. North Carolina University Graphics, Raleigh, v.1, p.351-352. 1985.

FERRAZ, S.; VALLE, L. A. C. **Controle de fitonematódes por plantas antagônicas**. Editora UFV, Viçosa, 73p. 2001.

FRANCO, M. C.; CASSINI, S. T. A.; OLIVEIRA, V. R.; TSAI, S. M. Caracterização da diversidade genética em feijão por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.381-385, 2001.

FRANZENER, G.; UNFRIED, J.R.; STANGARLIN, J.R.; FURLANETTO, C. Nematóides formadores de galha e de cisto patogênicos à cultura da soja do oeste do Paraná. **Nematogia Brasileira**, v.29, n.2, p.261-265, 2005.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V., LONIEN, G. & PEREIRA, J. E. Avaliação de perdas causadas pelo nematoide de cisto através da comparação de rendimentos entre cultivares resistentes e suscetíveis. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XXV**, Piracicaba, Resumos, p.109. 2005.

GOES, T.; ARAÚJO, M.; MARRA, R. **Biodiesel e sua sustentabilidade**. Disponível em<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho_biodiesel_11_de_janeiro_de_2010-versao_final.pdf>. Acesso em 2 de dez. 2011.

GRAU, C. R. Powdery mildew a sporadic but damaging disease of soybean. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**. Iowa. Proceedings...Boulder: Westview Press, 1985. p.568-574. 1985.

GRAU, C. R.; DORRANCE, A. E.; BOND, E.; RUSSIN, J.S. Fungal diseases. In: BOERMA H.R.; SPECHT, J.E. (Ed.). **Soybeans: Improvement, production, and uses**. ed.3, Madison: Agron, p.679-763, 1987.

GRAU, C. R.; LAURENCE, J. A. Observations on resistance and heritable resistance to powdery mildew of soybean. **Plant Disease Reporter**, v.59, p.458-460, 1975.

GRAVINA, G. A.; MARTINS FILHO, S.; SEDIYAMA, C. S.; CRUZ, C. D. Parâmetros genéticos da resistência da soja à *Cercospora sojina*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.7, p.63-69, 2004.

GRIFFIN, G. D.; WAITE, W.W. Attraction of *Ditylenchus dipsaci* and *Meloidogyne hapla* by resistant and susceptible alfalfa seedling. **Journal of Nematology**, v.3, n.3, p.215-219, 1971.

GUERRA, E. P.; DESTRO, D.; MIRANDA, L. A.; MONTALVÁN, R. Performance of food-type soybean genotypes and their possibility for adaptation to brazilian latitudes.. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p.575-583, 1999.

GUO, B.; SLEPER, D. A.; NGUYEN, H. T.; ARELLI, P. R.; SHANNON, J. G. Quantitative trait loci underlying resistance to three soybean cyst nematode populations in soybean PI 404198A. **Crop Science**, v.46, p.224-233, 2006.

HAILU, F.; MERKER, A.; SINGH, H.; BELAY, G.; JOHANSSON, E. Multivariate analysis of diversity of tetraploid wheat germplasm from Ethiopia. **Genetic resources and crop evolution**. Volume 53, Number 6, 1089-1098, 2006.

HARA, K. Spot disease of soybean. **Agricultural Country**, v.1, p.9:28, 1915.

HARTWIG , E. E. Breeding productive soybean cultivars resistant to the soybean cyst nematode for the southern United States. **Plant Disease**. v. 65, p. 303-305. 1981.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: Embrapa soja - Documento, 256, 2005, 72 p.

HORI, S. Phytopathological notes. 5. Sick soil of soybean caused by nematodes. **Journal Plant Protection in the Tropics**, Kuala Lumpur, v.2, p.27-30, 1916.

HUANG, N. et al. Pyramiding of bacterial blight resistance genes in rice: Marker-assisted selection using RFLP and PCR. **Theoretical and Applied Genetics**, v.95, p.313-320. 1997.

HUSSEY, R.S.; WILLIAMSON, V.M. Physiological and molecular aspects of nematode parasitism. In: BARKER, K.R.; PEDERSON, G.A.; IITA, G.L. **Annual Report and Research Highlights. International Institute of Tropical Agriculture**, p. 56-57, 1998.

IITA - International Institute of Tropical Agriculture. **Annual Report and Research Highlights** 1986, p. 56-57, 1987.

JOHNSON, H.W.; CHAMBERLAIN, D.W.; LEHMAN, S.G. Diseases of soybeans and methods of control. **Department Agriculture of United States**, (Circ. N.931), 40.p, 1954.

KAMIKOGA, A. T. M. **Método da folha destacada para avaliar resistência da soja ao oídio**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2001. Curitiba, PR.

KELLY, J.D.; GEPTS. P.; MIKLAS, P.N.; COYNE, D.P. Tagging and mapping of genes and QTL and molecular marker-assisted selection for traits of economic importance in bean and cowpea. **Field Crops Research**, v.82, p.135-154, 2003.

KIIHL, R. A. S. Como recolocar a “locomotiva” nos trilhos? **Visão Agrícola Soja**, v.5, n.3, p. 4-7, 2006.

KIMATI, H.; AMORIM, A.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Eds.). **Manual de Fitopatologia, Doenças das Plantas Cultivadas**. v.2, 1.ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 705p. 1997.

KINLOCH, R. A.; RODRIGUES-KÁBANA, R. Root-knot nematodes. In: SINCLAIR, J.B.; BACKMAN, P.A. (Eds.) **Compendium of soybean diseases**. APS Press, Minnesota, p.70-71. 1989.

KLINGLER, J. On the orientation of plant nematodes and of some other soil animals. **Nematologica**, v.11, n.1, p.4-18, 1965.

KUDO, A. S. **Aerobiologia de conídios e manejo das cercosporioses da soja** (*Glycine max*). 2009. Tese de Doutorado - Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2009.

KUMAR, M.; NADARAJAN, N. Genetic divergence studies in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Indian J. Genet.**, v. 54, n. 3, p. 242-246, 1994.

LANZA, M.A. GUIMARAES, C.T. SCHUSTER, I. Aplicação de marcadores moleculares no melhoramento genético. **Informe Agropecuário**, v.21, n.204, p.97-108, 2000.

LAZZAROTTO, J.J.; HIRAKURI, M.H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja - Documentos 319, 45p., 2010.

LEATH, S.; CARROLL, R. B. Powdery mildew on soybean in delaware. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 66, p. 70-71, 1982.

LEHMAN, S. G. Frog-eye leaf spot on soybean caused by *Cercospora daizu* Miura. J. **Agricultural Research**, v.36, p.811-833, 1928.

LEHMAN, S. G. Powdery mildew of soybean. **Phytopathology**, (Abstract). St. Paul, n.37, p. 434, 1947.

LIMA, R. D.; S. FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Heterodera* sp. em soja, no Triângulo Mineiro. **Nematologia Brasileira**, 16: 101-102, 1992.

LOHNES, D. G.; BERNARD, R. L. Inheritance of resistance to powdery mildew in soybeans. **Plant Disease**, v. 76, n.9, p. 964-965, 1992.

LOHNES, D.G.; NICKELL, C.D. Effects of powdery mildew alleles Rmd-c,Rmd, and rmd on yield and other characteristics in soybean. **Plant Disease**, v.78, p.299-301, 1994.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A.; QUAGGIO, J. A. *Heterodera* sp. reduz a produção de soja no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v.16, p. 101-108, 1992.

LORDELLO, L. G. E.; ZAMITH, A. P. L.; ARRUDA, H. V. Nematóides que prejudicam as culturas da soja e do algodoeiro no estado de São Paulo e sua interferência nos planos de rotação. **Revista de Agricultura**, Piracicaba v.33, p. 161-167, 1958.

LUEDDERS, V. D.; DROPKIN, V. H. Effect of secondary selection on cyst nematode reproduction on soybeans. **Crop Science**, Madison, v.23, p 263-264, 1983.

MA, G. Z. Review and forecast of study on frog-eye leaf spot. **Soybean**, v.1, p.6-7, 1994.

MACHADO, C. F. **Procedimentos para a escolha de genitores de feijão**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramentos de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

MACHADO, C. F., SANTOS, J. B. dos., NUNES, G. H. de S. Escolha de genitores de feijoeiro por meio da divergência baseada em caracteres morfo-agronômicos. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, 11-20, 2000.

MARTINS FILHO, S. **Mancha olho de rã da soja: Análise genética da resistência e identificação de marcadores moleculares**. Viçosa, 1999. 59p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

MARTINS FILHO, S.; GRAVINA, G. A.; SEDIYAMA, C. S. Controle genético da resistência da soja à raça 4 de *Cercospora sojina*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.37, n.12, p. 1727-1733, 2002.

MARTINS, C. A. O.; SEDIYAMA, C. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; REIS, M. S.; ROCHA, V. S.; MOREIRA, M. A.; GOMES, J. L. L.; Resistance to stem canker, frogeye leaf spot and powdery mildew of soybean lines lacking lipoxigenases in the seeds - **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.701-705, 2002.

MARTINS, M. C. **Produtividade da soja sob influência de ocorrência natural de *Septoria glycines* Hemmi e *Cercospora kikuchii* (Matsu & Tomoyasu) Gerdner com e sem controle químico..** Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, SP, 90p., 2003.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T., BARROS, H.B.; CRUZ, C.D.; TEIXEIRA, R.C.; BOLDT, A.F.; BOLDT, A.S. Análise de repetibilidade de ocorrência de oídio em genótipos de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 87-98, 2009.

MATSUO, E.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; OLIVEIRA, R. D. L.; OLIVEIRA, R. C. T.; NOGUEIRA, A. P. O. Genetic diversity in soybean genotypes with resistance to *Heterodera glycines*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 304-312, 2011.

MCCANN, J.; LUEDDDERS, V. D.; DROPKIN, V. H. Selection and reproduction of soybean cyst nematodes on resistant soybean. **Crop Science**, Madison, v.22, p.78-80, 1982.

MCGEE, D. C. Soybean diseases: a reference source for seed technologists. St. Paul, **APS Press**, St. Paul, Minnesota. 1992.

MELO, W.M.C.; PINHO, R.G.V.; FERREIRA, D.F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência e Agrotécnica**, v.25, p.821-830, 2001.

MEYER, L. F.; HUETTEL, R. N.; SAYRE, R. M. Isolation of fungi from *Heterodera glycines* in vitro bioassay for their antagonism to eggs. **Journal of Nematology**, v. 22, 4, p. 523-537.1990.

MIAN, R.; BOND, J.; JOOBEUR, T.; MENGISTU, A.; WIEBOLD, W.; SHANNON, G.; WRATHER, A. Identification of soybean genotypes resistant to *Cercospora sojina* by field screening and molecular markers. **Plant Disease**, v. 93, n.4, 2009.

MIAN, M. A. R.; MISSAOUI, A. M.; WALKER, D. R.; PHILLIPS, D. V.; AND BOERMA, H. R. Frogeye leaf spot of soybean: a review and proposed race designations for isolates of *Cercospora sojina* Hara. **Crop Science**, v. 48, p.455-446, 2008.

MICHELMORE, R. Molecular approaches to manipulation of disease resistance genes. **Annual Review Phytopathology**, v. 15, p. 393-427, 1995.

MIGNUCCI, J. S.; LIM, S. M. Powdery mildew development on soybean with adult-plant resistance. **Phytopathology**, St. Paul, n.70, p. 919-921. 1980.

MIGNUCCI, J. S.; LIM, S. M.; HEPPERLY, P. R. Effects of temperature on reactions of temperature on reactions of soybean seedlings to powdery mildew. **Plant Disease Reporter**, Belstville, n.61, p.122-124. 1977.

MIRANDA, G. V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores**. 117p. Tese de Doutorado, UFV. Viçosa, MG. 1998.

MONTEIRO, A. R.; MORAIS, S. R. A. C. Ocorrência do nematóide do cisto da soja, *Heterodera glycines*, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, v. 16, n.10, 1992.

MOORE, W. F.; BOST, S. C; BREWER, F. L.; DUN, R. A.; ENDO, B. Y.; GRAU, C. R.; HARDMAN, L. L.; JACOBSEN, B. J.; LEFFEL, R.; NEWMAN, M. A.; NYVALL, R. F.; OVERSTREET, C. & PARKS, C. L. **Soybean cyst nematode**. Soybean Industry Resource Committee, Washington, 23 p. 1984.

MOREIRA, C.T. **Avaliação da resistência da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill) à *Cercospora sojina* Hara em casa de vegetação, no campo e em lavouras comerciais**. Dissertação de Mestrado, UFV, 1990.

MORGAN-JONES, G. R.; RODRIGUEZ-KÁBANA, G. R.; GOMEZ-TOVAR, J. Fungi associated with cysts of *Heterodera glycines* in the Cauca Valley, Colômbia. **Nematropica**, v. 14(2), p. 137-177. 1984.

MOURA, W. M.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. et al. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação a eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.217-224, 1999.

NAKATA, K.; ASUYANAH, H. Survey of the principal diseases of crops in Manchuria. **Bureau Industry Reporter**, Washington, D.C., v.32, p. 9-11, 1938.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; SOUSA, N. R.; GARCIA, T. B.; CRAVO, M. S. COUTINHO, E. F. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 501-506, mar. 2001.

NOEL, G. R. History, distribution and economics in biology and management of the soybean cyst nematode. RIGGS, R.D.; WRATHER, J.A. (Eds). **APS Press**, p.1-13 1992.

NOGUEIRA, A. P. O.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H. B.; TEIXEIRA, R. C. Morfologia, crescimento e desenvolvimento. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Ed. Mecenias, p.7-16, 2009.

NOVARETTI, W. R.; MIRANDA, M. A. C.; ALCANTARA, V. S. B. Tratamento químico visando o controle de nematóides em soja. **Publicação da Sociedade Brasileira de Nematologia**, v.5, p.247-255, 1982.

OOSTENBRINK, M. Evaluation and integration of nematode control methods. In: WEBSTER, J. M. (Ed.). **Economic Nematology**. Ed. Academic Press, p.497-514, 1972.

PACE, P.F., WEAVER, D.B.; PLOPER, L.D. Additional genes for resistance to frogeye leaf spot race 5 in soybean. **Crop Science**, v.33, p.1144–1145, 1993.

PALM, E. W., BALDWIN, C. H.; SCOTT, J. T.; LUEDDERS, V. D. & SHANON, G. The soybean cyst nematode. science and technology guide. university of Missouri/ Columbia, **Science and Technology Guide Division**, 4p. 1978.

PARRA, J. R. P. Introdução Editorial. **Visão Agrícola Soja**, Piracicaba, v.5, n.3, p.4-7, 2006.

PAXTON, J. D.; ROGERS, D. P. Powdery mildew of soybean. **Mycologia**, n.66, p. 894-896. 1974.

PEREIRA, D. G. **Variabilidade de genótipos de soja quanto à resistência ao oídio (*Microsphaera diffusa*) e ao desempenho agrônômico**. 2001. 132f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

PHILLIPS, D. V.; BOERMA, H. R. Two genes for resistance to race 5 of *Cercospora sojina* in soybeans. **Phytopathology**, v. 72, p. 764-766. 1982.

PHILLIPS, D.V. Downy mildew. In: HARTMAN, G.L.; SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (Ed.) **Compendium of soybean diseases**. 4.ed. Saint Paul: Ed. APS, p.20-21. 1999.

PHILLIPS, D.V. Stability of *Microsphaera diffusa* and the effect of powdery mildew on yield of soybean. **Plant Disease**, v.68, p.953-956, 1984.

PROBST, A.H.; ATHOW, K.L.; LAVIOLETTE, F.A. Inheritance of race 2 of *Cercospora sojina* in soybeans. **Crop Science**, v.5, p.332, 1965.

QIU, B. X.; SLEPER, D. A.; RAO ARELLI, A. P. Genetic and molecular characterization of resistance to *Heterodera glycines* race isolates 1, 3, 5 in Peking. **Euphytica**. v. 96, p. 225-23. 1997.

RAGAGNIN, V. A.; ALZATE-MARIN, A. L.; SOUZA, T. L. P. O.; ARRUDA, K. M.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Avaliação da resistência de isolinhas de feijoeiro a diferentes patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*, *Uromyces appendiculatus* e *Phaeoisariopsis griseola*. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.591-596, 2003.

RAMALHO, M. A. P. VI Seminário sobre pragas, doenças e plantas daninhas do feijoeiro. **Documentos IAC**, Campinas, n.79, 2007.

RAMALHO, M. A. P.; ARAÚJO, L. C. A. Breeding self-pollinated plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**: 1-7, 2011.

RAMOS, S.R.R.; QUEIRÓZ, M.A.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D. Divergência genética em germoplasma de abóbora procedente de diferentes áreas do Nordeste. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p. 195-199. 2000.

RAO, A. V.; PRASAD, A. S. R.; SAI KRISHNA, T.; SECHU, D. V.; SRINIVASAN, T. E. Genetic divergence among some brown plant hopper resistant rice varieties. **The Indian Journal of Genetic Plant Breeding**, v.41, n.2, p.179-185. 1981.

RAO-ARELLI, A. P. Inheritance of resistance to *Heterodera glycines* race 3 in soybean accessions. **Plant Disease**, v. 78, p. 898-900. 1994.

RASMUSSEN, D. C. Foreword. In: BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**, Ed. 5, Viçosa: UFV, p. 529, 2009.

RIBEIRO, M. N. O.; CARVALHO, S. P.; SANTOS, J. B.; ANTONIO, R. P. Genetic variability among cassava accessions based on SSR markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 263-269, 2011.

RIGGS, R. D. Management of races of soybean Cyst Nematode. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL**, Anais. p. 107-110.1995.

ROCHA, F. S.; CAMPOS, V.P.; SILVA, E. H.; ROCHA, S. P. S.; CARLI, M. C.; COSTA, L. S. A. S. Migração de *Meloidogyne incognita* para as raízes de soja *in vitro*. **Nematologia Brasileira**, v.32, n. 4, 2008.

RODRIGUES, M. A. T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura da soja**. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 74 p., 2009.

ROESE, A.D.; ROMANI, R.D., FURLANETTO, C.; STANGARLIN, J.R.; PORTZ, R.L. Levantamento de doenças na cultura da soja em municípios da região Oeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v.23, p.1293-1297, 2001.

SANGLARD, D. A. **Melhoramento genético do feijoeiro com ênfase na piramidação de genes de resistência a mancha-angular**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2006.

SANTOS, C.; VENCATO, A.Z.; KIST, B.B.; CARVALHO, C.; BELING, R.R. Anuário brasileiro da soja 2011. Santa Cruz do Sul: **Editora Gazeta** Santa Cruz, 2011. 136 p.: il.

SASSER, J. N.; CARTER, C. (Eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. v.1. **Biology and control**. North Carolina University Graphics, Raleigh, p.351-352. 1985.

SCHAFFER, J. F., ROELFS, A. P. Estimated relation between numbers of urediniospores of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and rates of occurrence of virulence. **Phytopathology**, St. Paul, v. 75, p. 749-750, 1985.

SCHMITT, R. D.; BARKER, K. R. Plant-parasitic nematodes on soybean in North Carolina. **The North Carolina Agricultural Extension Service**, 8 p. 1985.

SCHMITT, R. D.; NOEL, G. R. Nematodes parasites of soybean. In: NICKLE, W.R. (Ed). **Plant and Insect Nematodes**. Marcel Dekker, New York, p. 13- 43. 1984.

SCHWEIZER, P.; STEIN, N. Large-scale data integration reveals localization of gene functional groups with meta-QTL for multiple disease resistance in barley. **Mol Plant Microbiol. Interaction**, v. 24, n.2, p. 1492-501. 2011

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

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A.(Ed.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2ª Ed. Viçosa: Editora UFV, 969 p., 2005.

SETOTAW, T. A.; DIAS, L. A. S.; MISSIO, R. F. Genetic divergence among barley accessions from Ethiopia. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p. 116-123, 2010.

SHARMA, R. D. Plantas suscetíveis ao *Meloidogyne javanica* no Distrito Federal, Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA**, Resumo... Itabuna, p.39, 1978.

SHIMOYA, A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. **Scientia Agricola**, v.59, p.227-234, 2002.

SILVA, J. F. V. **Genética quantitativa associada ao uso de marcadores moleculares para a seleção de genótipos de soja com resistência a *Meloidogyne javanica***. Tese (Doutorado) – ESALQ, USP, Piracicaba. 2001.

SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, R. G. Relação de adubos verdes de verão e de inverno às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematogia Brasileira**, v.16, n.2, p.11-18, 1992.

SILVA, J. F. V.; FERRAZ, L. C. C. B.; ARIAS, E. C. A. Herança da resistência a *Meloidogyne javanica* em soja. **Nematropica**, 2001.

SILVA, M. F. **Mapeamento e validação de QTLs de resistência ao nematóide de cisto da soja**. Tese Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, UFV. 2006.

SILVA, O. C.; SEGANFREDO, R. Quantificação de danos ocasionados por doenças de final de ciclo e oídio, em duas variedades de soja. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA**, Resumos... Londrina: Embrapa Soja, p. 460, 1999.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v.41, n.2, p.237-245, 1981.

SINGH, S. et al. Pyramiding three bacterial blight resistance genes (xa5, xa13 and xa21) using marker-assisted selection into indica rice cultivar PR 106. **Theoretical and Applied Genetics**, v.102, p.1011-1015, 2001.

SUINAGA, F. A.; CASALI, V. W. D.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C. Dissimilaridade genética de fontes de resistência de *Lycopersicon spp.* a *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas**, v.9, n.4, p.371-376, 2003.

TAYLOR, A. L. Introductions to research on plant nematology. **FAO**, Rome, p.133. 1971.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. Biology identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh: **North Carolina State University/USAID**, 111p. 1978.

TIHOHOD, D. Nematologia agrícola aplicada, 2 ed. rev. amp. Jaboticabal: **FUNEP**, 473 p. 2000.

TYLKA, G. L.; HUSSEY, R. S.; RONCADORI, R. W. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus, and *Heterodera glycines* on soybean. **Journal of Nematology**, v. 23, p. 122-133. 2003.

UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; DI MAURO, A. O.; COSTA, M. M.; ARIEL, N. H. C.; CAPELOTO, A.; BÁRBARO, I. M.; MUÑIZ, F. R. S. Avaliação de herança de resistência ao oídio (*Microsphaera diffusa*) e do potencial agrônômico em populações de soja. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.6, p. 627-634, 2002.

UPADHYAY, A.; JAYADEV, K.; MANIMEKALAI, R.; PARTHASARATHY, V.A. Genetic relationship and diversity in Indian coconut accessions based on RAPD markers. **Scientia Horticulturae**, v.99, p.353-362, 2004.

VALLE, Controle do nematóide de Cisto da Soja, *Heterodera glycines Ichinohe*, com gramíneas forrageiras. **Nematologia brasileira**. v. 20, n. 2, 1996.

VAN DER PLANK, J. E. Disease resistance in plants. 2. ed. Orlando: **Academic Press**, 194 p. 1984.

VELLO, N.A. Ampliação da base genética do germoplasma e melhoramento da soja na ESALQ-USP. In: CÂMARA, G. M. S., MARCOS FILHO, J.; OLIVEIRA, E. A. M., (Ed.). **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA**. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.60-68, 1992.

VERNETTI, F. J. VERNETTI JUNIOR, F. J. **Genética da soja: caracteres quantitativos e diversidade genética** - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 221 p., 2009.

WALLACE, H. R. Nematode ecology and plant disease. **Plant and insect nematode**. New York, p.228, 1973.

WEBB, D. M.; BALTAZAR, B. M.; RAO-ARELLI, A. P.; SCUPP, J.; CLAYTON, K.; KEIM, P.; BEAVIS, W. D. Genetic mapping of soybean cyst nematode race 3 resistance loci in the soybean PI 347654. **Theoretical Applied Genetic**, v. 91, p. 574-581, 1995.

WINSTEAD, N. N. SKOTLAND, C. B.; SASSER, J. N. Soybean cyst nematode in North Carolina. **Plant Disease**, Saint Paul, v.22, p.9-11, 1955.

WRATHER, J. A.; ANAND, S. C.; DROPKIN, V. H. Soybean cyst nematode control. **Plant Disease**, v.68, n.9, p.829-833, 1984.

WRATHER, J. A.; KOENNING, S.R. Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003-2005. **Nematologyca**. v.38, p.173-180, 2006.

YANG, W.; WEAVER, D. B. Resistance to frogeye leaf spot in maturity groups VI and VII of soybean germplasm. **Crop Science**. v.41, p.549-522, 2001.

YORINORI, J. T. Doenças da soja no Brasil. In: A soja no Brasil Central, Campinas: **Fundação Cargill**, 2^a. ed. p. 300-364, 1982.

YORINORI, J. T. Frogeye leaf spot of soyben (*Cercospora sojina* Hara). In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**, Buenos Aires, Argentina, v.3, p.1275-1283. 1989.

YORINORI, J. T. Management of foliar fungal diseases in Brazil. In: COPPING, L.G.; GREEN, M.B.; REES, R.T. (Eds.) **Pest Management in soybean**. London-UK: Elsevier Applied Science, p.185-193. 1992b.

YORINORI, J. T. Problemas atuais em doenças da soja. In: **SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA**, 1, 1992, Piracicaba. Anais...Piracicaba: FEALQ, p.236-249. 1992a.

YORINORI, J. T. Riscos de surgimento de novas doenças na cultura da soja. In: **CONGRESSO DE TECNOLOGIA E COMPETIVIDADE DA SOJA NO MERCADO GLOBAL**, Cuiabá. Anais... Cuiabá: Fundação MT, 2000. p. 165-169. 2000.

YORINORI, J. T. Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) – Controle de doenças de plantas. In: VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Grandes Culturas**. Viçosa, p. 953-1024. 1997.

YORINORI, J. T.; KLINGELFUNSS, L. H. Novas raças de *Cercospora sojina* em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v.24 n.2, p.509-512, 1999.

YOUNG, L. D. Efficiency gained by screening segregation soybean progenies with soybean cyst nematode race 2 versus race 5. **Crop Science**, v.9, p.1248-1249, 1999.

YOUNG, L. D. Epiphytology and life cycle. In: RIGGS, R.D.; WHATHER, J.A. (Eds.). *Biology and management of the soybean cyst nematode*. St, Paul: **APS Press**, p.27-36. 1992.

YOUNG, L. D. Yield loss in soybean caused by *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**. v.24, n.45, p.604-607, 1996.

YUE, P.; SLEPER, D. A.; RAO-ARELLI, A. P. Genetic analysis of resistance to soybean cyst nematode in PI 438489B. **Euphytica**, v. 116, p. 181-186. 2000.

YUE, P.; SLEPER, D. A.; RAO-ARELLI, P. Mapping resistance to multiple races of *Heterodera glycines* in soybean PI 89772. **Crop Science**, v.41, p. 1589-1595, 2001.

ZHANG, J.; ARELLI, P.R.; SLEPER, D.A.; QIU, B.X.; ELLERSIECK, M.R. Genetic diversity of soybean germplasm resistant to *Heterodera glycines*. **Euphytica**, v. 107 p. 205-216. 1999.

ZHAO, X.; SCHMITT, M.; HAWES, C. M. Species dependent effects of border cell and root tip exudates on nematodes behavior. **Phytopathology**, v.90, n.11, p.1239-1245, 2000.