

ÉDER MATSUO

**ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE SOJA
AO NEMATOIDE DE CISTOS (*Heterodera glycines*)**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

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

T

M434e
2009 Matsuo, Éder, 1984-
Estratégias para análise do comportamento de genótipos
de soja ao nematoide de cistos (*Heterodera glycines*) /
Éder Matsuo. – Viçosa, MG, 2009.
xv, 85f. : il ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Tuneo Sedyama.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 73-82.

1. Soja - Melhoramento genético. 2. Soja - Resistência à
Heterodera glycines. 3. Biometria. 4. Soja - Seleção.
5. Nematoide-de-cistos. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 22.ed. 633.342

ÉDER MATSUO

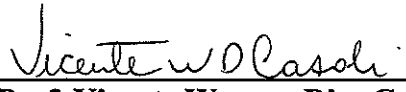
**ESTRATÉGIAS PARA ANÁLISE DO
COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE SOJA
AO NEMATOIDE DE CISTOS (*Heterodera glycines*)**

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

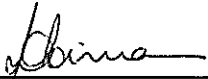
Aprovada: 21 de julho de 2009.



Prof. José Eustáquio de Souza Carneiro




Prof. Vicente Wagner Dias Casali



Profa. Rosângela D'Arc de Lima Oliveira
(Coorientadora)



Prof. Cosme Damião Cruz
(Coorientador)



Prof. Tuneso Sedyama
(Orientador)

À minha mãe Marina Tizu Nagata Matsuo.

Ao meu pai Luiz Kaneo Matsuo.

Ao meu irmão Hugo Matsuo.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento e aos Departamentos de Fitotecnia e de Fitopatologia, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro, que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Tuneo Sedyama, pela orientação, amizade, paciência, compreensão, apoio, confiança e incentivo nas pesquisas de melhoramento genético de plantas. Tenho muito que lhe agradecer por ter me iniciado nas pesquisas de melhoramento genético de soja, pelos ensinamentos técnicos científicos e pelo meu desenvolvimento intelectual e amadurecimento profissional. Agradeço-lhe, também, por ter disponibilizado as dependências do Programa Melhoramento Genético de Soja do Departamento de Fitotecnia da UFV.

À Professora Rosângela D’Arc de Lima Oliveira, pela coorientação, amizade, confiança, compreensão e prestatividade nos ensinamentos na área de nematologia e pelas valiosas sugestões no momento da redação desta dissertação. Agradeço-lhe, também, por ter disponibilizado as dependências do Laboratório de Nematologia do Departamento de Fitopatologia da UFV.

Ao Professor Cosme Damião Cruz, pela coorientação, amizade, confiança, compreensão e prestatividade nos ensinamentos na área de genética, estatística, biometria e bioinformática e pelas valiosas sugestões no momento da redação desta dissertação. Agradeço-lhe, também, por ter disponibilizado as dependências do Laboratório de Bioinformática do Departamento de Biologia Geral da UFV.

Aos Professores José Eustáquio de Souza Carneiro e Vicente Wagner Dias Casali, pela participação e sugestões na banca examinadora, as quais foram de grande importância para a elaboração da versão final desta dissertação.

À Dra. Rita de Cássia Teixeira Oliveira, pelas valiosas sugestões, amizade, compreensão, ensinamentos e confiança, por ter cedido material genético para fins de estudo e treinamento e por ter disponibilizado estrutura física para condução de parte dos experimentos realizados neste trabalho.

Ao Dr. Lucas Koshy Naoe, pela amizade, apoio e incentivo na realização da Pós-Graduação em Genética e Melhoramento na UFV.

A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia e de Fitopatologia, em especial aos do Programa Melhoramento Genético de Soja e do Laboratório de Nematologia, respectivamente (sem exceção e sem destaque), pela amizade e ajuda prestada.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela atenção e prestatividade nos momentos de solucionar problemas e sanar dúvidas.

Ao Humberto, pela amizade, companheirismo, troca de conhecimentos, bom convívio e ajuda na condução e avaliação do experimento conduzido em São Geraldo – MG.

Aos meus pais, Marina Tizu Nagata Matsuo e Luiz Kaneo Matsuo, pela educação, amizade, companheirismo, amor e pelo apoio durante toda a minha vida. Tenho vocês como as pilstras da minha vida!

Ao meu irmão, Hugo Matsuo, pela amizade e incentivo incansável para meu desenvolvimento profissional e cultural. Obrigado por acreditar em mim!

Aos meus familiares, em especial às tias Clarinda e Joana, pelo apoio, incentivo e dedicação desde os primeiros passos da minha vida estudantil, os quais refletem nas atuais conquistas.

À minha eterna namorada, Silvana da Costa Ferreira, companheira de todas as horas, pelo amor, carinho, companheirismo, paciência, por ensinar-me o valor da vida e acreditar no meu potencial.

A todos os amigos do Programa Melhoramento Genético de Soja, Alberto, Ana Paula, Eugênio, Everton, Fábio, Fernando, Gisele, Guilherme, Hélio, Luis Henrique, Marcelo, Márcia, Márcio, Mário, Nara, Natanael, Raphael e Robson, pela amizade, ajuda, companheirismo, troca de conhecimentos e pelo bom convívio.

A todos os amigos do Laboratório de Nematologia, Aline Barros, Aline Oliveira, César, Dalila, Douglas, Elder, Liliane, Naylor, Patrícia, Raul e Rodrigo, pela amizade, ajuda, companheirismo, troca de conhecimentos e pelo bom convívio.

A todos os amigos do curso de Agronomia e do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento (sem exceção e sem destaque), pela ajuda, amizade, companheirismo, troca de conhecimentos e pelo bom convívio.

A todos os amigos do Seinenkai-Viçosa e de São Sebastião da Amoreira, Paraná e cidades circunvizinhas, pela amizade, incentivo e companheirismo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Éder Matsuo, filho de Marina Tizu Nagata Matsuo e Luiz Kaneo Matsuo, nasceu em 25 de maio de 1984, na Cidade de Assaí, no Estado do Paraná, Brasil.

Em março de 2003 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, Minas Gerais, onde foi estagiário e bolsista de iniciação científica, sob orientação do Professor Tuneo Sedyama. Acompanhou e desenvolveu projetos de pesquisa junto ao Programa Melhoramento Genético de Soja do Departamento de Fitotecnia da UFV.

Em janeiro de 2008, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em março de 2008, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento na UFV, em nível de Mestrado, sob a orientação do Professor Tuneo Sedyama. Submeteu-se à defesa da dissertação em 21 de julho de 2009.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. A Soja.....	3
2.1.1. Origem, domesticação e dispersão.....	3
2.1.2. Importância econômica.....	3
2.1.3. Aspectos gerais	4
2.1.4. Doenças da cultura da soja.....	6
2.2. Nematóide de cistos da soja.....	7
2.2.1. Agente causal	7
2.2.2. Biologia e ciclo de vida.....	7
2.2.3. Morfologia	8
2.2.4. Disseminação	9
2.2.5. Sintomas.....	11
2.2.6. Importância econômica.....	12
2.2.7. Raças fisiológicas.....	12
2.2.8. Controle.....	14
2.2.9. Resistência	14
2.2.10. Cultivares resistentes.....	15
2.2.11. Manejo integrado da soja ao nematóide de cistos.....	17
2.3. Métodos de melhoramento e condução da população segregante	17
2.3.1. Método descendente de uma única vagem por planta.....	18
2.4. Correlação	19
2.5. Herdabilidade	20
2.6. Diversidade genética	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Estabilidade da raça do nematóide de cistos da soja (<i>Heterodera glycines</i>) e avaliação da resistência de genótipos de soja.....	23
3.1.1. Instalação do experimento.....	23
3.1.2. Descrição dos genótipos avaliados.....	23
3.1.3. Caracterização do banco de nematoides e obtenção do solo infestado.....	24
3.1.4. Multiplicação do nematóide.....	25
3.1.5. Obtenção do inóculo	25

3.1.6. Preparo das plantas para inoculação	26
3.1.7. Inoculação das plantas.....	26
3.1.8. Caracteres avaliados.....	26
3.1.9. Confirmação da raça	28
3.1.10. Avaliação do comportamento da soja ao nematoide de cistos.....	28
3.2. Seleção de genótipos de soja para resistência a <i>Heterodera glycines</i> , raça 3, cultivados em solo artificialmente infestado e análise visual	29
3.2.1. Descrição dos genótipos avaliados.....	29
3.2.2. Obtenção do inóculo	29
3.2.3. Preparo das plantas para inoculação	30
3.2.4. Inoculação das plantas.....	30
3.2.5. Caracteres avaliados.....	30
3.2.6. Avaliação do comportamento da soja ao nematoide de cistos.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Estabilidade da raça do nematoide de cistos da soja (<i>Heterodera glycines</i>) e avaliação da resistência de genótipos de soja.....	37
4.1.2. Classificação do comportamento dos genótipos	42
4.1.3. Estudo da diversidade genética entre os genótipos de soja inoculados com ovos de nematoide de cistos.....	44
4.2. Seleção de genótipos de soja para resistência a <i>Heterodera glycines</i> , raça 3, cultivados em solo artificialmente infestado e análise visual	50
4.2.2. Comportamento dos genótipos ao nematoide de cistos da soja.....	58
4.2.3. Estudo da diversidade genética entre os genótipos de soja.....	59
4.3. Comparação entre a metodologia de inoculação com ovos e a infestação artificial do solo com nematoide de cistos na seleção de genótipos resistentes..	66
5. CONCLUSÕES	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS	85

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
1	Limites inferiores (LI) e superiores (LS) de características morfométricas de fêmeas de <i>Heterodera glycines</i>	9
2	Limites inferiores (LI) e superiores (LS) de características morfométricas de juvenis (J2), machos e cistos de oito populações de <i>Heterodera glycines</i> , oriundas de soja cultivar FT-Cristalina.....	10
3	Raças de nematoide de cistos da soja, <i>Heterodera glycines</i> , de acordo com o esquema de determinação de raças de RIGGS e SCHMITT (1988) e DIAS <i>et al.</i> (1998).....	28
4	Escala de notas visuais utilizada na avaliação do número de fêmeas no sistema radicular.....	31
5	Determinação da raça predominante de <i>Heterodera glycines</i> , presente nas amostras provenientes do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa, pela série diferenciadora segundo RIGGS e SCHMITT (1988) e DIAS <i>et al.</i> (1998), em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	38
6	Resumo da análise de variância dos dados referentes ao número de fêmeas (NF), de ovos (NO), de ovos por fêmea (NOF), altura da planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com <i>Heterodera glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	39
7	Número médio de fêmeas (NF), de ovos (NO), de ovos por fêmea (NOF) e altura de planta (AP) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	40
8	Coeficientes de determinação genotípica, para quatro caracteres em genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	41
9	Correlações fenotípicas (r_f), genotípicas (r_g) e ambientais (r_a) entre quatro caracteres obtidos em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	43
10	Comportamento com base no índice de fêmeas (IF) e fator de reprodução (FR), de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009.....	44

Tabela	Título	Página
11	Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de sete caracteres (número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura de plantas, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca), Viçosa, MG, 2009.....	49
12	Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de três caracteres (número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea), Viçosa, MG, 2009.....	49
13	Resumo da análise de variância do número de fêmeas e de ovos de <i>Heterodera glycines</i> quantificados em amostras de solo infestado artificialmente, São Geraldo, MG, 2009.....	50
14	Resumo das análises de variância dos dados referentes ao número de fêmeas (NF) obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores (Média) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo infestado com <i>Heterodera glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	51
15	Resumo das análises de variância dos dados referentes à nota visual do número de fêmeas (NVNF), do vigor da raiz (NVVR), da planta (NVVP), altura da planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo artificialmente infestado com <i>Heterodera glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	51
16	Análise de variância conjunta do caráter número de fêmeas obtido em 27 genótipos de soja por diferentes avaliadores (A, B e C e média dos avaliadores), em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	52
17	Número médio de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores (Média) em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo artificialmente infestado com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	54
18	Média da nota visual do número de fêmeas (NVNF), do vigor da raiz (NVVR), da planta (NVVP) e altura da planta (AP) de 27 genótipos de soja, originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	55
19	Coefficiente de determinação genotípica, para oito caracteres em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	56

Tabela	Título	Página
20	Correlações fenotípicas (r_f), genotípicas (r_g) e ambientais (r_a) entre oito caracteres obtidos em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009.....	57
21	Comportamento, com base no índice de fêmeas (IF) obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores (Média), de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo infestado com <i>H. glycines</i> , raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009.....	60
22	Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de 11 caracteres (número de fêmeas obtido pelo avaliadores A, B e C, média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor da raiz, da planta, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca), Viçosa, MG, 2009.....	64
23	Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de quatro caracteres (número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e média dos avaliadores), Viçosa, MG, 2009.....	64
24	Análise de variância conjunta do caráter número de fêmeas obtido em 27 genótipos de soja por duas metodologias de avaliação (extração de fêmea e média de três avaliadores com base na contagem visual), em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009.....	65
25	Médias do número de fêmeas obtidos pelas avaliações (extração de fêmeas e contagem visual com base na média de três avaliadores) do número de fêmeas em função de 27 genótipos de soja, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009.....	67
26	Coefficientes de correlação de Pearson entre 12 caracteres avaliados em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com nematoide de cistos (<i>Heterodera glycines</i>), raça 3, em condições de casa de vegetação, seguindo método de extração e avaliação visual, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009.....	70
27	Coefficientes de coincidência, em %, entre 12 caracteres avaliados em cinco genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com nematoide de cistos (<i>Heterodera glycines</i>), sendo a porcentagem referente às médias superiores estão disposto acima da diagonal e a porcentagem referente às médias inferiores estão dispostos abaixo da diagonal, em condições de casa de vegetação, seguindo método de extração e avaliação visual, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando sete caracteres avaliados: número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura de plantas, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca.....	47
2	Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando-se os três caracteres relacionados com a resistência: número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea.....	48
3	Dendrograma obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA) utilizando-se a distância de Mahalanobis, como medida de distância genética, entre quatro avaliações (1 – avaliador A, 2 – avaliador B, 3 – avaliador C e 4 – média dos avaliadores) do número de fêmeas em 27 genótipos de soja, originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com <i>H. glycines</i> , raça 3.....	52
4	Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando 11 caracteres avaliados: número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor da raiz, da planta, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca.....	62
5	Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando quatro caracteres relacionados com a resistência: número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores.....	63

RESUMO

MATSUO, Éder, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Estratégias para análise do comportamento de genótipos de soja ao nematoide de cistos (*Heterodera glycines*)**. Orientador: Tuneo Sedyama. Coorientadores: Rosângela D’Arc de Lima Oliveira e Cosme Damião Cruz.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade da raça de nematoide de cistos da soja (*H. glycines*) do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Viçosa (BNPMGS-UFV), mantido em condições de casa de vegetação; selecionar genótipos de soja, originados pelo método descendente de uma única vagem, resistentes ao nematoide de cistos; avaliar a diversidade genética entre os genótipos; e comparar as metodologias de inoculação com ovos e infestação artificial do solo com nematoide de cistos na seleção de genótipos resistentes. Foram conduzidos dois experimentos, em condições de casa de vegetação no ano agrícola 2008/2009, sendo um com inoculação de ovos e outro com infestação do solo com o nematoide de cistos. As populações de nematoide de cistos foram coletadas no BNPMGS. Avaliaram-se 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, no delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. Cada unidade experimental foi representada por uma planta cultivada em um vaso. Com base no índice de fêmeas na série diferenciadora (Lee 74, Pickett, Peking, PI88788, PI90763 e Hartwig), a raça predominante foi a três, a qual se manteve estável por 12 anos. Os genótipos inoculados com ovos foram avaliados quanto ao número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura de planta, número de nós, peso da matéria verde e seca. No experimento cujo solo foi infestado artificialmente com nematoide de cistos, o número de fêmeas foi contado de maneira visual por três avaliadores com auxílio de uma lupa (aumento de 6X). Um dos avaliadores, além de contar o número de fêmeas, avaliou com base em escala de notas visuais o número de fêmeas, o vigor da raiz e da planta. Além desses caracteres, foram avaliados a altura da planta, o número de nós, o peso da matéria verde e o da matéria seca. Os dados foram submetidos à análise de variância, e, posteriormente, os genótipos foram agrupados, pelo teste de Scott-Knott. Foram, também, estimados os coeficientes de determinação genotípica, as correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais e as medidas de dissimilaridade (Distância de Mahalanobis), para avaliar a diversidade genética pelo método hierárquico distância média entre grupos (UPGMA) e pelo método de otimização de Tocher. Os genótipos superiores desenvolvidos pelo método de melhoramento descendente de uma

única vagem por planta mantiveram a variabilidade genética, para resistência ao nematoide de cistos. Verificou-se alta correlação fenotípica e genotípica entre número de fêmeas e número de ovos avaliados nos genótipos inoculados artificialmente com ovos de nematoide de cistos e entre os caracteres número de fêmeas obtidos pelos avaliadores A, B e C, pela média dos avaliadores e pela nota visual do número de fêmeas. Pelas análises da diversidade genética foi detectada variabilidade genética entre os genótipos, sendo ‘Lee74’ e ‘BCR945G110’ os de maior dissimilaridade. Considerando os genótipos resistentes ao nematoide de cistos, raça 3, BCR945G110 e BCR1070G229 e os moderadamente resistentes, BCR132390, BCR945G114 e BCR1057G163, verificou-se que 20,83% são resistentes à raça predominante nas regiões produtoras de soja no Brasil. Não houve diferença entre o número de fêmeas contadas pelos avaliadores, demonstrando que esta avaliação pode ser realizada por apenas um avaliador previamente treinado. As metodologias de inoculação com ovos associada à metodologia de extração e a infestação artificial do solo associada a contagem visual para análise do comportamento de genótipos de soja, foram de, maneira geral, coerentes entre si.

ABSTRACT

MATSUO, Éder, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Strategies for analysis the behavior of soybean genotypes to the cyst nematode (*Heterodera glycines*)**. Adviser: Tuneo Sedyama. Co-advisers: Rosângela D'Arc de Lima Oliveira and Cosme Damião Cruz.

The objectives of this study were the following ones: to evaluate the stability of the soybean cyst nematode race (*H. glycines*) from the Nematode Bank of the Soybean Breeding Program by the Federal University of Viçosa (NBSBP-FUV), that is kept under greenhouse conditions; to select the soybean genotypes that were originated by one-single pod descending method and are resistant to the cyst nematode; to evaluate the genetic diversity among genotypes; and to compare the eggs-inoculation methodology to the soil artificial infestation with the cyst nematode in selecting the resistant genotypes. Two experiments were carried out under greenhouse conditions during the agricultural year 2008/2009, as being one with egg inoculation and another with artificial soil infestation with the cyst nematode. The cyst nematode populations were collected in NBSBP-FUV. Twenty-seven soybean genotypes originated by one-pod descendent method were evaluated. The entirely randomized design was used, with six replicates. Each experimental unit was represented by one plant cropped in a pot. Based on female index in the differentiating series (Lee 74, Pickett, Peking, PI88788, PI90763 and Hartwig), the race 3 was found to be predominant and remained stable for 12 years. The egg-inoculated genotypes were evaluated for numbers of the females, eggs, eggs by female, plant height, node numbers, and the weights of the green matter and dry matter. In the experiment from which the soil was artificially infested with the cyst nematode, the number of females were artificially counted by three appraisers with the aid of a magnifying glass (6X increase). Besides counting the number of females, one of those researchers evaluated the female numbers and the vigor of both root and plant, by using the visual scale as base. Besides those characters, also the plant height, the node numbers, the weights of either green matter and dry matter were evaluated. The data were subjected to variance analysis. Then, the genotypes were grouped, by applying the Scott-Knott test. The genotypic determination coefficients as well as the phenotypic, genotypic and environmental correlations and the dissimilarity measures (Mahalanobis Distance) were also estimated in order to evaluate the genetic diversity by either the hierarchical method (Unweighted pair-group method using arithmetic averages - UPGMA) and the Tocher optimization method. The superior genotypes

developed by the descendent method of one single pod by plant kept the genetic variability for resistance to the cyst nematode. High genotypic and phenotypic correlations were verified between female numbers and egg numbers evaluated in the genotypes artificially inoculated with eggs of the cyst nematode and among the number of females obtained by the evaluators A, B and C, by the average obtained by evaluators and by the visual note of the female numbers. In genetic diversity analyzes, the genetic variability was detected among genotypes, as 'Lee74' and 'BCR945G110' showing higher dissimilarity. Concerning to the genotypes that were resistant to the cyst nematode, race 3, BCR945G110 and BCR1070G229 and the moderately resistant genotypes BCR132390, BCR945G114 and BCR1057G163, it was verified that 20.83% are resistant to the predominant race in the soybean-producing areas in Brazil. No differences occurred among the number of females counted by evaluators, which shows this evaluation can be accomplished by just one previously trained evaluator. The egg inoculation methodologies associated with extraction methodology and the soil artificial infestation associated with visual counting for the analysis of the soybean genotype behavior were generally coherent with each other.

1. INTRODUÇÃO

A soja foi introduzida no Brasil em 1882 no Estado da Bahia. Posteriormente, foi levada para os Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, onde apresentou boa adaptação (SANTOS, 1988). Em 1941, a cultura da soja constava pela primeira vez nas estatísticas no Rio Grande do Sul (MAGALHÃES, 1981). Segundo SEDIYAMA *et al.* (2009b) a partir dessa época, a soja expandiu-se para os Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia, Tocantins e demais regiões ao Norte e Nordeste.

Na safra 2007/2008 foram cultivados 21,3 milhões de hectares com a cultura da soja. Nesta extensão de área foram produzidas 60,1 milhões de toneladas, resultando em produtividade média brasileira de 2.822 kg ha⁻¹ (CONAB, 2008).

Foram descritos 25 patógenos capazes de provocar danos econômicos na cultura da soja. A redução anual foi estimada em, aproximadamente, 15 % a 20 % da produção, podendo ocasionalmente atingir 100% (EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009).

O nematoide de cistos da soja (*Heterodera glycines*), denominado “nanico amarelo” ou “nanismo amarelo da soja”, é considerado um dos principais fitonematoides dessa leguminosa (EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009). Foi identificado no Brasil, pela primeira vez, na safra 1991/1992 (LIMA *et al.* 1992; LORDELLO *et al.*, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992).

Os cistos são estruturas rígidas, altamente resistentes à deterioração e à dessecação, muito leves e facilmente carregados para áreas isentas do patógeno (TRIANAPHYLLOU; HIRSCHMANN, 1962). Por isso, medidas de prevenção de contaminação de novas áreas devem ser tomadas (SANCHES, 2001). Atualmente, a área infestada com nematoide de cistos superou 2,0 milhões de hectares, em dez estados brasileiros (EMBRAPA, 2008).

Os prejuízos nas lavouras de soja, causados pelo nematoide de cistos, pode variar de 10 % a 100 % (SINCLAIR, 1982; TIHOHOD; SANTOS, 1993; SILVA, 1998). Segundo DHINGRA *et al.* (2009), as perdas de produtividade de grãos podem alcançar 90%, dependendo do grau de infestação, suscetibilidade da cultivar, fertilidade do solo e raça do nematoide. Além disso, nas áreas infestadas há desvalorização financeira (SILVA, 1998).

O controle do nematoide de cistos da soja pode ser realizado utilizando-se cultivares resistentes e rotação com plantas não hospedeiras, e a combinação dessas estratégias tem apresentado bons resultados (EMBRAPA, 2005; EMBRAPA 2008). As cultivares resistentes apresentam como mecanismo de resistência a “reação de hipersensibilidade” (SCHMITT; NOEL, 1984). Segundo CALDWELL *et al.* (1960), a resistência da soja ao nematoide de cistos é governada por três genes independentes, sendo resistentes os homozigotos recessivos. Posteriormente, MATSON e WILLIAMS (1965) identificaram um quarto gene, sendo este homozigoto dominante.

O melhoramento genético da soja visando o desenvolvimento de cultivares resistentes ao nematoide de cistos é complexo, especialmente pelo alto nível de variabilidade observada nas populações de campo e por se tratar de uma herança geneticamente complexa (ARANTES, 1997).

Diversos métodos de melhoramento e de condução da população segregante podem ser utilizados no melhoramento da soja. O método SPD (*Single Pod Descent*) é uma modificação do método SSD (*Single Seed Descent*) e tem sido muito utilizado pelos melhoristas de soja. Neste método, após a hibridação entre genitores desejáveis, a população segregante é conduzida colhendo-se uma vagem de cada planta e efetuando em seguida o plantio dessas sementes. Cada linhagem na população final corresponde a uma planta F₂ diferente, o que resultou em maior variância genética, utilizando-se o SSD (BORÉM; MIRANDA, 2005).

Os melhoristas dos programas de melhoramento genético de soja têm desenvolvido cultivares resistentes ao nematoide de cistos. Estas apresentaram apenas 10,2% de todas as cultivares recomendadas para o Brasil, sendo o enfoque principal para resistência à raça 3 do *H. glycines* (EMBRAPA, 2008).

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar a estabilidade da raça de nematoide de cistos da soja (*H. glycines*) do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento de Soja da Universidade Federal de Viçosa (BNPMGS–UFV), mantido em condições de casa de vegetação; selecionar genótipos de soja, originados pelo método descendente de uma única vagem, resistentes ao nematoide de cistos; avaliar a diversidade genética entre os genótipos; e comparar as metodologias de inoculação com ovos e infestação artificial do solo com nematoide de cistos na seleção de genótipos resistentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A Soja

2.1.1. Origem, domesticação e dispersão

A mais antiga referência sobre a soja na literatura foi escrita pelo imperador Shen Nung e está no herbário “Pen Ts’ao Kang Um”. O aparecimento deste livro é datado entre 2.838 a.C. a 2.383 a.C. Por outro lado, a soja foi muitas vezes, sem citações, comentada na literatura como conhecida pelo homem há mais de 5.000 anos. Com o crescimento de sua importância e do comércio, essa leguminosa foi levada para o sul da China, Coréia, Japão e sudeste da Ásia (HYMOWITZ, 1970).

A partir do Japão, foi levada para o Continente Europeu em 1712. No entanto, somente em 1790 foi cultivada na Inglaterra. A partir de então passou a ser plantada na França (1739) e Itália (1840). Nos Estados Unidos da América, o primeiro relato é datado de 1804 e, no México, em 1958. Enquanto que, na América do Sul foi relatado que no Brasil a primeira menção foi em 1882, na Argentina em 1957 e na Colômbia em 1928 (BONETTI, 1981; SEDIYAMA *et al.*, 2005).

A espécie *Glycine max* tem como ancestral, provavelmente, a espécie *Glycine soja*. Ambas são tetraplóides, e a *Glycine max* apresentou acúmulo de variação em características qualitativas e quantitativas resultantes de mutações genéticas, sem que houvesse alterações no número cromossômico (HYMOWITZ, 1970). HYMOWITZ *et al.* (1997) relataram que o número de cromossomos é igual a $2n=40$, representando um tetraploide diploidizado, ou seja, um poliploide que se comporta citologicamente como um diploide.

2.1.2. Importância econômica

A primeira referência sobre a soja no Brasil data de 1882, relatando seu cultivo na Bahia. Em 1908, imigrantes japoneses introduziram-na em São Paulo; em 1914, foi cultivada no Rio Grande do Sul; e, em 1949, realizou-se a primeira exportação de soja brasileira (SEDIYAMA *et al.*, 2005; SEDIYAMA *et al.*, 2009b).

Os Estados Unidos da América, Brasil, China e Argentina são os maiores produtores mundiais de soja. A China, embora seja grande produtor, foi relatada como

um dos maiores importadores dessa leguminosa, devido ao grande consumo interno na alimentação humana (SEDIYAMA *et al.*, 2009b).

Importante função no progresso da soja no Brasil deve ser creditada aos diversos programas de melhoramento genético e experimentação agrícola, em que técnicos brasileiros vêm desenvolvendo cultivares melhoradas, de alto rendimento e adaptadas às condições agroclimáticas brasileira (BONETTI, 1981).

A partir de 1970, a soja passou a ser cultivada em grandes extensões, levando o país ao segundo lugar no contexto mundial em produção (HIROMOTO; VELLO, 1986). Segundo BARROS e SEDIYAMA (2009), isso ocorreu porque a barreira fotoperiódica da soja foi quebrada com a introdução do caráter juvenildade longa, na qual possibilitou seu plantio em regiões com latitude inferior a 15°.

O Brasil foi o pioneiro no cultivo da soja em regiões de latitude inferior a 20°. Observou-se que a participação da região Centro-Oeste passou de 5,54% (safra 1973/74) para 39% (safra 1992/93) (ROESSING; GUEDES, 1993).

Na safra 2007/2008, a área plantada foi de 21,3 milhões de hectares, o que significa acréscimo de 3,0%, ou 630,2 mil hectares sobre a safra anterior. O maior crescimento foi observado no Mato Grosso, onde foram cultivados 5,7 milhões de hectares, ou seja, foram incorporados, nesta safra, 571,4 mil hectares. Com relação à produção, 60,1 milhões de toneladas foram colhidas nas lavouras de soja brasileira, o que significa um aumento de 2,9% em relação à produção da safra anterior (CONAB, 2008).

2.1.3. Aspectos gerais

A soja pertence ao clado das Rosídeas, ordem Fabales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseolae, gênero *Glycine* L. e espécie *Glycine max* L. Merrill (SEDIYAMA; SWEARINGIN, 1970; SEDIYAMA *et al.*, 1985; JUDD *et al.*, 2009). A planta de soja cultivada, pertence ao subreino Cormobionta, divisão Spermatophyta, subdivisão Angiospermae, clado Rosídeas, ordem Fabales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae ou Fabaceae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae ou Glycininae, gênero *Glycine* L., subgênero *Glycine* subg. *soja* (Moench) F.J. Herm. e espécie *Glycine max* (L.) Merrill (MÜLLER, 1981; JUDD, 2009).

A planta é herbácea, anual, ereta, de crescimento morfológico diversificado, hastes e vagens pubescentes, altura de 0,3 a 2,0 m, de ramificação variada, com ciclo de 80 a 200 dias (SEDIYAMA *et al.*, 1985).

Possui sistema radicular, predominantemente axial (pivotante) fasciculado, onde se desenvolvem as raízes secundárias, que se ramificam. Seu desenvolvimento depende de diversos fatores como tipo de solo, adubação, espaçamento, umidade e cultivares. Podem ser observados, nas raízes, nódulos resultantes da simbiose entre a bactéria do gênero *Bradyrhizobium* e a planta de soja. Nestes nódulos ocorrem trocas fisiológicas, isto é, fornecimento de nitrogênio para a planta e liberação de hidratos de carbono para a bactéria (SEDIYAMA *et al.*, 1985; NOGUEIRA *et al.*, 2009).

O caule tem sua origem no eixo embrionário e é do tipo herbáceo, ereto, pubescente e ramificado, apresentando os dois últimos variação na sua intensidade (MÜLLER, 1981; SEDIYAMA *et al.*, 1985). É dependente do tipo de crescimento da planta, isto é, cultivares consideradas determinadas e semideterminadas apresentam diferenciação da gema terminal em uma inflorescência terminal; enquanto, em cultivares indeterminadas a gema terminal não se diferencia e o caule continua desenvolvendo, mesmo após o florescimento (MÜLLER, 1981). O comprimento do caule pode atingir mais de três metros (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

As folhas da planta de soja podem ser classificadas em três tipos: as cotiledonares ou embrionárias, as simples ou unifolioladas e as trifolioladas ou compostas (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

As flores são compostas pelo cálice, corola, androceu e gineceu. Desenvolvem-se em racemos terminais ou axilares. O número de flores varia de 2 a 35 por racemo e possui dimensão de 3 a 8 mm quando abertas. Sua coloração pode ser branca ou roxa e está relacionada com a coloração do hipocótilo (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

O fruto é do tipo vagem, achatado, reto a pouco curvado, pubescente e deiscente. Apresenta, geralmente, comprimento de 2 a 7 cm e largura variando entre 1 a 2 cm. O número de vagem por inflorescência é de 2 a mais de 20 e o número de sementes por vagem é de 1 a 5. Sua coloração, quando madura, pode ser amarelo-palha muito claro ou variar de cinza-claro a quase preto (SEDIYAMA *et al.*, 1985).

A semente de soja é variável quanto à forma (globosa, elipsoidal ou oval), tamanho (2 a 30 gramas por 100 sementes), cor do tegumento (amarelo-palha, amarelo-olivácea, verde-oliva, marrom, preta ou bicolor), cor do hilo (preta, marrom, cinza,

amarelo-clara, da cor do tegumento ou tipo cela) e cor dos cotilédones (amarelo ou verde) (MÜLLER, 1981; SEDIYAMA *et al.*, 1985; NOGUEIRA *et al.*, 2009).

A soja pode ser cultivada como cultura exclusiva, rotação de cultura, sucessão de cultura, consorciação de cultura e cultura intercalada. A escolha de determinado sistema de cultivo requer observação do nível tecnológico de modo a proporcionar desenvolvimento sustentável e satisfatório da parte aérea e do sistema radicular da cultura (ODA *et al.*, 2009a). No manejo da cultura, é necessário atentar-se ao sistema de semeadura, época de semeadura, espaçamento entre fileiras e população de plantas, quantidade de semente e profundidade de semeadura (ODA *et al.*, 2009b).

O grão de soja dá origem a produtos e subprodutos que podem ser utilizados pela agroindústria de alimentos e indústria química (SEDIYAMA *et al.*, 2009a). Com o processamento da soja originam-se dois subprodutos de maior consumo: o farelo e o óleo. O farelo é utilizado, principalmente, na elaboração de rações para animais e o óleo, destinado para o consumo humano (BLACK, 2000).

2.1.4. Doenças da cultura da soja

No mundo, foram determinados, aproximadamente 125 organismos patogênicos à cultura da soja, dos quais cerca de 40 foram considerados de importância econômica. No Brasil foram encontrados 25 patógenos capazes de provocar danos econômicos. Podem ser classificados em quatro grupos: fungos, bactérias, nematoides e vírus. Estes podem ocorrer em diferentes níveis, que oscilam de safra a safra (DHINGRA *et al.*, 2009). As doenças provocam reduções anuais estimadas em, aproximadamente, 15 % a 20 % da produção; ao passo que, algumas podem ocasionar até 100% (EMBRAPA, 2008).

As principais espécies de fitonematoides causadoras de doenças da soja são: nematoide de cistos da soja (*H. glycines*) e nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica* e *M. incognita*) (DHINGRA *et al.*, 2009). Ocorrem ainda nematoide das galhas (*M. arenaria*), nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachiurus*) (EMBRAPA, 2008).

2.2. Nematóide de cistos da soja

2.2.1. Agente causal

O nematóide de cistos da soja – NCS (*H. glycines*) pertence à ordem Tylenchida, família Heteroderidae (WRATHER *et al.*, 1984). Foi observado pela primeira vez no Japão, em 1915, cuja doença foi nomeada de “nanico amarelo” (DHINGRA *et al.*, 2009). Entretanto, alguns autores denominaram-na de “nanismo amarelo da soja”.

Em 1954, foi detectado nos Estados Unidos da América e, em 1983, na Colômbia (GOLDEN; MEDINA, 1983). A primeira ocorrência desta doença no Brasil, foi relatada na safra 1991/1992 (LIMA *et al.* 1992; LORDELLO *et al.*, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992).

2.2.2. Biologia e ciclo de vida

O nematóide de cistos da soja é um parasito obrigatório, que se reproduz por fecundação cruzada e estabelece com a planta a relação de endoparasita sedentário. O ciclo de vida do NCS é completado em três a quatro semanas, dependendo da temperatura durante o período de produção da soja. O nematóide permanece ativo quando as temperaturas ambientais estiverem entre 15 a 30 °C (YOUNG, 1992). Entretanto, a temperatura ideal pode variar de 20 a 30 °C (EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009).

A temperatura e a umidade do solo são os principais fatores que afetam a duração do ciclo de vida do NCS. Sob 18 °C são necessários, aproximadamente, 40 dias; a 21 a 23 °C, o ciclo se completa em 21 a 24 dias; e, quando submetido à temperatura abaixo de 10 °C e/ou acima de 34 °C, seu desenvolvimento é paralisado (BALDWIN; MUNDO-OCAMPO, 1991 *apud* MOORE, 1984). A temperatura ideal para penetração radicular é de 28 °C; para eclosão é de 24 °C; e para o desenvolvimento do nematóide, varia de 28 a 31 °C (SCHMITT; RIGGS, 1989).

O segundo estágio juvenil (J2) é a forma infectiva. O juvenil penetra na raiz, migra até uma região próxima ao cilindro vascular, onde, após algumas transformações nas células vegetais, forma-se a estrutura de alimentação do nematóide (ENDO, 1992). Após 15 a 20 dias de infecção, os machos abandonam a raiz após fertilizar a fêmea, a qual produz entre 200 a 400 ovos, dos quais a maioria permanece em seu interior. Após

a morte, a cutícula da fêmea é alterada quimicamente, adquire coloração marrom e se transforma na estrutura rígida, denominada cisto, que protege os ovos. O cisto, com sua estrutura leve, desprende-se facilmente da raiz e é altamente resistente à deterioração e dessecação (TRANTAPHYLLOU; HIRSCHMANN, 1962).

Os ovos dentro do cisto têm proteção adicional proporcionado pela matriz gelatinosa no interior deste, pela membrana do ovo e pela cutícula do nematoide (KONDO e ISHIBASHI, 1975).

WRATHER *et al.* (1984) reportaram que são desenvolvidos 200 a 500 ovos dentro de cada fêmea. De acordo com TIHOHOD e SANTOS (1993), a fêmea produz de 200 a 600 ovos, dependendo das condições da planta hospedeira. Enquanto que, EMBRAPA (2008) e DHINGRA *et al.* (2009), relataram que o número de ovos varia de 100 a 250 por fêmea.

Geralmente ocorre mais de um ciclo de infecção em um único cultivo de soja, se o suprimento de umidade for adequado e as temperaturas não forem extremas (TIHOHOD; SANTOS, 1993; EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009).

2.2.3. Morfologia

As fêmeas apresentam o corpo no formato de limão, com coloração inicial branca perolada, mas, quando próximas de se desprenderem da raiz, sua tonalidade se torna amarronzada. O bulbo mediano do esôfago é esférico e muito proeminente. Elas são didelfas, prodelfas, e os ovários ocupam toda a cavidade pseudocelomática. A matriz gelatinosa é externada antes de iniciar a postura e permanece presente na fase inicial dos cistos. Estes apresentam aspecto rugoso, de coloração marrom-escura com estrias em zigue-zague. Os ovos apresentam $104,5 \pm 14,5$ μm de comprimento e $42 \pm 7,0$ μm de largura (TURNER; ROWE, 2006).

Os juvenis de segundo estágio (J2) são vermiformes e apresentam seis lábios dispostos radialmente, com aberturas anfidiais laterais. Os nódulos basais do estilete são arredondados. Cerca da metade do comprimento da cauda é ocupada pela porção hialina (TURNER; ROWE, 2006).

Os machos, típicos do grupo, apresentam quatro incisuras no campo lateral do corpo. O estilete é robusto e tem os nódulos basais arredondados. As espículas são bidentadas e o gubernáculo é simples (HUNT *et al.*, 2005; TURNER; ROWE, 2006).

A morfometria das fêmeas é aquela apresentada por TURNER e ROWE (2006) e encontra-se na Tabela 1. Medidas de juvenis de segundo estágio (J2), machos e

cistos foram as estudadas por ROSSI e FERRAZ (1999) e são originárias de oito populações brasileiras procedentes dos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná e São Paulo (Tabela 2).

Tabela 1 – Limites inferiores (LI) e superiores (LS) de características morfométricas de fêmeas de *Heterodera glycines*

Caracteres	Fêmeas ¹	
	LI	LF
Comprimento do corpo	150,0	790,0
Comprimento do pescoço até a cabeça	40,0	100,0
Largura do corpo	152,0	268,0
Comprimento do estilete	26,0	29,0
Distância da base do estilete até o DGO*	3,0	8,0

¹Valores expressos em µm. Adaptado de TURNER e ROWE, 2006.

*DGO = orifício de saída da glândula dorsal esofagiana.

2.2.4. Disseminação

O cisto, principal unidade de dispersão por carregar ovos férteis no seu interior, desprende-se das raízes das plantas e permanece no solo. Assim, toda e qualquer forma de movimentação de solo poderá contribuir para carregá-los para áreas ainda isentas desse patógeno e infestá-las (SILVA, 1998; FREITAS *et al.*, 2004; EMBRAPA, 2008). Mesmo na ausência da planta hospedeira, o cisto pode sobreviver no solo por mais de oito anos, pois é resistente às condições desfavoráveis de temperatura, umidade e aeração do solo, o que favorece sua disseminação sob essas condições (AZEVEDO *et al.*, 2002; EMBRAPA, 2005; EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009).

Os nematoides, por si só, movem-se apenas poucos metros por ano. Todavia, os cistos podem alcançar distâncias consideráveis quando estão aderidos às máquinas, aos implementos, presente em lotes de sementes infestadas ou em solos infestados que são carregados pela água, pelos implementos e pelo vento (BALDWIN e MUNDO-OCAMPO, 1991; ANDRADE; ASMUS, 1997, EMBRAPA, 2005), inclusive por pássaros (SANCHES, 2001; TIHOHOD; SANTOS, 1993).

ANJOS e SHARMA (1992) detectaram o NCS no Estado de Goiás, LIMA *et al.* (1992) registraram sua presença no Triângulo Mineiro, Minas Gerais; LORDELLO *et al.* (1992) na Chapada dos Guimarães, Mato Grosso; e MONTEIRO e MORAIS (1992) no município de Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. Posteriormente, TIHOHOD e SANTOS (1993) encontraram o parasito no Paraná; e ROSSI *et al.* (1995), no Estado de São Paulo.

Tabela 2 – Limites inferiores (LI) e superiores (LS) de características morfométricas¹ de juvenis (J2), machos e cistos de oito populações de *Heterodera glycines*, oriundas de soja cultivar FT-Cristalina

Caracteres	Juvenis (J2)		Machos		Cistos	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Comprimento do corpo	386,47	426,55	874,75	1069,64	755,95	832,06
Maior largura do corpo	20,31	21,65	28,30	29,92	477,04	536,56
Largura do corpo na altura dos nódulos basais do estilete	14,95	15,88	16,88	17,84	–	–
Comprimento do estilete	21,44	22,71	24,43	25,57	–	–
Distância da extremidade anterior do corpo à base do estilete	24,28	25,15	26,39	28,25	–	–
Distância da abertura do canal da glândula esofagiana dorsal à base do estilete	3,74	4,20	3,38	4,05	–	–
Distância da extremidade anterior do corpo à extremidade posterior das glândulas esofagianas	–	–	164,56	190,10	–	–
Comprimento do testículo	–	–	453,61	632,47	–	–
Comprimento do cone vulvar	–	–	–	–	73,96	78,23
Largura do cone vulvar	–	–	–	–	104,59	127,98
Comprimento da fenda vulvar	–	–	–	–	41,67	45,54
Largura da ponte vulvar	–	–	–	–	6,19	8,17
Comprimento da semifenestra	–	–	–	–	15,92	18,40
Comprimento da fenestra	–	–	–	–	42,74	44,97
Distância da extremidade anterior do corpo ao poro excretor	89,97	97,47	123,38	138,92	–	–
Comprimento da cauda	39,15	46,57	–	–	–	–
Largura do corpo na altura do ânus	12,42	13,07	–	–	–	–
Comprimento da porção hialina da cauda	22,24	26,68	–	–	–	–
a (Comprimento do corpo/maior largura do corpo)	20,29	22,74	30,92	36,84	1,47	1,66
b' (Comprimento do corpo/distância da extremidade anterior do corpo à extremidade posterior das glândulas esofagianas)	–	–	5,32	5,86	–	–
c (Comprimento do corpo/comprimento da cauda)	8,96	9,91	–	–	–	–
c' (Comprimento da cauda/largura do corpo na altura do ânus)	3,10	3,76	–	–	–	–
h/wh (Comprimento da região hialina da cauda/maior largura da região hialina da cauda)	2,92	3,54	–	–	–	–
T (Comprimento do testículo/comprimento do corpo)*100	–	–	51,79	60,28	–	–

¹Valores expressos em μm , exceto as relações de medidas e T é expresso em porcentagem.

Adaptado de ROSSI e FERRAZ, 1999.

Os níveis de infecção em todos esses locais foram muito altos e o nematoide encontrava-se bastante disseminado (SILVA, 1998).

Cerca de 41 municípios do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná apresentaram relatos do NCS (YORINORI, 1995). Já em 1997, BRITO afirmou que eram 69 municípios com área total infestada de 1,7 milhões de hectares e que dentro de poucos anos atingiria todas as regiões produtoras de soja do País. AZEVEDO *et al.* (2002) relataram que 87 municípios brasileiros estavam infestados com o nematoide de cistos.

Atualmente, o NCS está presente em 10 Estados (MG, MT, MS, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA), em área estimada superior a 2,0 milhões de ha. Entretanto, existem muitas áreas isentas do patógeno, por isso a prevenção é importante (EMBRAPA, 2008).

Cabe, assim, aos órgãos públicos envolvidos em pesquisa, extensão e defesa fitossanitária orientar os produtores e implementar medidas para evitar a contaminação de áreas livres do nematoide (SANCHES, 2001).

2.2.5. Sintomas

Os sintomas aparecem em reboleira e as plantas atacadas pelo nematoide têm seu crescimento reduzido, folhas cloróticas e baixa produtividade (FREITAS *et al.*, 2004; EMBRAPA, 2005). A redução do tamanho das plantas pode não ocorrer; todavia, após o florescimento, é observado intenso abortamento de vagens e amadurecimento prematuro (EMBRAPA, 2005). A denominação “nanico amarelo” foi dada em função dos sintomas apresentados na parte aérea da planta (DHINGRA *et al.*, 2009).

Sistemas radiculares infectados por nematoide de cistos ficaram reduzidos (EMBRAPA, 2008; DHINGRA *et al.*, 2009). A infecção reduz a nodulação do *Bradyrhizobium japonicum* (FREITAS *et al.*, 2004).

As plantas morrem com 30 a 40 dias após a emergência, quando há alta população de nematoide no solo e as condições ambientais são favoráveis ao desenvolvimento do NCS. Em lavouras de soja, cuja área cultivada apresenta baixa população de nematoides, pode haver ausência de sintomas; por isso, os sintomas na parte aérea não são diagnósticos precisos (DHINGRA *et al.*, 2009).

Estudos com *H. glycines* raça 3 levou à observação de reduções da taxa fotossintética e do teor de clorofila, resultando em intenso amarelecimento das folhas. Além disso, verificaram que mesmo na menor densidade populacional utilizada, o

nematoide causou expressivas reduções da área foliar e da produção de grãos (ASMUS e FERRAZ, 2002).

2.2.6. Importância econômica

A habilidade das plantas em absorver e translocar água e nutrientes para as partes aéreas fica comprometida devido às alterações nas funções das raízes causadas pelo NCS (WRATHER *et al.*, 1984; EMBRAPA, 2008). Dessa forma, os prejuízos nas lavouras de soja foram consideráveis, variando de 10 % a 100 % em todos os locais onde o nematoide de cistos da soja foi encontrado (SINCLAIR, 1982; TIHOHOD; SANTOS, 1993; SILVA, 1998). As perdas de produtividade de grãos podem chegar a 90%, dependendo do grau de infestação, suscetibilidade da cultivar, fertilidade do solo e raça do nematoide (DHINGRA *et al.*, 2009).

ANJOS e SHARMA (1992) observaram, em Goiás, redução de 63,5% na produção de grão em lavouras infectadas pelo nematoide de cistos da soja, em relação às plantas aparentemente saudas. Nos locais onde foi diagnosticado o NCS no Brasil, as perdas de produção variaram de pequenas (lavouras sem sintomas) a mais de 50% (MENDES, 1993). Além da diminuição na produção, observou-se redução no conteúdo protéico dos grãos provenientes de soja infectada (ROSS, 1962).

Nas áreas infestadas com o NCS há desvalorização financeira (SILVA, 1998). Uma vez introduzido o NCS numa área de cultivo, é praticamente impossível e inviável economicamente qualquer tentativa de erradicá-lo, e sua disseminação por toda a área e região pode ocorrer em pequeno espaço de tempo (RIGGS, 1977; EMBRAPA, 2008).

Para minimizar os prejuízos ocasionados pelo nematoide de cistos, várias instituições brasileiras vêm desenvolvendo pesquisas com esse parasito, procurando maior conhecimento desse patógeno, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias para controlá-lo (BRITO, 1997).

2.2.7. Raças fisiológicas

O termo raça foi proposto para diferenciar os isolados do patógeno, com base nas suas habilidades em reproduzir-se sobre uma série de genótipos de soja (DIAS *et al.*, 2005b). A existência de raças fisiológicas em NCS foi relatada, pela primeira vez, por ROSS e BRIM (1957) nos Estados Unidos da América.

No Brasil, apesar de registrada a sua presença pela primeira vez na safra 1991/1992 (LIMA *et al.* 1992; LORDELLO *et al.*, 1992; MONTEIRO; MORAIS, 1992), já foram encontradas 11 raças (1, 2, 3, 4, 4⁺, 5, 6, 9, 10, 14, 14⁺) (EMBRAPA, 2008). A distribuição de raças do NCS nos estados brasileiros é a seguinte: Mato Grosso (raças 1, 2, 3, 4, 4⁺, 5, 6, 9, 10, 14, 14⁺), Mato Grosso do Sul e Goiás (raças 3, 4, 5, 6, 9, 10 e 14), Minas Gerais e Rio Grande do Sul (raças 3 e 6), Paraná, São Paulo e Bahia (raça 3), Tocantins (raça 1) e Maranhão (raça 9) (DIAS *et al.*, 2005a).

A diferenciação das raças pode ser realizada com base no número de fêmeas do nematoide desenvolvido sobre cada diferenciadora (Peking, Pickett, PI88788, PI90763) em relação ao número de fêmeas determinado na cultivar Lee 74 que é o padrão de suscetibilidade (GOLDEN *et al.*, 1970). Com esta metodologia, os autores identificaram quatro diferentes raças. Posteriormente, diferentes isolados foram analisados e observados por RIGGS e SCHMITT (1988). Estes isolados não se enquadravam nas raças determinadas por GOLDEN *et al.* (1970). Diante disso, RIGGS e SCHMITT (1988) verificaram a resposta dos diferentes isolados em relação às quatro diferenciadoras e propuseram uma expansão permitindo a caracterização de até 16 raças.

A inclusão da cultivar Hartwig como diferenciadora de modo que, todas as vezes que a resistência dessa cultivar for vencida, o número da raça deverá vir acompanhado de um sinal positivo (+), foi sugerida por DIAS *et al.* (1998). As raças 4⁺ e 14⁺ diferiram, das raças 4 e 14 clássicas, respectivamente, por apresentarem habilidade em parasitar a cultivar Hartwig. Entretanto, a resistência da PI 437654, um dos parentais de ‘Hartwig’, foi mantida. A forte ligação do(s) seu(s) gene(s) de resistência com o gene *I/i* (sendo o alelo *i* responsável pela cor preta do tegumento da semente) tem dificultado a transferência da resistência para cultivares elite (DIAS, 2003).

Um novo esquema de classificação da variabilidade do NCS foi proposto por NIBLACK *et al.* (2002) com intuito de descrever melhor a diversidade existente. Para isso sugeriram a inclusão de outras diferenciadoras e classificaram as populações de nematoides como *HG Types* (Tipos HG – *H. glycines*). Atualmente, segundo os autores, o teste do tipo HG envolve sete fontes de resistência e é utilizado no desenvolvimento de germoplasma resistentes nos Estados Unidos da América.

Com o intuito de nortear os programas de melhoramento genético da soja, visando desenvolver cultivares resistentes ao NCS, é fundamental o acompanhamento da distribuição/evolução das raças presentes nas diferentes regiões do Brasil (DIAS *et*

al., 2005a). Os híbridos de nematoides com chance de parasitar com êxito uma cultivar resistente ocorre em razão da capacidade de intercruzamentos entre nematoides de diferentes raças (SCHMITT; NOEL, 1984).

2.2.8. Controle

O controle do NCS pode ser realizado utilizando-se de algumas estratégias que incluem as cultivares resistentes e o manejo integrado da soja, sendo o ideal a combinação das estratégias disponíveis (EMBRAPA, 2005; EMBRAPA, 2008). Todavia, outros métodos podem ser utilizados como a rotação de cultura (EPPS; CHAMBERS, 1965), o uso de nematicidas (WRATHER; ANAND, 1988) e o controle biológico (HARTWIG, 1981).

DHINGRA *et al.* (2009) sugeriram que o controle seja de caráter preventivo, devido à dificuldade de sua eliminação. Além dos métodos comentados, indicaram uso de sementes livres de patógenos, desinfestação de implementos agrícolas, bom manejo de solo com aumento dos níveis de matéria orgânica, adubação equilibrada e descompactação.

2.2.9. Resistência

Estudos genéticos indicaram que a herança da resistência ao NCS é complexa (HARTWIG, 1981).

A resistência da soja ao NCS é resultado de três genes independentes. Genótipos resistentes são homozigotos recessivos (rhg_1rhg_1 , rhg_2rhg_2 e rhg_3rhg_3) (CALDWELL *et al.*, 1960). Posteriormente, MATSON e WILLIAMS (1965) identificaram o gene Rhg_4/rhg_4 localizado muito próximo ao gene I/i , sendo a forma recessiva i responsável pela coloração preta uniforme sobre todo o tegumento da semente.

Segundo MAURO *et al.* (1999), a resistência genética da soja à raça 3, na população proveniente do cruzamento entre BR 90-4722 e FT-Cristalina, foi considerada de natureza qualitativa e governada por três genes. Genótipo resistente deveria apresentar um gene dominante homozigoto e dois recessivos.

Avaliando os descendentes de 'Hartwig x Y23', foram identificados quatro genes que condicionam resistência à raça 14 e três genes para a resistência às raças 3 e 9. A falta de um dos genes proporcionou resistência moderada. A resistência da

população F_{2:3} do cruzamento entre MSOY-8001 e MG/BR-46 (Conquista) é governada por dois genes, ressaltando-se que os genótipos resistentes à raça 3 são homozigotos recessivos. Por outro lado, para a moderada resistência foi identificado apenas um gene (SILVA *et al.*, 2007). A resistência da cultivar Hartwig às raças 3 e 9 é conferida por quatro e dois genes, respectivamente (CERVIGNI *et al.*, 2007).

Com relação à raça 4, a resistência é condicionada por três genes. A cultivar resistente apresenta um gene homozigoto dominante e dois genes homozigotos recessivos. Aparentemente, dois locos adicionais com dois alelos cada um também são necessários para a resistência à raça 4 (THOMAS *et al.*, 1975).

Em estudo de herança da resistência à raça “X” foi identificado um gene, sendo que a forma homozigota recessiva condiciona resistência ao NCS presente em PI90763 (HANCOCK *et al.*, 1987).

O controle da resistência da soja ao NCS raça 4⁺ pelo cruzamento E96-776 x E97-2502-9-3-1 envolveu a expressão de efeitos aditivos, dominantes e epistáticos aditivos x dominantes, embora o modelo com um único gene não tenham sido rejeitado pelo teste χ^2 . Pela segregação do cruzamento E96-776 x E97-2502-9-3-5, a hipótese de um único gene foi explicada e que o modelo aditivo-dominante ajustou-se aos dados. Afirmaram que o alelo *i*, do gene *I/i*, está associado com esta resistência (DIAS *et al.*, 2005b).

A existência da heterogeneidade das populações de nematoides utilizadas nas análises de herança e a utilização da metodologia proposta por GOLDEN *et al.* (1970) para classificação das cultivares em resistentes ou suscetíveis pode ser uma das explicações, que indica a provável existência de mais genes para resistência ao NCS do que os que já foram identificados (LUEDDERS, 1989). Segundo o autor, plantas com valores de índice de fêmea entre 10 a 30% podem conter alguns genes de efeito menores que em função da metodologia deixam de ser detectados.

2.2.10. Cultivares resistentes

O desenvolvimento de cultivares resistentes às doenças tem sido uma das maiores contribuições do melhoramento de plantas (SEDIYAMA *et al.*, 2009c).

O mecanismo de resistência da soja ao nematoide de cistos é do tipo “reação de hipersensibilidade”, isto é, os tecidos afetados morrem e o nematoide não consegue completar seu desenvolvimento. A penetração dos juvenis ocorre de maneira semelhante em plantas resistentes e suscetíveis, mas nas resistentes os tecidos do

sincício (célula multinucleada de transferência da qual a fêmea se alimenta) se necrosam e entram em colapso, resultando em morte dos nematoides antes que atinjam a fase adulta (SCHMITT; NOEL, 1984).

O uso de cultivares resistentes é o método mais econômico e eficiente para o controle do nematoide de cistos da soja. Porém, o cultivo de uma mesma cultivar resistente em grandes extensões pode provocar pressão de seleção de raças, uma vez que o NCS apresenta grande variabilidade genética (EMBRAPA, 2008). Esta variabilidade genética pode comprometer a viabilidade do uso dessa prática (CAVINESS, 1992), pois pode resultar em mudança da frequência gênica da população de nematoides, mudança de raça e aumento da quebra de resistência (RIGGS; SCHMITT, 1993). Diante disso, cultivares tolerantes ou moderadamente resistentes podem apresentar maior longevidade com desenvolvimento satisfatório em áreas infestadas com nematoide de cistos. Isso porque são minimizadas as severas pressões de seleção nas populações de nematoides em comparação aos cultivares resistentes (CAVINESS, 1992). Adicionalmente, YOUNG (1992) relatou que o uso de cultivares tolerantes é desejável desde que outros métodos sejam utilizados em conjunto, pois permitem acúmulos de inóculo de nematoides durante o crescimento.

Segundo BALDWIN e MUNDO-OCAMPO (1991), apenas dois a quatro anos de plantio sucessivo de cultivar resistente foram suficientes para o surgimento de raças capazes de parasitá-lo. Isso ocorreu porque a frequência genética da população de *H. glycines* foi alterada, com relativa facilidade, devido à pressão de seleção resultante do uso contínuo desse tipo de cultivar.

ROSS e BRIM (1957) relataram, pela primeira vez, a resistência da soja a essa doença em avaliações de 2.800 introduções de plantas (*PI's*) e cultivares pela metodologia da fileira dupla.

As primeiras cultivares lançadas com resistência ao NCS foram a Pickett (BRIM e ROSS, 1966), a Custer (LUEDDERS *et al.*, 1968) e a Dyer (HARTWIG e EPPS, 1968). No Brasil, foi a MG/BR-Renascença na safra 1997/1998, com resistência à raça 3 (SILVA, 1998). SILVA *et al.* (1999d) avaliaram a reação dessa cultivar às raças 3, 4, 6 e 10 de *H. glycines* e observaram alta variação de resistência entre as repetições dentro de cada raça. Para confirmar o resultado, quanto à raça 3, a cultivar foi reavaliada e foi obtido o mesmo resultado. Diante disso, SILVA *et al.* (1999d) sugeriram a existência de mistura varietal ou que a cultivar ainda estaria segregando.

Atualmente, somente 10,2 % das cultivares recomendadas para o Brasil apresentam resistência a pelo menos uma raça do nematoide de cistos da soja. Os

programas de melhoramento continuam desenvolvendo cultivares, principalmente para resistência à raça 3 (EMBRAPA, 2008).

2.2.11. Manejo integrado da soja ao nematoide de cistos

A prevenção da disseminação é uma medida econômica e eficaz. Para isso, é necessário prevenir e/ou impedir a sua entrada na propriedade, controlando o trânsito de máquinas, pessoas, materiais vegetais e solo dentro da propriedade, e adquirir sementes de qualidade (TIHOHOD; SANTOS, 1993, EMBRAPA, 2008).

Rotação de cultura é efetiva no controle do NCS porque poucas culturas são suscetíveis (RIGGS e SCHMITT, 1993). A rotação com milho, algodão, arroz de sequeiro, mamona e cana-de-açúcar foi recomendada por apenas um ano em algumas regiões, mas em outras como em Minas Gerais e nordeste do Mato Grosso a recomendação foi de dois anos de rotação devido ao manejo inadequado do solo (FREITAS *et al.*, 2004).

O planejamento da rotação de culturas é relativamente simples, em função do número limitado de hospedeiros. Entretanto, o uso desta prática é muitas vezes limitado devido à baixa viabilidade econômica de algumas culturas em determinadas regiões. É recomendada a semeadura direta, pois esta forma de cultivo dificulta a dispersão dos cistos, em função da redução da movimentação de máquinas e, principalmente, de solo. A utilização dessa prática reduziu o risco de disseminação pelo vento, principalmente nas regiões dos chapadões, onde grandes quantidades de solo podem ser carregadas na época do preparo convencional do solo (ALMEIDA *et al.*, 1997).

2.3. Métodos de melhoramento e condução da população segregante

BORÉM e MIRANDA (2005) descreveram vários métodos de melhoramento e de condução da população segregante, como introdução de germoplasma, seleção, hibridação, método da população, método genealógico, método descendente de uma única semente, método descendente de uma única vagem, teste de geração precoce, seleção recorrente e método dos retrocruzamentos, que podem ser utilizados nos programas de melhoramento de plantas autógamas. Esses métodos podem ser adaptados e utilizados no desenvolvimento de novos cultivares de soja (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

2.3.1. Método descendente de uma única vagem por planta

A hibridação é caracterizada pela fusão de gametas geneticamente distintos. Tem-se como resultado, após sucessivas gerações de autofecundação e seleções, indivíduos homocigotos com características desejáveis de ambos os genitores (BORÉM; MIRANDA, 2005). Linhas fenotipicamente semelhantes são obtidas após cinco a seis gerações de autofecundação. A escolha dos genitores, após a definição dos objetivos, é a etapa mais importante da hibridação (SEDIYAMA *et al.*, 2005).

O método descendente de uma única semente – SSD (*Single Seed Descent*) também é conhecido como método genealógico modificado (BRIM, 1966). Atualmente, o método SSD, juntamente com seus derivados, constituem as metodologias mais utilizadas pelos melhoristas de plantas autógamas (DESTRO; MANTALVÁN, 1999).

O método SSD consiste em colher uma vagem de cada planta e permitir a descendência de um único indivíduo, a partir da geração F_2 , e utilizá-la como genitora da geração seguinte. Depois de atingido o nível de homocigose desejado, a progênie é mantida em mistura (SEDIYAMA *et al.*, 2005). Esta progênie origina-se de uma planta F_2 diferente. Entretanto, a condução das populações segregantes pelo método SSD não assegura que determinada planta F_2 estará representada na população de linhas puras. A falha na germinação de qualquer semente, em qualquer geração, elimina a linhagem correspondente (DESTRO; MANTALVÁN, 1999).

Esse método é caracterizado pela separação da fase de aumento da homocigose da fase de seleção. Isto implica em condução das populações segregantes em ambientes distintos dos locais definitivos de cultivo (BORÉM; MIRANDA, 2005).

A seleção de caracteres de alta herdabilidade, resistência às pragas e doenças, plantio de várias gerações por ano, rápida obtenção de homocigotos para caracteres de herança simples são características vantajosas dessa metodologia. Entretanto, não é registrada a genealogia de cada linha e não se beneficia de seleção natural (BORÉM; MIRANDA, 2005; SEDIYAMA *et al.*, 2005).

O dispêndio de mão de obra e de tempo para separar uma semente de uma vagem acarretou modificação do SSD (BORÉM; MIRANDA, 2005). Esta variação, denominada método descendente de uma vagem por planta – SPD (*Single Pod Descent*), consiste em colher uma vagem com duas ou três sementes por planta, a partir da geração F_2 até atingir o nível de homocigose desejado. Por ocasião da debulha das vagens, as sementes são misturadas e plantadas na geração seguinte, em campo (SEDIYAMA *et al.*, 2005). Após a obtenção de um nível alto de homocigose, faz-se a

seleção, colheita e debulha de cada planta individualmente. Cada planta dá origem a uma linha pura (DESTRO; MANTALVÁN, 1999).

Essa modificação mantém a variabilidade genética e possibilita a condução das populações segregantes, em nível de campo com condições edafoclimáticas distintas das desejadas para a futura cultivar (BORÉM; MIRANDA, 2005; SEDIYAMA *et al.*, 2005).

2.4. Correlação

A correlação reflete o grau de associação entre caracteres. É importante o seu conhecimento porque mostra como a seleção para um caráter influencia a expressão de outros caracteres (LOPES *et al.*, 2002; CRUZ *et al.*, 2004).

A correlação fenotípica é estimada a partir da mensuração de medidas de dois caracteres, utilizando-se certo número de indivíduos. Esta correlação tem causas genéticas e ambientais. As causas da correlação genética, segundo FALCONER (1981), devem-se principalmente ao pleiotropismo, que pode ser definido quando um único gene afeta duas ou mais características, e o ambiente pode ser considerado como causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais.

O conhecimento da associação entre caracteres é de importância fundamental para avaliação e seleção em programas de melhoramento, isso porque um caráter pode apresentar baixa herdabilidade, resultando em dificuldades na seleção, e/ou apresentar problemas de medição e identificação (FALCONER, 1981; CRUZ *et al.*, 2004).

É importante observar nos coeficientes de correlação o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude dos valores. A alta magnitude reflete a relação linear entre os caracteres estudados (FALCONER, 1981; CRUZ, 2005) e a significância estatística das estimativas de correlação.

Em estudos de melhoramento genético, somente as correlações genéticas são importantes, pois se referem apenas aos efeitos herdáveis. Dessa forma, é possível obter ganhos para o caráter que apresenta menor herdabilidade ou de difícil mensuração por meio da seleção indireta, caso os dois caracteres apresentem correlações genéticas favoráveis (FALCONER, 1981; CRUZ *et al.*, 2004; CARPENTIERI-PIPOLO *et al.*, 2005). Entretanto, se o caráter de maior herdabilidade é de fácil medição e identificação e apresenta correlação genotípica negativa com alguns caracteres e positivas com

outros, deve-se tomar cuidado para que a seleção desse caráter não resulte em mudanças indesejáveis na população (FALCONER, 1981; CRUZ *et al.*, 2004).

Vários autores relataram, em geral, que na cultura da soja as correlações genóticas foram superiores às fenotípicas (JOHNSON *et al.*, 1955; ANAND; TORRIE, 1963; KWON; TORRIE, 1964; SHIMOYA, 1987; CECON *et al.*, 1993; MONTENEGRO, 1994; SANTOS, 1994; FARIAS NETO, 1995; AZEVEDO FILHO *et al.*, 1998; PELÚZIO *et al.*, 1998; NAOE, 1999; LOPES *et al.*, 2002).

Densidades de cistos viáveis e de juvenis de segundo estágio apresentaram correlações positivas com valores de pH, Ca, Mg e saturação de bases. O pH apresentou correlação positiva com o total de cistos e ovos/cisto viáveis (SOLOGUREN; SANTOS, 1997). Dessa forma, SOLOGUREN e SANTOS (1997) afirmaram que o manejo do solo, no que se refere ao uso adequado de corretivos, pode auxiliar no controle de *H. glycines*.

CERVIGNI (2003) estudou, em condições de campo, 134 linhagens endogâmicas recombinantes obtidas do cruzamento entre Hartwig e Y23, as quais foram conduzidas pelo método SSD (*Single Seed Descent*), em casa de vegetação, até a geração F₇, sem praticar seleção durante o processo de avanço de gerações. Verificou-se que a correlação genotípica entre número de vagens por planta, número de sementes por vagem e peso de cem sementes com a produção de grãos mostraram sinais diferentes, positiva para número de vagem por planta e negativa para número de sementes por vagem e peso de cem sementes. Diante disso, CERVIGNI (2003) constatou que os dados mostraram a utilidade do caráter número de vagem por planta para o processo de seleção de genótipos superiores quanto à produtividade.

Correlações altamente significativas ($P < 0,01$) foram observadas em avaliação do número de nematoides por 50 cm³, peso da matéria fresca, número de vagens por planta e índice vegetativo com diferença normalizada em 21 áreas infestadas por *H. glycines* (SANTOS JUNIOR *et al.*, 2002).

2.5. Herdabilidade

A herdabilidade pode ser definida como a fração da variabilidade fenotípica, que se espera ser transmitida aos descendentes (JOHNSON; BERNARD, 1963). A herdabilidade expressa a proporção da variação total que é atribuída aos efeitos médios dos genes, que são determinantes do grau de semelhança entre parênteses. O seu papel preditivo expressa a confiabilidade do valor fenotípico como um guia para o valor

genético, porque somente o valor fenotípico pode ser diretamente mensurado; no entanto, é o valor genético que determina sua influência na próxima geração (FALCONER, 1981).

Considerando os genótipos como de efeito fixo, o coeficiente de determinação genotípico é estimado de forma análoga à herdabilidade (YOKOMIZO; VELLO, 2000; CRUZ, 2005). Esse coeficiente expressa a proporção da variabilidade fenotípica devida às variações genéticas, porque é estimado o componente quadrático genotípico que é relativo aos genótipos avaliados e não à variância genotípica (CRUZ, 2005).

A média da herdabilidade estimada para as progênies resistentes ao nematoide de cistos, raça 3, do cruzamento ‘Coker 6727 x FT-Cristalina’ (geração F₄ a F₆) foi maior que a média das herdabilidades observadas nos resultados apresentados pelas progênies resistentes do cruzamento ‘Hartwig x Doko’ (geração F₄ a F₆) nas características altura de plantas, número de nós na haste principal, de vagem por planta e peso de 100 sementes (CUNHA, 1997).

As estimativas de herdabilidade para o caráter altura de planta foram bastante variáveis, com valores entre 60,10% e 66,89% (Monte Alegre de Minas – MG, ano agrícola 1984/1985) e 94,55% e 96,73% (Capinópolis – MG, ano agrícola 1984/1985) (SHIMOYA, 1987).

Avaliando 176 RIL's (*Recombinant Inbred Lines*), resistentes ao nematoide de cistos raça 1, obtidas pelo método SPD (*Single Seed Descent*) do cruzamento entre ‘Hartwig e Emgopa-316’, foi obtida estimativa de herdabilidade igual a 0,258 (MOURA *et al.*, 2008), resultado semelhante ao obtido por YUE *et al.* (2001), em que a estimativa da herdabilidade foi de 0,55, em população resistente a raça 1 do NCS.

2.6. Diversidade genética

O estudo da diversidade genética é realizado visando identificar as melhores combinações híbridas, estudar a evolução das plantas, identificar um conjunto gênico mais amplo e a viabilidade de cruzamentos (MIRANDA, 1988). A diversidade genética expressa a diferença entre as frequências alélicas das populações, e o seu estudo têm importância fundamental na escolha de cultivares a serem utilizadas como genitores. A distância genética entre os genitores é indicativa de expressão heterótica nas progênies (FALCONER, 1981).

A avaliação da diversidade genética pode ser realizada a partir de caracteres agronômicos, morfológicos, moleculares, entre outros. Considerando os caracteres quantitativos, a variabilidade pode ser estimada por meio de medidas de dissimilaridade utilizando-se diversas distâncias. Quando se dispõe de informações provenientes de ensaios experimentais, pode-se utilizar da distância de Mahalanobis, pois se consideram as variâncias e covariâncias residuais existentes entre os caracteres mensurados (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

O reconhecimento de grupos homogêneos a partir da análise visual das estimativas de dissimilaridade entre genótipos é, praticamente, impossível. Por isso utilizam-se métodos de agrupamentos, o que torna o exame visual das medidas mais simplificadas. Entre os métodos de agrupamentos mais utilizados no melhoramento de plantas, citam-se os hierárquicos e os de otimização (CRUZ *et al.*, 2004).

ABDELNOOR *et al.* (2001) avaliaram a diversidade genética entre populações do nematoide de cistos que não parasitam a cultivar Hartwig e a população encontrada em Sorriso, MT. As análises de agrupamento foram elaboradas pelo método da variância mínima baseando-se na caracterização molecular pela técnica de marcadores moleculares RAPD e no complemento do coeficiente de similaridade de Nei e Li. Os referidos autores verificaram que as populações (raças 4⁺ e 14⁺) originadas de Sorriso, MT, que conseguiram multiplicar na cultivar Hartwig foram geneticamente distintas das demais populações (raças 4 e 14) que não foram capazes de tal multiplicação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Estabilidade da raça do nematoide de cistos da soja (*Heterodera glycines*) e avaliação da resistência de genótipos de soja

3.1.1. Instalação do experimento

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Programa Melhoramento Genético de Soja, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no Campus Universitário, no município de Viçosa, Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 20°45'S e 42°51'W. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, sendo cada unidade experimental representada por uma planta. As médias das temperaturas mínimas e máximas foram de 19,8 °C e 35,6 °C, respectivamente, no período de 10 de dezembro de 2008 a 23 de janeiro de 2009.

3.1.2. Descrição dos genótipos avaliados

O material genético foi constituído de genótipos promissores (Tabela 7) que apresentaram caracteres desejáveis em ensaios de segundo ano de avaliação do valor de cultivo e uso (VCU) e padrões de suscetibilidade (EMGOPA313 e Lee 74) e de resistência (UFVS2010). Quando necessário foram utilizadas diferenciadoras de raças de *H. glycines* (Lee 74, Pickett, Peking, PI88788, PI90763 e Hartwig).

A cultivar UFVS2010 foi desenvolvido pelo Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa e possui resistência ao nematoide de cistos, raça 3.

Dos 24 genótipos promissores, um genótipo possui dois parentais resistentes ao NCS, ressaltando-se que um deles foi utilizado duas vezes como genitor; dois genótipos apresentam dois parentais distintos resistentes ao NCS; e os demais, provenientes de cruzamento triplo, possuem um genitor resistente, isto é, do cruzamento [Ax(BxC)], apenas o C é resistente. Dessa forma, os genótipos testados tiveram como genitores parentais com resistência ao nematoide de cistos.

Os genótipos foram originados pelo método descendente de uma vagem por planta na geração F₅. Este método consistiu em colher uma vagem de cada planta a partir da geração F₂, possibilitando a obtenção de plantas F₃. Em F₃, colheu-se uma vagem de cada planta, da qual, após a debulha, retirou-se uma amostra de sementes para a semeadura. Em F₄ e F₅, foi repetido o procedimento da geração F₃. Na geração F₅, também foram selecionadas plantas com bons caracteres agronômicos, como altura de planta, altura da inserção da primeira vagem, tolerância ao acamamento e maior número de vagens por planta. As sementes, originadas de plantas individuais F₅, foram semeadas em uma única fileira, para avaliação da uniformidade de suas progênes e obtenção de plantas F₆. Em F₆, foram avaliados número de dias para floração e maturação, altura de plantas e da inserção da primeira vagem, tolerância ao acamamento, produção de grãos, qualidade visual de sementes, uniformidade da cor do hilo e do tegumento e dimensão da semente. Nas gerações F₆, F₇ e F₈, foram realizados os ensaios finais de primeiro, segundo e terceiro anos, respectivamente.

3.1.3. Caracterização do banco de nematoides e obtenção do solo infestado

O solo infestado com *H. glycines* foi coletado no Banco de Nematoides do Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa (BNPMGS-UFV). Este banco foi formado em 1996, a partir de coletas de solo de diferentes localidades (Fazenda Minuano, MT; Fazenda Querência, MT; Fazenda União, MT; Campo Verde, MT; Agropecuária Formosa, MT; Chapadão do Sul, MS; Chapadão do Céu, GO; Monta Carmelo, MG; e Santa Juliana, MG) e raças (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 10) (SILVA, 1998). As populações foram mantidas, individualmente, em caixas de amianto, em casa de vegetação, utilizando-se diferentes cultivares de soja suscetível. Estas caixas possuem 30 cm de largura, 48 cm de comprimento e 32,5 cm de profundidade, contendo uma camada de brita, uma de areia e o solo infestado.

Depois de formado o BNPMGS-UFV, o plantio de sementes de soja era realizado, pelo menos, duas vezes por ano, com intuito de manter a viabilidade dos nematoides. Utilizou-se para manutenção do nematoide de cistos predominantemente a 'FT-Estrela'. Esta cultivar apresenta suscetibilidade ao nematoide de cistos e foi uma das mais cultivadas no Brasil central.

Entre as diferentes populações presentes no BNPMGS-UFV, foram utilizadas 10 amostras previamente caracterizadas como raça 3.

3.1.4. Multiplicação do nematoide

Foram coletados, aproximadamente, três decímetros cúbicos de solo de cada uma das 10 amostras do BNPMGS-UFV. Cada amostra foi homogeneizada com mais 9 decímetros cúbicos de solo, livre de *H. glycines*, para encher quatro vasos. Foram transplantadas três plantas de soja, por vaso, cujo estágio de desenvolvimento era VC segundo FEHR e CAVINESS (1977), no dia 6 de fevereiro de 2008. Passados 35 dias, foi eliminada a parte aérea de todas as plantas. Um vaso de cada amostra foi vertido em lona plástica para destorroamento do solo, friccionamento do sistema radicular e homogeneização. Este solo foi recolocado nos vasos e transplantadas três plantas de soja, por vaso, no estágio VC. Esta última etapa foi repetida com os demais vasos. Após 35 dias, procedeu-se o destorroamento, friccionamento do sistema radicular e homogeneização do solo, de vasos pegos aleatoriamente. Encheram-se novamente os vasos e foram transplantadas três plantas de soja, por vaso, no estágio VC. Esta última etapa foi realizada mais duas vezes com intuito de homogeneizar o solo.

Com isso, obteve-se solo homogêneo e infestado, supostamente, com a raça 3 de *H. glycines*. A manutenção dessa população foi realizada em casa de vegetação utilizando-se a cultivar de soja BMS Quartzo.

3.1.5. Obtenção do inóculo

Para este experimento, foi utilizado solo infestado com nematoide conforme descrito no item 3.1.4. Cada vaso foi homogeneizado com solo livre de *H. glycines* na proporção 1:3 (uma parte de solo infestado para três de solo livre de nematoide). Posteriormente foram transplantadas três plantas de soja, por vaso, cujo estágio de desenvolvimento era VC segundo FEHR e CAVINESS (1977), no dia 25 de setembro de 2008. Após 34 dias, em 29 de outubro de 2008, procedeu-se o destorroamento, friccionamento do sistema radicular e homogeneização do solo. Utilizou-se deste para encher novamente os vasos para o transplântio de três plantas de soja por vaso.

Para a obtenção dos ovos, no dia 9 de dezembro de 2008 (41 dias após o transplântio), eliminou-se a parte aérea de 120 plantas, e os sistemas radiculares foram retirados do solo, cuidadosamente, lavados em um balde com água, colocados em saco de plástico e levados ao laboratório. No laboratório de Nematologia, do Departamento de Fitopatologia da UFV, foram colocados, um a um, em peneira de 20 mesh acoplada a

uma de 100 mesh e lavados sob jato forte de água. O conteúdo da peneira de 100 mesh foi recolhido em um béquer com auxílio de uma piseta com água.

Após o término dessa etapa, o conteúdo do béquer foi esmagado, com auxílio de um tubo de ensaio, em peneiras de 100 mesh acoplada a uma de 500 mesh. O material retido nesta última peneira, principalmente ovos, foi recolhido com água e mantido em béquer. Foi estimada a concentração de ovos por mililitro e, posteriormente, padronizada a suspensão para 1.000 ovos/ml. O béquer contendo a suspensão de ovos foi mantido em geladeira até o momento da inoculação.

3.1.6. Preparo das plantas para inoculação

As sementes dos genótipos (Tabela 7), dos padrões de suscetibilidade e de resistência e das diferenciadoras de raças foram pré-germinadas, no dia 30 de novembro de 2009, em areia previamente esterilizada com brometo de metila. No estágio VE segundo FEHR e CAVINESS (1977), as plantas foram padronizadas e transplantadas uma por vaso de cerâmica, que continha 0,8 decímetro cúbico de uma mistura de 50% de areia com 50% de solo argiloso, foi previamente esterilizada com brometo de metila.

3.1.7. Inoculação das plantas

A inoculação foi realizada no dia 10 de dezembro de 2008. Para este procedimento, foram feitos quatro orifícios no solo com bastão de vidro de 8 milímetros de diâmetro, distanciados 2 cm da haste principal com profundidade de 2 cm. Cada vaso recebeu 4.000 ovos, distribuindo-se, com auxílio de uma pipeta, 1 ml da suspensão contendo 1.000 ovos/ml em cada orifício.

3.1.8. Caracteres avaliados

Número de fêmeas (NF) – O sistema radicular de cada planta inoculada foi, cuidadosamente, removido do solo aos 34 dias após a inoculação. Foi lavado em um balde contendo água para retirar excesso de solo e, depois, colocado em saco plástico. Posteriormente, foram individualmente lavados sob jato forte de água, em peneira de 20 mesh acoplada a outra de 160 mesh. As fêmeas retidas na peneira de 160 mesh foram recolhidas, com água, em um béquer. Após a extração, as fêmeas foram contadas sob microscópio estereoscópico (20X) com auxílio de uma placa de contagem de plástico

com fundo quadriculado. Em seguida, foi avaliado o comportamento dos genótipos com base no índice de fêmeas (IF).

Número de ovos (NO) – Depois de contadas as fêmeas, a suspensão aquosa foi vertida em peneira de 100 mesh acoplada a uma de 500 mesh e o conteúdo esmagado com auxílio de um tubo de ensaio. Os ovos retidos na peneira de 500 mesh foram recolhidos com água em béquer. Retirou-se uma alíquota da solução aquosa contendo ovos e estimou-se o número de ovos, de cada genótipo, com auxílio da câmara de Peters e microscópio estereoscópico (64X). Este procedimento foi realizado, separadamente, para todos os genótipos.

Número de ovos por fêmea (NOF) – Foi estimado, o número de ovos por fêmea, pela divisão do número total de ovos pelo número total de fêmeas de cada genótipo.

Fator de reprodução (FR) – Consiste na razão (Pf/Pi), isto é, o número de ovos de cada genótipo (Pf) dividido pelo número de ovos inoculados (4.000 ovos) (Pi) (OOSTENBRINK, 1966).

Altura da planta (AP) – Distância em centímetros compreendida entre o nível do solo e a extremidade apical da haste principal. Foi avaliada no momento da remoção do sistema radicular do solo.

Número de nós na haste principal (NN) – Foi contado o número de nós da haste principal, a partir do nó da primeira folha unifoliolada até o último nó visível. Foi avaliado no momento da remoção do sistema radicular do solo.

Peso de matéria verde (PMV) – A mensuração foi realizada após a remoção do sistema radicular. A parte aérea das plantas foi acondicionada em saco de papel e a avaliação do *PMV*, realizada em laboratório utilizando-se balança de precisão.

Peso de matéria seca (PMS) – A parte aérea das plantas foi acondicionada em saco de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. A mensuração foi realizada em balança de precisão.

3.1.9. Confirmação da raça

A determinação da raça predominante foi realizada com base na reação das diferenciadoras ao nematoide, obtida por meio do índice de fêmeas (IF). Se $IF < 10\%$, a cultivar recebe o sinal negativo (-) (resistente) e se $IF \geq 10\%$, foi identificada com o sinal (+) (suscetível). A raça predominante, na amostra, foi definida conforme a série diferenciadora de RIGGS e SCHMITT (1988), acrescida da cultivar Hartwig segundo DIAS *et al.* (1998) (Tabela 3).

$$\text{Índice de fêmeas (IF)} = \frac{\text{Média do número de fêmeas no genótipo em teste}}{\text{Média do número de fêmeas em Lee 74}} \times 100$$

Tabela 3. Raças de nematoide de cistos da soja, *Heterodera glycines*, de acordo com o esquema de determinação de raças de RIGGS e SCHMITT (1988) e DIAS *et al.* (1998)¹

Raça	Pickett	Peking	PI 88788	PI 90763	Hartwig
1	-	-	+	-	-
2	+	+	+	-	-
3	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	-
4+	+	+	+	+	+
5	+	-	+	-	-
6	+	-	-	-	-
7	-	-	+	+	-
8	-	-	-	+	-
9	+	+	-	-	-
10	+	-	-	+	-
11	-	+	+	-	-
12	-	+	-	+	-
13	-	+	-	-	-
14	+	+	-	+	-
14+	+	+	-	+	+
15	+	-	+	+	-
16	-	+	+	+	-

¹A determinação da raça foi realizada com base no padrão de classificação (“+” e “-“) para cada cultivar diferenciadora. A classificação “+” foi dada se o número de fêmeas produzido por uma população de *H. glycines* em cada cultivar diferenciadora foi igual ou maior que 10% do número de fêmeas produzida no padrão de suscetibilidade “Lee 74”. Se o número de fêmeas foi menor que 10%, a classificação “-“ foi dada.

3.1.10. Avaliação do comportamento da soja ao nematoide de cistos

O comportamento dos genótipos ao *H. glycines* foi avaliado segundo SCHMITT e SHANNON (1992), cujas reações da soja ao nematoide de cistos podem

ser classificadas por quatro níveis: resistente ($IF < 10\%$); moderadamente resistente ($10\% \leq IF \leq 30\%$); moderadamente suscetível ($31\% \leq IF \leq 60\%$); e suscetível ($IF > 60\%$). Também foi considerado o fator de reprodução (FR), em que $FR < 1$ é considerado resistente e $FR \geq 1$ é suscetível (OOSTENBRINK, 1966).

3.2. Seleção de genótipos de soja para resistência a *Heterodera glycines*, raça 3, cultivados em solo artificialmente infestado e análise visual

3.2.1. Descrição dos genótipos avaliados

As características dos genótipos avaliados foram apresentadas no item 3.1.2.

3.2.2. Obtenção do inóculo

Neste experimento foi utilizado solo artificialmente infestado com *H. glycines* em vez de realizar a extração de fêmeas e ovos do sistema radicular de plantas de soja.

Foram utilizados 15 vasos, com três decímetros cúbicos de solo, provenientes da multiplicação do nematoide (item 3.1.4.). Cada vaso foi homogeneizado com solo livre de *H. glycines* na proporção 1:3, sendo uma parte de solo infestado e três partes de solo não infestado. Em cada vaso foram transplantadas três plantas de cultivar de soja suscetível, cujo estágio de desenvolvimento era VC segundo FEHR e CAVINESS (1977). Após 41 dias (5 de novembro de 2008), procedeu-se o destorroamento, friccionamento do sistema radicular e homogeneização do solo. Este solo foi retornado para os vasos onde foram plantadas três plantas de soja por vaso. No final desta etapa (47 dias após o último transplântio), obteve-se quantidade de solo artificialmente infestado suficiente para a instalação e condução do experimento.

Os 180 vasos de polietileno rígido de 0,5 decímetro cúbico de capacidade, necessários para a instalação do experimento, foram enchidos no dia 22 de dezembro de 2009. O solo foi homogeneizado, separadamente, para cada repetição do experimento, utilizando-se para isso 10 vasos de três litros para cada repetição. Cada vaso foi vertido em uma bandeja plástica. Das 10 bandejas foram utilizadas apenas oito, sendo as que continham sistemas radiculares com maior quantidade de fêmeas. Os sistemas radiculares foram submetidos à fricção e misturados com o solo, dentro de cada

bandeja. Posteriormente, em uma lona plástica, foi vertido e homogeneizado todo o solo contido nas oito bandejas. Depois de bem homogêneo, os vasos de 0,5 decímetro cúbico foram cheios para a instalação do experimento. Dessa forma, o solo passou por homogeneização dentro da bandeja (solo + sistemas radiculares friccionado) e, posteriormente, entre os vasos (solo proveniente de oito bandejas). Esta etapa foi repetida para as demais cinco repetições.

3.2.3. Preparo das plantas para inoculação

Neste experimento foram utilizadas sementes dos genótipos (item 3.1.2.), dos padrões e da diferenciadora Lee 74. Os demais passos foram descrito no item 3.1.6.

3.2.4. Inoculação das plantas

As plantas, no dia 22 de dezembro de 2008 - que correspondeu ao estágio VC segundo FEHR e CAVINESS (1977) - foram transplantadas nos vasos contendo solo artificialmente infestado com *H. glycines*.

Para a homogeneização do solo, o volume total foi dividido em seis amostras. Cada amostra correspondeu à quantidade de solo necessária para encher os vasos de uma repetição do experimento de seleção de genótipos (item 3.2.1).

Para verificar se o solo entre as amostras estava homogêneo quanto à quantidade de inóculo que as plantas foram submetidas, foi realizada a extração de cistos e fêmeas utilizando a metodologia proposta por DUNN (1969), de três subamostras de cada amostra de solo.

Após a extração de cistos e fêmeas de cada subamostra, foi quantificado o número de cistos e fêmeas e de ovos. Os dados foram submetidos à análise de variância.

3.2.5. Caracteres avaliados

Número de fêmeas (NF) – Aos 35 dias após a inoculação, o sistema radicular de cada planta foi removido do solo e lavado, cuidadosamente, em balde cheio de água, com o intuito de remover o excesso de terra aderida. Após serem lavados, foram colocados sobre jornal para a evaporação do excesso de água. Posteriormente, os sistemas radiculares foram individualmente picotados e colocados o filme de plástico de polietileno preto, proporcionando melhor visualização e contagem de fêmeas com

auxílio de lupa de mão (aumento de 6X). A contagem foi realizada por três avaliadores treinados em identificar fêmeas no sistema radicular. Os avaliadores foram denominados avaliadores A, B e C.

Nota visual do número de fêmeas (NVNF) – Avaliou-se logo após a evaporação do excesso de água. Para isso, foi confeccionada a escala de notas visuais, apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Escala de notas visuais utilizada na avaliação do número de fêmeas no sistema radicular

Nota	Característica
1	0 a 9 % do sistema radicular com presença de fêmeas
2	10 a 19 % do sistema radicular com presença de fêmeas
3	20 a 29 % do sistema radicular com presença de fêmeas
4	30 a 39 % do sistema radicular com presença de fêmeas
5	40 a 49 % do sistema radicular com presença de fêmeas
6	50 a 59 % do sistema radicular com presença de fêmeas
7	60 a 69 % do sistema radicular com presença de fêmeas
8	70 a 79 % do sistema radicular com presença de fêmeas
9	80 a 89 % do sistema radicular com presença de fêmeas
10	90 a 100 % do sistema radicular com presença de fêmeas.

Nota visual do vigor da raiz (NVVR) – Avaliou-se por escala de notas visuais com valores de 1 (maior vigor) a 10 (menos vigor), logo após a evaporação do excesso de água. Sempre comparando o genótipo em teste com a cultivar Lee 74.

Nota visual do vigor da planta (NVVP) – Avaliou-se por escala de notas visuais com valores de 1 (maior vigor) a 10 (menor vigor), logo após a evaporação do excesso de água. Sempre comparando os genótipos em teste com a cultivar Lee 74.

Altura da planta (AP), número de nós na haste principal (NN), peso de matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) foram avaliados conforme descrito no item 3.1.8.

3.2.6. Avaliação do comportamento da soja ao nematoide de cistos

O comportamento dos genótipos ao *H. glycines* foi avaliado segundo SCHMITT e SHANNON (1992).

3.3. Análises dos dados

No experimento “Estabilidade da raça do nematoide de cistos da soja (*H. glycines*) e avaliação da resistência de genótipos de soja”, os dados referentes ao número de fêmeas e de ovos, altura de planta e peso da matéria verde foram transformados em $\sqrt{x+1}$ e, assim, atenderam à normalidade (Teste de Lilliefors). Com relação à homogeneidade de variância (Teste de Bartlett), a transformação dos dados não foi suficiente em tornar as variâncias homogêneas. Os caracteres número de ovos por fêmea e de nós não foram transformados, pois, mesmo após a transformação, mantiveram comportamento significativo para homogeneidade e normalidade, respectivamente; enquanto, para normalidade e homogeneidade, respectivamente, os dados originais se comportavam de maneira não significativa. Os dados originais do peso da matéria seca apresentaram normalidade e homogeneidade de variância.

No experimento “Seleção de genótipos de soja para resistência a *Heterodera glycines*, raça 3, cultivados em solo artificialmente infestado e análise visual” os dados referentes ao número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C, média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas e do vigor da planta foram transformados em $\sqrt{x+1}$ para atender à normalidade (Teste de Lilliefors). Os dados referentes à altura da planta, peso da matéria verde e da matéria seca foram transformados em $\log(x+1)$ e apresentaram padrões de normalidade com estimativas não significativas à curtose e simetria. Os caracteres número de fêmeas obtido pelo avaliador C e nota visual da planta, após a transformação, apresentaram padrões de normalidade com estimativas não significativas à simetria e à curtose e simetria da curva normal, respectivamente. Com relação à homogeneidade de variância (Teste de Bartlett), a transformação dos dados não foi suficiente para tornar as variâncias homogêneas. Para número de nós, foram utilizados os dados originais, pois, mesmo após a transformação, não foram observadas melhorias nos dados quanto à normalidade e homogeneidade de variância.

Posteriormente, foram analisados pela estatística F. O modelo estatístico adotado foi o fixo, sendo:

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

$$Y_{ijk} = \text{observação referente ao } i\text{-ésimo genótipo e da } j\text{-ésima repetição;}$$

μ = média geral do experimento;

G_i - efeito do genótipo i ;

ε_{ij} = erro aleatório associado à observação ij .

A estatística F foi dada por:

$$F = \frac{\text{Quadrado médio do genótipo (QMG)}}{\text{Quadrado médio do resíduo (QMR)}}$$

O coeficiente de variação foi estimado por:

$$CV\% = \frac{(100 \sqrt{QMR})}{m}, \text{ em que:}$$

QMR = quadrado médio do resíduo referente ao caráter em questão;

m = média do caráter em questão.

Para elucidar as diferenças significativas observadas pela estatística F, os genótipos foram submetidos ao teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Entretanto, o comportamento do NCS foi avaliado pelo índice de fêmeas e fator de reprodução.

Considerando que o comportamento dos genótipos pudesse apresentar respostas diferenciadas, quanto ao número de fêmeas nos sistemas radiculares das plantas, nas diferentes formas de avaliação, foi feita a análise de variância conjunta. Para esta análise, utilizou-se o esquema fatorial simples (G x A), em que G correspondeu ao número de genótipos comuns nos ambientes e A, ao número de formas de avaliação. O modelo estatístico da análise conjunta foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ em que:}$$

Y_{ijk} = observação na k - ésima repetição, avaliado no i - ésimo genótipo e j - ésima avaliação;

μ = média geral do experimento;

G_i - efeito do genótipo i ;

A_j = efeito da avaliação j;

GA_{ij} = efeito da interação entre o genótipo i e a avaliação j; e

ε_{ijk} = erro aleatório associado à observação ijk.

Na análise conjunta (esquema fatorial simples), foram considerados os efeitos tanto para genótipos quanto para avaliações como fixos. As homogeneidades de variâncias residuais, obtidas nas análises individuais, foram avaliadas pela razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo. As variâncias podem ser consideradas homogêneas quando a relação entre o maior e menor QMR for $\leq 7,0$ (CRUZ *et al.*, 2004).

Foi estimado o coeficiente de determinação genotípica, a partir do método da análise de variância, onde:

$$H^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}, \text{ em que:}$$

H^2 = coeficiente de determinação genotípica baseado na média de genótipos.

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{rep}, \text{ sendo:}$$

$\hat{\sigma}_g^2$ = componente quadrático que expressa a variabilidade genotípica ;

QMG = quadrado médio do genótipo;

QMR = quadrado médio do resíduo; e

rep = número de repetições do experimento.

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{rep}, \text{ sendo:}$$

$\hat{\sigma}_f^2$ = variância fenotípica média.

Foram estimados os coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e de ambiente entre os caracteres mensurados nos experimentos instalados em delineamento inteiramente casualizado, segundo os seguintes estimadores:

Correlação fenotípica:

$$r_y = \frac{PMG_{xy}}{\sqrt{QMG_x \cdot QMG_y}}, \text{ em que:}$$

PMG_{xy} = produto médio associado aos genótipos x e y;

QMG_x = quadrado médio do genótipo associado ao caráter x; e

QMG_y = quadrado médio do genótipo associado ao caráter y.

A hipótese de que o coeficiente de correlação fenotípica é igual a zero ($H_0: \rho = 0$) foi avaliada pela estatística t, dada por:

$$t = \frac{s}{\sqrt{1 - s^2}} \sqrt{n - 2}, \text{ em que:}$$

t está associado a n - 2 graus de liberdade e em um nível de significância α ;

n = número de pares de observações que deram origem à correlação estimada; e

s = número de estimativas dos coeficientes de correlação.

Correlação genotípica:

$$r_g = \frac{\hat{\Phi}_g(xy)}{\sqrt{\hat{\Phi}_g^2(x) \cdot \hat{\Phi}_g^2(y)}}, \text{ sendo:}$$

$$\hat{\Phi}_g(xy) = \frac{PMG_{xy} - PMR_{xy}}{rep}, \text{ em que:}$$

$\hat{\Phi}_g(xy)$ = estimador da variabilidade genética entre os caracteres x e y;

PMR_{xy} = produto médio associado aos resíduos x e y; e

rep = número de repetições do experimento.

$$\hat{\Phi}_g^2(x) = \frac{QMG_x - QMR_x}{rep}, \text{ em que:}$$

$\hat{\Phi}_g^2(x)$ = estimador da variabilidade genética do caráter x;

QMG_x = quadrado médio do genótipo associado ao caráter x; e

QMR_x = quadrado médio do resíduo associado ao caráter x;

$$\hat{\Phi}_g^2(y) = \frac{QMG_y - QMR_y}{rep}, \text{ em que:}$$

$\hat{\Phi}_g^2(y)$ = estimador da variabilidade genética do caráter y;

QMG_y = quadrado médio do genótipo associado ao caráter y; e

QMR_y = quadrado médio do resíduo associado ao caráter y.

Correlação de ambientes:

$$r_a = \frac{PMR_{xy}}{\sqrt{QMR_x \cdot QMR_y}}$$

Estimou-se o coeficiente de coincidência para os pares de caracteres avaliados nos dois experimentos. Este coeficiente foi calculado com intuito o de verificar a concordância de ocorrência de genótipos no conjunto formado pelas observações superiores e inferiores, de cada par de caracteres, em relação a uma amostra de tamanho n , isto é, 20% dos genótipos avaliados.

Estudou-se a diversidade genética entre os genótipos de soja promissores, padrões de resistência e de suscetibilidade e a cultivar Lee 74 (item 3.1.2.), dentro de cada experimento, com base em todos os caracteres avaliados (número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca) e nos caracteres relacionados com a resistência (número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea). As matrizes de dissimilaridade foram estimadas com as médias dos valores fenotípicos pela distância de Mahalanobis. Com base nesses valores, foi estudada a diversidade genética por meio do dendrograma utilizando-se o método hierárquico da distância média entre grupos (UPGMA), e os genótipos foram agrupados pelo método de otimização de Tocher.

As análises estatísticas foram realizadas no Programa Genes: Programa Computacional em Genética e Estatística (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estabilidade da raça do nematoide de cistos da soja (*Heterodera glycines*) e avaliação da resistência de genótipos de soja

O inóculo proveniente do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa (BNPMGS-UFV) foi caracterizado como de predominância da raça 3 (Tabela 5).

As diferenciadoras Pickett, Peking, PI88788, PI90763 e Hartwig apresentaram índice de fêmeas iguais a 6,4%, 1,9%, 1,1%, 1,9% e 0,0%, respectivamente. O número médio de fêmeas observado na cultivar Lee 74 foi 348,00 (Tabela 5).

As amostras do BNPMGS-UFV foram identificadas quanto a raça fisiológica por SILVA (1998). Após a sua caracterização, vários trabalhos científicos foram desenvolvidos, utilizando-se desses solos, como: SILVA (1998), DIOGO (1999), SILVA (1999a), SILVA (1999b) e SILVA (1999c). Observou-se que o inóculo caracterizado como raça 3, utilizado deste trabalho, manteve-se estável por 12 anos (1996 até 2008) de cultivo da soja suscetível e por 69 a 92 ciclos de vida do nematoide.

A alteração da raça de NCS, de determinada área, é devida ao uso contínuo, por vários anos, de cultivares resistentes (RIGGS; SCHMITT, 1993). Informação corroborada por SCHUSTER (1999), que reportou que o cultivo de uma mesma cultivar resistente por mais de um ciclo torna possível quebra da resistência dessa cultivar devido à forte pressão de seleção sobre o patógeno.

Verificou-se que a diferenciadora PI 88788 apresentou resultado de índice de fêmeas intermediário aos valores encontrados por SILVA (1998). No trabalho deste autor, foi verificado que 33% das populações avaliadas demonstraram resultados de índice de fêmeas iguais a zero para esta diferenciadora. Os demais 66% apresentaram valores superiores (índice de fêmeas variando de 1,3% a 2,2%) ao encontrado no presente estudo (IF = 1,1%).

Utilizando-se da mesma amostra de solo, SILVA *et al.* (1999a) determinaram média de 223,2 fêmeas na cultivar Lee 68, enquanto SILVA *et al.* (1999b) determinaram média de 317,4 fêmeas na cultivar FT-Cristalina. A infectividade

dos nematoides foi semelhante à deste trabalho, ressaltando-se que os valores tenderam a apresentar maior número de fêmeas por sistema radicular na Lee 74.

Tabela 5 – Determinação da raça predominante de *Heterodera glycines*, presente nas amostras provenientes do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa, pela série diferenciadora segundo RIGGS e SCHMITT (1988) e DIAS *et al.* (1998), em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009

	Diferenciadoras					
	Lee 74	Pickett	Peking	PI88788	PI90763	Hartwig
Número médio de fêmeas	348,0	22,3	6,5	3,8	6,5	0,0
Índice de fêmeas (IF) ¹		6,4 (-)	1,9 (-)	1,1 (-)	1,9 (-)	0,0 (-)
Raça predominante	3 (três)					
Desvio-padrão	111,07	12,27	2,66	4,45	4,37	0,00

¹ Índice de fêmeas (IF) < 10% = (-) e IF ≥ 10% = (+).

Verificou-se diferença significativa ($P < 0,01$) no número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea e altura de planta, constatando que os genótipos possuem comportamentos diferenciados em relação à resistência ao nematoide de cistos, raça 3. Os valores do coeficiente de variação apresentaram magnitude de 9,358 a 35,257. As médias dos genótipos para os caracteres número de nós, peso da matéria verde e seca foram semelhantes a 9,70, 3,97 e 2,84, respectivamente (Tabela 6).

Os dados originais do peso da matéria verde foram transformados para $\sqrt{x+1}$ com o intuito de atender à normalidade. Portanto, o valor 3,97 não retrata a média real dos genótipos.

O caráter número de fêmeas apresentou magnitude do coeficiente de variação intermediária a ROCHA *et al.* (2006) e ROCHA *et al.* (2008). CARVALHO *et al.* (2003), estudando linhagens de soja de diferentes ciclos, em vários anos e em duas localidades (Paraná e Mato Grosso), definiram que o limite máximo de coeficiente de variação aceitável para altura de planta é igual a 12%. Diante disso, o valor de coeficiente de variação encontrado neste trabalho situa-se abaixo do limite máximo aceitável para altura de planta.

Os genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR945G110, BCR1070G229 e UFVS2010 foram agrupados em um único grupo para os caracteres número de fêmeas e de ovos, diferindo do grupo que contém a ‘Lee 74’ e do grupo com a ‘Emgopa 313’ que são cultivares suscetíveis ao nematoide de cistos (Tabela 7). Dessa forma, pode-se afirmar que 16,67% dos genótipos em teste foram agrupados com o padrão de resistência (UFVS2010).

O número de ovos por fêmeas é um caráter que retrata a capacidade de produção de ovos em determinada cultivar. Os genótipos foram agrupados em apenas dois grupos. O grupo de menor média foi representado por 44,4% dos genótipos, dentre

Tabela 6 – Resumo da análise de variância dos dados referentes ao número de fêmeas (NF), de ovos (NO), de ovos por fêmea (NOF), altura da planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com *Heterodera glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009

FV	GL	Quadrado Médio						
		NF ¹	NO ¹	NOF	AP ¹	NN	PMV ¹	PMS
Genótipo	26	94,74**	13482,05**	3827,14**	6,42**	1,17 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,84 ^{ns}
Resíduo	135	6,02	1161,92	1839,08	0,74	0,82	0,28	0,57
Média		12,43	134,42	121,63	7,68	9,70	3,97	2,84
CV(%)		19,74	25,35	35,25	11,22	9,35	13,40	26,54

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F;

^{ns} Não significativo pelo teste F; e

¹ Valores originais transformados para $\sqrt{C + 10}$.

os quais foram agrupados ‘UFVS2010’ e ‘Lee 74’ que são resistente e suscetível, respectivamente, ao nematoide de cistos. Dessa forma, observou-se que a produção de ovos por fêmea pode ter sido influenciada por vários fatores, como ambientais, fisiológicos e genotípicos (Tabela 7).

Analisando os caracteres número de ovos, de fêmeas e altura de plantas, observou-se que UFVS 2010, EMGOPA 313 e Lee 74 foram classificados em grupos distintos. Dentre os genótipos em teste, 75% foram agrupados com UFVS 2010 e 25% com EMGOPA 313. Em Lee 74, verificou-se que este genótipo constituiu um grupo (Tabela 7).

Sintomas em reboleiras (plantas atrofiadas, cloróticas e com poucas vagens) e morte prematura das plantas podem ocorrer em locais onde a população do nematoide seja muito alta. Este aspecto da parte aérea é característico da ocorrência do nematoide de cistos da soja (RIGGS; SCHIMITT, 1993). Entretanto, DIAS (2003) argumentou que os mesmos sintomas na parte aérea das plantas puderam ser observados quando ocorreu deficiência de alguns elementos (nitrogênio, potássio e micronutrientes), fitotoxicidade por defensivos agrícolas, compactação do solo e outras desordens fisiológicas, até mesmo ocorrência de altas populações de *Meloidogyne* spp.

O caráter altura de planta não foi eficiente na formação de grupos coerentes com os grupos formados pelo número de fêmeas e de ovos. Isso pode ser explicado pelo fato de o experimento ser adubado periodicamente com fertilizante diluído, com o

intuito de nutrir as plantas de modo que estas não sejam submetidas a estresse nutricional, proporcionando, com isso, o desenvolvimento do nematoide de cistos sem afetar a parte aérea das plantas. Esse pode ter sido um dos motivos de o número de nós, o peso da matéria verde e da matéria seca terem apresentado comportamento semelhante das médias nas Tabelas 6 e 15.

Tabela 7 – Número médio de fêmeas (NF), de ovos (NO), de ovos por fêmea (NOF) e altura de planta (AP) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009¹

Genótipos	NF ²	NO ²	NOF	AP ²
UFVS 2010	5,10 d	46,12 d	95,84 b	7,92 c
BCR132390	6,87 d	73,67 d	126,92 a	8,81 b
BCR1346142HP	16,34 a	195,51 a	147,08 a	7,62 c
BCR1070G251	13,24 b	151,16 b	132,25 a	7,46 c
BCR1050623G	16,04 a	150,13 b	87,68 b	9,28 b
BCR945G114	6,81 d	62,42 d	87,11 b	6,51 d
BCR892G132	12,52 b	133,64 b	116,50 b	8,79 b
BCR651G68	16,14 a	166,30 a	108,01 b	6,61 d
BCR945G110	4,43 d	51,70 d	167,56 a	6,79 d
BCR1070G231	15,27 a	169,21 a	123,94 a	7,31 c
BCR892G140	12,87 b	156,97 b	149,60 a	7,32 c
BCR553402G	16,09 a	166,70 a	110,63 b	8,63 b
BCR1070G246	12,87 b	138,30 b	124,84 a	7,98 c
BCR1346193HM	10,21 c	97,28 c	111,48 b	8,68 b
BCR651G75	15,56 a	193,47 a	156,87 a	7,35 c
BCR1057G172	11,34 b	114,29 c	101,20 b	7,18 c
BCR1070G244	14,64 a	169,30 a	145,30 a	7,59 c
BCR1067G210	14,68 a	165,50 a	128,17 a	6,91 d
BCR1070G229	5,08 d	41,00 d	68,33 b	8,67 b
BCR1067G202	10,25 c	115,53 c	130,18 a	6,69 d
BCR553G306	13,42 b	157,36 b	151,29 a	6,52 d
BCR1057G177	13,46 b	126,44 b	97,45 b	7,13 c
BCR1057G163	8,60 c	87,99 c	105,18 b	6,74 d
BCR1057G157	15,36 a	168,97 a	124,13 a	6,76 d
BCR1057G162	16,74 a	201,05 a	152,03 a	6,85 d
EMGOPA 313	13,29 b	157,60 b	145,25 a	8,60 b
Lee 74	18,46 a	171,84 a	89,32 b	10,73 a
CV (%)	19,74	25,35	35,25	11,22

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna formam um grupo homogêneo, pelo método de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade; e

² Valores originais transformados para $\sqrt{C+1}$.

Os caracteres número de fêmeas, de ovos e altura de plantas apresentaram coeficientes de determinação genotípica iguais a 93,63%, 91,38% e 88,42%, respectivamente (Tabela 8). A magnitude dos valores evidenciou grande influência

genética em detrimento dos efeitos ambientais sobre os caracteres avaliados. Este coeficiente pode ser utilizado quando os genótipos estão em alto grau de homozigose.

YOKOMIZO e VELLO (2000) trabalharam com diferentes progênies de soja, nas gerações F₄ e F₅, e afirmaram que, quando os genótipos são considerados fixos, a herdabilidade deve ser denominada coeficiente de determinação genotípica. Além disso, relataram que, para número de dias para a maturidade, altura da planta na maturidade, nota de acamamento, nota de valor agrônômico, peso de cem sementes, produtividade de grãos de cada planta individual e nota da largura visual das vagens, valores acima de 90% indicaram menor influência do ambiente e que os genótipos podem ser selecionados em gerações mais precoces.

Pesquisando clones de guaranazeiro, NASCIMENTO FILHO *et al.* (1994) utilizaram o coeficiente de determinação genotípica, analogamente ao coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, sendo o resultado específico a um conjunto de genótipos no seu estudo. FALCONER (1972) complementou que estes coeficientes expressaram a validade do valor fenotípico como representante do valor genotípico de uma população ou de um conjunto de genótipos.

Segundo dados do referencial teórico, uma fêmea de nematoide de cistos pode produzir de 200 a 500 ovos. Esta grande amplitude dos valores pode explicar o valor do coeficiente de determinação genotípica para o caráter número de ovos por fêmea que foi igual a 51,94%. Dessa forma, este caráter pode estar sendo influenciado tanto por fatores genéticos quanto ambientais.

Os altos valores dos coeficientes de determinação genotípicos apresentados evidenciam que os genótipos elites desenvolvidos pelo método descendente de uma única vagem por planta mantiveram variabilidade genética. Resultados semelhantes foram observados por SHIMOYA (1987) na verificação da eficiência do método, utilizando-se, porém, o “Teste de geração precoce” na seleção de caracteres agrônômicos (altura de planta e dias para floração) em genótipos superiores em soja.

Tabela 8 – Coeficientes de determinação genotípica, de quatro caracteres em genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009

Caracteres	H ²
Número de fêmeas	93,63
Número de ovos	91,38
Número de ovos por fêmea	51,94
Altura de planta	88,42

As estimativas de coeficiente de correlação fenotípica apresentaram, apesar de alguns serem significativos ($P < 0,05$), valores de baixa magnitude ($< 0,70$), exceto entre o número de fêmeas e de ovos, em que a estimativa de correlação fenotípica foi de 0,9594 ($P < 0,01$) (Tabela 9).

Foram consideradas estimativas de correlações de alta magnitude os valores acima de 0,70 pelo fato de que, ao elevar ao quadrado e considerar a relação linear entre os dados das variáveis, resultarão em coeficiente de determinação igual a 49%, isto é, 49% dos resultados de uma variável são explicados pela variação da outra variável.

Em pares de variáveis cujo coeficiente de correlação genética seja favorável, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta no outro (CRUZ *et al.*, 2004). Dessa forma, a seleção de genótipos superiores com base no número de fêmeas pode resultar em ganhos em seleção indireta para número de ovos. Assim, para selecionar genótipos resistentes ao nematoide de cistos é desejável a manutenção, nos programas de melhoramento de soja, de plantas que apresentem reduzido número de fêmeas no sistema radicular.

Os valores positivos de coeficientes de correlação ambiental indicam que os caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variação ambientais (CRUZ *et al.*, 2004).

A estimativa entre número de fêmeas e de ovos foi igual a 0,6913, que é inferior a 0,70, porém, muito próxima. Diante disso, pode-se afirmar que esses caracteres são beneficiados/prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais. Entretanto, é importante salientar que as variações genéticas quanto à capacidade de produção de ovos por fêmea e a capacidade do nematoide em se desenvolver nas plantas devem ser levadas em consideração. As demais estimativas de coeficiente de correlação ambiental foram de baixa magnitude.

O caráter altura de planta apresentou correlações fenotípica, genotípica e ambiental inferior a 0,70 com número de fêmeas e de ovos. Entretanto, no caso do número de ovos por fêmea a correlação foi significativa, mas a magnitude foi inferior a 0,70, o que resulta em correlação de baixa magnitude.

4.1.2. Classificação do comportamento dos genótipos

Os genótipos BCR945G110, BCR1070G229 e UFVS2010 comportaram-se como resistentes ao nematoide de cistos, raça 3, enquanto, BCR132390, BCR945G114

e BCR1057G163 foram classificados como moderadamente resistentes pelo índice de fêmea e suscetíveis pelo fator de reprodução (Tabela 10).

Tabela 9 – Correlações fenotípicas (r_f), genótípicas (r_g) e ambientais (r_a) entre quatro caracteres obtidos em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009

Caracteres	Correlações		
	Fenotípica (r_f) ¹	Genotípica (r_g)	Ambiental (r_a)
NF x NO	0,9594 **	0,9818	0,6913
NF x NOF	0,2021	0,3286	-0,1550
NF x AP	0,1360	0,1524	-0,0309
NO x NOF	0,4363 *	0,4688	0,5571
NO x AP	-0,0125	-0,0202	0,0570
NOF x AP	-0,3823 *	-0,5977	0,0967

¹** , * : Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t, respectivamente; NF (número de fêmeas), NO (número de ovos), NOF (número de ovos por fêmeas) e AP (altura de plantas).

Analisando os resultados da avaliação da resistência de genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, utilizando-se do índice de fêmeas e do fator de reprodução, observou-se que 11,11% deles foram classificados como resistentes à raça 3 de *H. glycines* (Tabela 10).

Os resultados apresentados pelo índice de fêmeas e fator de reprodução permitiram, de maneira coerente (100% de coincidência), classificar o comportamento dos genótipos com resistência (Tabela 10).

O método pode ser considerado eficiente no desenvolvimento de genótipos resistentes ao nematoide de cistos devido à manutenção da variabilidade genética para este caráter. Ressalta-se que, para aumentar essa eficiência, pode-se realizar uma geração de retrocruzamento utilizando-se o parental resistente.

Segundo OOSTENBRINK (1966), o fator de reprodução representa a razão do número de ovos estimado no momento da avaliação pelo número de ovos inoculado e valor igual a 1,0 é utilizado como limite para classificar as plantas como resistentes ou suscetíveis. Diante disso, valores maiores ou iguais a 1,0 não são desejáveis em genótipos de soja, cujo objetivo é resistência ao *H. glycines*.

SILVA (1999b) sugeriu a avaliação das duas linhagens classificadas no seu trabalho como resistentes à raça 3, contra outras raças de *H. glycines*, uma vez que são originárias de gerações bastante avançadas e apresentam excelentes caracteres agrônômicos. Diante desse raciocínio, os genótipos avaliados no presente trabalho

apresentam-se, também, em gerações avançadas de autofecundação, além de terem excelentes caracteres agrônômicos, e os genitores possuem resistência a outras raças de *H. glycines*. Portanto, avaliar o comportamento desses genótipos pode ser de interesse para o Programa de Melhoramento no qual se visa a resistência a doenças, principalmente, ao nematoide de cistos.

Tabela 10 – Comportamento com base no índice de fêmeas (IF) e fator de reprodução (FR), de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009¹

Genótipos	IF ²	FR ³	Comportamento	
			IF ⁴	FR ³
UFVS 2010	7,5	0,6	R	R
BCR132390	13,6	1,4	MR	S
BCR1346142HP	76,8	9,7	S	S
BCR1070G251	50,3	5,9	MS	S
BCR1050623G	75,1	6,0	S	S
BCR945G114	13,3	1,0	MR	S
BCR892G132	47,2	5,4	MS	S
BCR651G68	75,0	7,0	S	S
BCR945G110	6,1	0,8	R	R
BCR1070G231	68,4	7,4	S	S
BCR892G140	48,0	6,3	MS	S
BCR553402G	74,4	7,3	S	S
BCR1070G246	48,9	5,0	MS	S
BCR1346193HM	37,4	2,8	MS	S
BCR651G75	70,4	9,5	S	S
BCR1057G172	39,9	3,7	MS	S
BCR1070G244	63,7	7,3	S	S
BCR1067G210	62,4	7,1	S	S
BCR1070G229	7,1	0,4	R	R
BCR1067G202	32,2	3,7	MS	S
BCR553G306	53,0	6,6	MS	S
BCR1057G177	52,8	4,2	MS	S
BCR1057G163	22,9	2,3	MR	S
BCR1057G157	68,1	7,2	S	S
BCR1057G162	81,8	10,3	S	S
EMGOPA 313	52,2	6,4	MS	S
Lee 74	100,0	8,0	S	S

¹ O cálculo do índice de fêmeas e fator de reprodução foi realizado com as médias originais (n=6 repetições);

² Índice de fêmeas (IF) < 10% = (-) e IF ≥ 10% = (+);

³ Fator de reprodução (FR) conforme Oostembrink, 1966, em que FR < 1,0 = Resistente e FR ≥ 1,0 = Suscetível; e

⁴ Comportamento dos genótipos segundo Schmitt e Shannon (1992).

4.1.3. Estudo da diversidade genética entre os genótipos de soja inoculados com ovos de nematoide de cistos

Pela dissimilaridade genética entre os genótipos com base em todos os caracteres avaliados (número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca), verificou-se que 'Lee 74' foi o mais dissimilar, seguido por 'BCR945G110' e pelos genótipos BCR1070G229 e UFVS2010. Os genótipos resistentes (BCR945G110, BCR1070G229 e UFVS2010) foram mais dissimilares dos demais, demonstrando serem geneticamente distintos (Figura 1).

A menor dissimilaridade foi observada entre os genótipos BCR1070G251 e BCR892G140, seguida pelos BCR651G68 e BCR1057G157. Esses quatro genótipos foram suscetíveis ao nematoide de cistos. Entre os resistentes, a menor dissimilaridade foi observada entre os genótipos BCR1070G229 e UFVS2010 (Figura 1).

Os pares de genótipos, com distância genética de pequena magnitude não são linhas irmãs, no entanto os genótipos suscetíveis avaliados apresentam alguns genitores comuns.

Os genótipos foram alocados em quatro grupos (Tabela 11).

O maior grupo abrange 20 genótipos, sendo um deles com moderada resistência (BCR1057G163) e os demais suscetíveis ao nematoide de cistos. No grupo II foram agrupados os genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR1070G229 e UFVS2010, sendo os dois primeiros moderadamente resistentes e os dois últimos, resistentes ao nematoide de cistos, raça 3, tanto pelo índice de fêmeas quanto pelo fator de reprodução.

O genótipo BCR945G110 foi alocado em grupo distinto (grupo IV) dos demais genótipos, demonstrando que sua resposta de resistência ao nematoide de cistos pode ser diferenciada. A utilização desses genótipos em blocos de cruzamentos visando a incorporação dessa resistência pode ser de grande importância.

Considerando somente os caracteres relacionados com a resistência (número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea) verificou-se que o genótipo BCR945G110 apresentou-se como o mais dissimilar (Figura 2). Enquanto que, os mais similares foram BCR651G68 e BCR553402G, seguidos por BCR1070G231 e BCR1057G157, BCR892G140 e EMGOPA313 e BCR1346142HP e BCR1057G162.

Os genótipos com certo grau de resistência apresentaram menor dissimilaridade entre si, podendo ser considerados como mais próximos geneticamente, ressaltando os genótipos BCR132390, BCR1057G163, BCR945G114, BCR1070G229 e UFVS2010. Os genótipos BCR1346193HM, BCR1057G172 e BCR1067G202 foram considerados suscetíveis (Tabela 10); no entanto, apresentaram menor dissimilaridade

com os genótipos resistentes ou moderadamente resistentes em comparação com os suscetíveis. Este fato pode ser explicado, uma vez que apresentaram valores de número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmeas muito próximos ao dos genótipos moderadamente resistentes ou resistentes. Entretanto, pelos índices utilizados na classificação da resistência, esses foram classificados como moderadamente resistentes pelo índice de fêmeas e suscetíveis pelo fator de reprodução.

Os genótipos avaliados pelo método de otimização de Tocher constituíram quatro grupos distintos, abrangendo o grupo I com 20 genótipos, seguido pelo II com cinco e os grupos III e IV com um genótipo cada um (Tabela 12).

Considerando somente os genótipos com resistência ao nematoide de cistos, observou-se que o grupo IV foi formado apenas pelo genótipo BCR945G110. Este resultado confirma o apresentado na Tabela 11 e nas Figuras 1 e 2, fato também observado com o genótipo Lee 74. Os genótipos UFVS2010 e BCR1070G229, resistentes ao nematoide de cistos, foram alocados no grupo II, onde foram agrupados 'BCR945G114', 'BCR1057G163' e 'BCR132390', moderadamente resistentes a esse parasito, pelo índice de fêmeas.

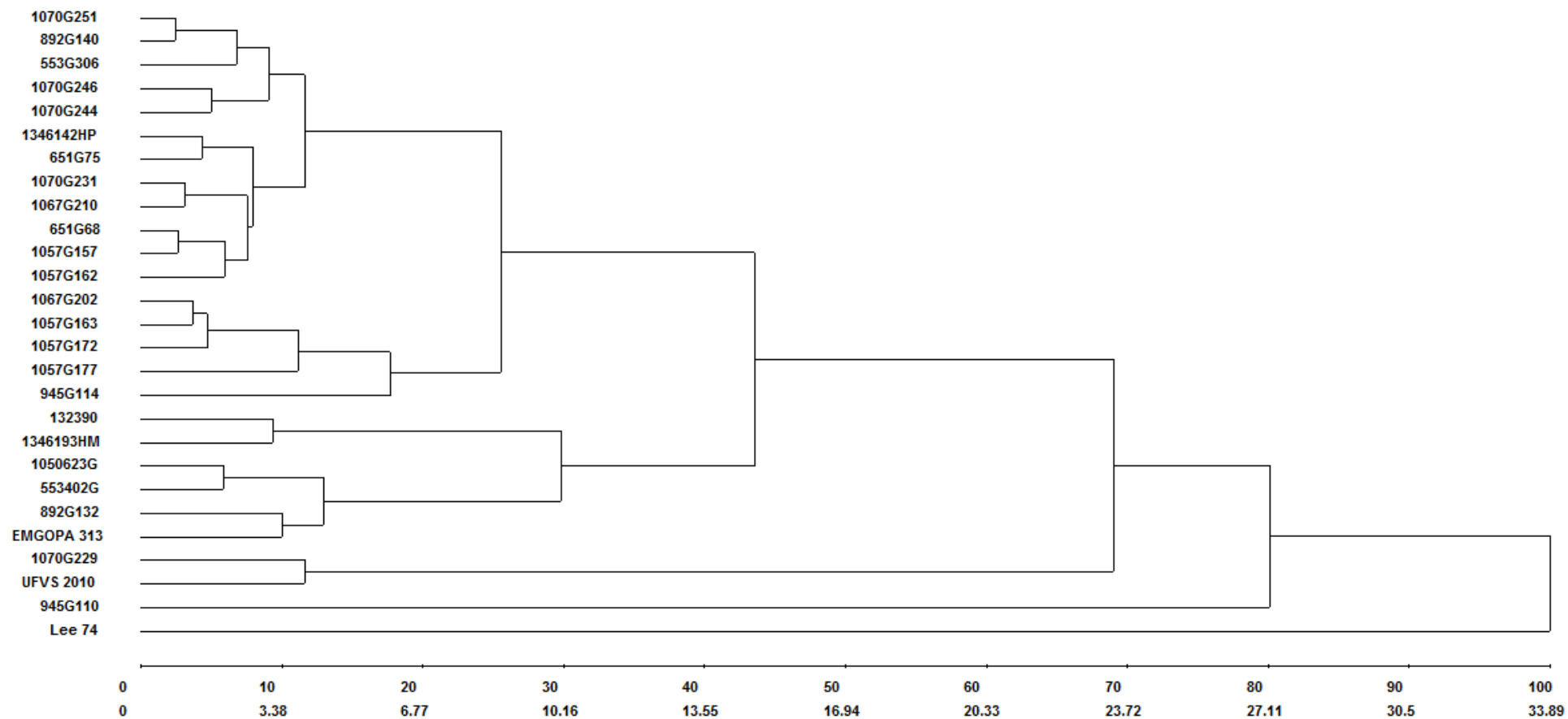


Figura 1 – Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando sete caracteres avaliados: número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura de plantas, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca.

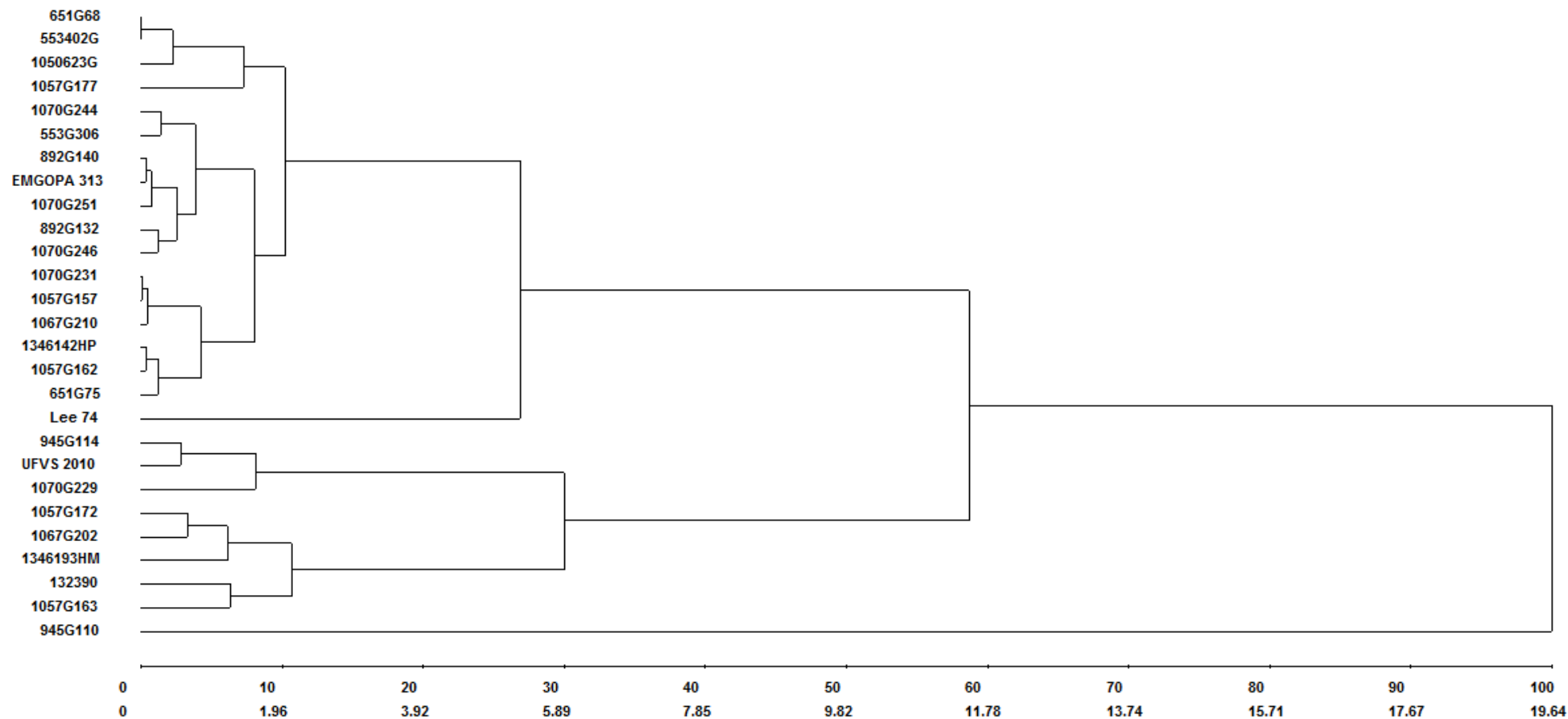


Figura 2 – Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando-se os três caracteres relacionados com a resistência: número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea.

Tabela 11 – Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de sete caracteres (número de fêmeas, de ovos, de ovos por fêmea, altura de plantas, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca), Viçosa, MG, 2009

Grupos	Genótipos
I	BCR1070G251, BCR892G140, BCR1067G210, BCR1057G157, BCR1070G244, BCR553G306, BCR1057G162, BCR1346142HP, BCR1070G231, BCR651G68, BCR651G75, BCR1057G177, BCR1070G246, BCR1057G172, BCR1067G202, BCR1057G163, EMGOPA313, BCR1346193HM, BCR892G132 e BCR553402G
II	BCR1070G229, UFVS2010, BCR945G114 e BCR132390
III	BCR1050623G e Lee74
IV	BCR945G110

Tabela 12 – Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de três caracteres (número de fêmeas, de ovos e de ovos por fêmea), Viçosa, MG, 2009

Grupos	Genótipos
I	BCR651G68, BCR553402G, BCR1057G157, BCR1070G231, BCR1067G210, BCR1070G244, BCR1346142HP, BCR1057G162, BCR651G75, EMGOPA313, BCR1070G251, BCR553G306, BCR892G140, BCR1070G246, BCR892G132, BCR1057G177, BCR1050623G, BCR1057G172, BCR1067G202 e BCR1346193HM
II	BCR945G114, UFVS2010, BCR1070G229, BCR1057G163 e BCR132390
III	Lee74
IV	BCR945G110

4.2. Seleção de genótipos de soja para resistência a *Heterodera glycines*, raça 3, cultivados em solo artificialmente infestado e análise visual

Após a quantificação do número de fêmeas e cistos e de ovos de cada uma das seis amostras de solo, os dados foram submetidos à análise de variância (Tabela 13).

O solo artificialmente infestado com *H. glycines* utilizado na instalação do experimento estava homogêneo, fato verificado pela análise de variância, em que não foi verificada diferença entre as amostras de solo tanto para número de fêmeas/cistos e de ovos. Com isso, pode-se afirmar que as repetições apresentaram iguais números de fêmeas e cistos e de ovos.

Tabela 13 – Resumo da análise de variância do número de fêmeas e de ovos de *Heterodera glycines* quantificados em amostras de solo infestado artificialmente, São Geraldo, MG, 2009

FV	GL	Quadrados médios	
		Número de fêmeas/cistos	Número de ovos
Amostras de solo	5	2194,09 ^{ns}	127332533,33 ^{ns}
Resíduo	12	2773,28	113392877,78
Média geral		201,89	29356,67
CV(%)		26,08	36,27

^{ns} Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Diferença significativa ($P < 0,01$) foi observada nos caracteres: avaliador A, B e C, média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor da raiz, do vigor da planta e altura de planta (Tabelas 14 e 15).

Os coeficientes de variação apresentaram magnitude de 21,86% e 26,07% (Tabela 14) e de 4,75% a 27,31% (Tabela 15).

A altura de planta apresentou coeficiente de variação igual a 4,75% e está abaixo do limite máximo aceitável. CARVALHO *et al.* (2003) estudaram linhagens de soja de diferentes ciclos, em vários anos e em duas localidades (Paraná e Mato Grosso) e definiram que o limite máximo de coeficiente de variação aceitável para altura de planta é até 12%.

As médias dos genótipos para os caracteres número de nós, peso da matéria verde e seca foram semelhantes a 6,24, 0,65 e 0,24, respectivamente (Tabela 15). Os dados originais dos pesos de matéria verde e seca foram transformados para $\log(x + 1)$ com o intuito de atender aos padrões da normalidade com estimativas não significativas

associadas à curtose e simetria. Portanto, os valores 0,65 e 0,24 não retratam a média real dos genótipos.

Tabela 14 – Resumo das análises de variância dos dados referentes ao número de fêmeas (NF) obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores (Média) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo infestado com *Heterodera glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

FV	GL	Avaliadores – Quadrados Médios (NF)			
		A	B	C	Média
Genótipos	26	77,08**	63,85**	76,82**	70,84**
Resíduo	135	8,97	8,19	7,443	6,25
Média		11,49	10,98	11,57	11,44
CV(%)		26,07	26,03	23,58	21,86

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F;

^{ns} Não significativo pelo teste F; e

¹ Valores originais transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

Tabela 15 – Resumo das análises de variância dos dados referentes à nota visual do número de fêmeas (NVNF), do vigor da raiz (NVVR), da planta (NVVP), altura da planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo artificialmente infestado com *Heterodera glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009

FV	GL	Quadrados Médios						
		NVNF ¹	NVVR	NVVP ¹	AP ²	NN	PMV ²	PMS ²
Genótipos	26	1,31**	8,88**	0,22**	0,01**	1,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	135	0,07	1,78	0,10	0,01	1,36	0,02	0,01
Média		2,40	5,81	2,28	1,35	6,24	0,65	0,24
CV(%)		10,95	22,92	14,06	4,75	18,66	19,29	27,31

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F;

^{ns} Não significativo pelo teste F;

¹ Valores originais transformados para $\sqrt{(x+1)}$, e

² Valores originais transformados para $\log(x+1)$.

Para avaliar a interação genótipos x avaliadores e, também, a ocorrência ou não de diferenças significativas entre avaliadores foi realizada a análise conjunta dos dados, considerando esquema fatorial 27 x 4, sendo 27 genótipos de soja avaliados, simultaneamente, por quatro avaliadores, sendo os avaliadores A, B e C e a média dos avaliadores (Tabela 16).

O efeito da interação genótipos x avaliadores e dos avaliadores foi não significativo (Tabela 16). Isto indica que não houve efeito de avaliações sobre os genótipos e que as diferentes avaliações se apresentaram iguais significativamente pelo

teste F. Dessa forma, o número de fêmeas de nematoide de cistos em genótipos de soja, inoculados com solo artificialmente infestado, e a contagem de maneira visual podem ser avaliados por apenas um avaliador (A, B ou C) previamente treinado.

Tabela 16 – Análise de variância conjunta do caráter número de fêmeas obtido em 27 genótipos de soja por diferentes avaliadores (avaliador A, B e C e média dos avaliadores), em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

FV	GL	SQ	QM
Genótipos	26	7279,830	279,993 **
Avaliadores	3	32,996	10,999 ^{ns}
Genótipos x Avaliadores	78	223,463	2,865 ^{ns}
Resíduo	540	4163,796	7,711
Média		11,369	
CV(%)		24,423	

Relação maior (QMR)/menor (QMR) = 1,467

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F;

^{ns} Não significativo pelo teste F; e

¹ Valores originais transformados para $\sqrt{C+1}$;

A menor distância se verificou entre o avaliador A e a média dos avaliadores (0,0004 % ou 1,0371 % de dissimilaridade). Os avaliadores A, C e média apresentaram-se com apenas 4,69 % de dissimilaridade. O avaliador C comportou-se como o mais dissimilar entre as quatro avaliações realizadas, apresentando resultados iguais a 100% de dissimilaridade para com os demais avaliadores (Figura 3).

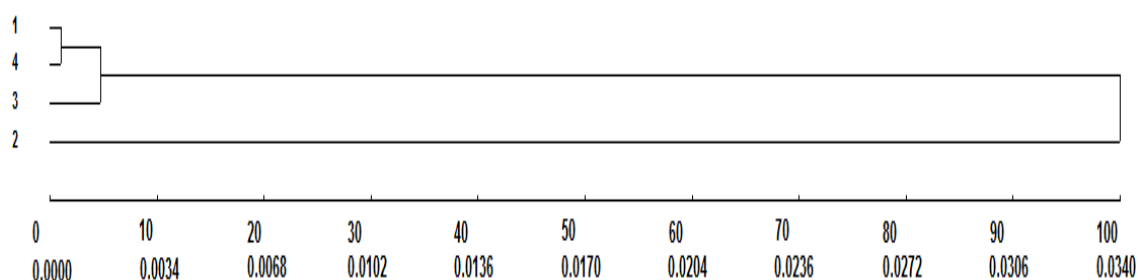


Figura 3 – Dendrograma obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA) utilizando-se a distância de Mahalanobis, como medida de distância genética, entre quatro avaliações (1 – avaliador A, 2 – avaliador B, 3 – avaliador C e 4 – média dos avaliadores) do número de fêmeas em 27 genótipos de soja, originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3.

Visando elucidar as significâncias encontradas na Tabela 14, as médias de número de fêmeas obtidas pelos três avaliadores e pela média dos avaliadores foram submetidas ao teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Tabela 17).

Analisando os grupos com as menores médias de número de fêmeas apresentadas pelos avaliadores A, C e média dos avaliadores, verificou-se que os genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR945G110, BCR1057G172, BCR1070G229, BCR1057G163 e UFVS 2010 formaram um grupo homogêneo, dentro de cada avaliador (A, C e média). O genótipo Lee 74, para estes avaliadores, constituiu-se num grupo (Tabela 17).

O resultado apresentado pelo avaliador B demonstrou formação de três grupos, ressaltando-se que os genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR945G110, BCR651G75, BCR1057G172, BCR1070G229, BCR1057G163 e UFVS 2010 são pertencentes ao grupo de menor média. Enquanto que, os genótipos BCR1346142HP, BCR1050623G, BCR892G140 e Lee 74 foram classificados no grupo de maior média (Tabela 17).

Com base na escala de notas visuais do número de fêmeas observou-se formação de três grupos homogêneos. Entretanto, as variáveis das partes vegetativas (raiz, parte aérea e altura da planta) avaliadas, também, com escala de notas visuais apresentaram apenas dois grupos (Tabela 18).

Com base nas notas visuais do vigor da raiz, os genótipos BCR132390, BCR1070G231, BCR1070G229 e UFVS 2010 foram alocados no grupo de menor média. Entre estes, o BCR1070G231 foi classificado como moderadamente suscetível (Tabela 21) e suscetível (Tabela 10). Além disso, não foram agrupados os genótipos BCR945G114, BCR945G110 e BCR1057G163, resistentes ou moderadamente resistentes (Tabelas 10 e 21).

A escala de notas visuais para número de fêmeas foi eficiente em discriminar, de maneira geral, os genótipos resistentes e moderadamente resistentes dos materiais moderadamente suscetíveis e suscetíveis. Além disso, a avaliação foi realizada de maneira bastante simples e rápida, ao passo que a metodologia de extração (índice de fêmeas e fator de reprodução) é mais demorada, sendo, portanto, satisfatória a realização de uma avaliação visual do número de fêmeas com o intuito de discriminar os genótipos quanto à resistência. É importante salientar que o treinamento prévio do avaliador foi de suma importância e que a utilização da metodologia de extração é necessária para avaliação do nematoide de cistos, quando o objetivo é recomendação de cultivares.

No caráter altura de planta, os genótipos resistentes e suscetíveis foram classificados em grupos semelhantes. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o experimento ser adubado periodicamente com fertilizante diluído visando nutrir as plantas para que

elas não sofram estresse nutricional. Isso pode favorecer o desenvolvimento do nematoide de cistos sem afetar a parte aérea das plantas.

Tabela 17 – Número médio de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e da média dos avaliadores (Média) em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo artificialmente infestado com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

Genótipos	Número de fêmeas ²			
	Avaliador A	Avaliador B	Avaliador C	Média
UFVS 2010	4,2 c	4,3 c	4,2 d	4,3 d
BCR132390	6,7 c	6,7 c	6,8 d	6,8 d
BCR1346142HP	14,5 b	15,4 a	15,9 b	15,4 b
BCR1070G251	12,3 b	11,8 b	13,9 c	12,8 c
BCR1050623G	15,2 b	14,6 a	14,5 c	14,9 b
BCR945G114	7,8 c	6,9 c	8,7 d	7,9 d
BCR892G132	11,5 b	11,3 b	11,6 c	11,5 c
BCR651G68	12,3 b	11,9 b	11,5 c	11,9 c
BCR945G110	6,0 c	7,7 c	7,0 d	7,0 d
BCR1070G231	14,2 b	12,4 b	13,6 c	13,4 c
BCR892G140	14,2 b	15,0 a	13,3 c	14,2 c
BCR553402G	12,7 b	12,1 b	14,0 c	13,1 c
BCR1070G246	12,1 b	10,0 b	13,3 c	11,9 c
BCR1346193HM	11,0 b	12,9 b	10,4 c	11,6 c
BCR651G75	12,4 b	8,9 c	11,5 c	11,1 c
BCR1057G172	7,0 c	6,6 c	6,2 d	6,6 d
BCR1070G244	11,5 b	11,1 b	12,7 c	11,9 c
BCR1067G210	13,4 b	11,9 b	14,0 c	13,2 c
BCR1070G229	5,8 c	6,0 c	5,1 d	5,7 d
BCR1067G202	14,2 b	12,8 b	13,6 c	13,6 c
BCR553G306	14,0 b	12,9 b	11,7 c	13,0 c
BCR1057G177	12,6 b	12,9 b	13,6 c	13,1 c
BCR1057G163	6,0 c	6,1 c	7,0 d	6,4 d
BCR1057G157	12,9 b	13,7 b	13,7 c	13,5 c
BCR1057G162	12,7 b	11,7 b	12,0 c	12,3 c
EMGOPA 313	13,4 b	11,8 b	13,1 c	12,9 c
Lee 74	19,5 a	17,0 a	19,5 a	18,8 a
CV(%)	26,0	26,0	23,5	21,8

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna formam um grupo homogêneo, pelo método de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade; e

² Valores originais transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

Tabela 18 – Média da nota visual do número de fêmeas (NVNF), do vigor da raiz (NVVR), da planta (NVVP) e da altura da planta (AP) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

Genótipos	NVNF ²	NVVR	NVVP ²	ALT ³
UFVS 2010	1,4 c	3,0 c	1,9 b	1,4 a
BCR132390	1,8 b	3,8 c	2,0 b	1,4 a
BCR1346142HP	2,6 a	6,2 a	2,5 a	1,3 b
BCR1070G251	2,4 a	5,2 b	2,2 b	1,3 b
BCR1050623G	2,8 a	5,3 b	2,1 b	1,3 b
BCR945G114	1,9 b	5,0 b	2,3 a	1,3 b
BCR892G132	2,5 a	6,8 a	2,4 a	1,4 a
BCR651G68	2,6 a	5,7 b	2,4 a	1,3 b
BCR945G110	1,4 c	5,7 b	2,1 b	1,3 b
BCR1070G231	2,9 a	4,2 c	2,2 b	1,4 a
BCR892G140	2,8 a	6,8 a	2,4 a	1,3 b
BCR553402G	2,6 a	5,7 b	2,3 b	1,4 a
BCR1070G246	2,7 a	7,0 a	2,2 b	1,4 a
BCR1346193HM	2,6 a	4,8 b	2,1 b	1,4 a
BCR651G75	2,6 a	6,2 a	2,5 a	1,4 b
BCR1057G172	2,0 b	7,2 a	2,3 b	1,3 b
BCR1070G244	2,7 a	6,8 a	2,5 a	1,3 b
BCR1067G210	2,7 a	5,7 b	2,1 b	1,3 b
BCR1070G229	1,5 c	4,3 c	2,0 b	1,4 a
BCR1067G202	2,6 a	6,3 a	2,5 a	1,3 b
BCR553G306	2,7 a	5,8 b	2,3 a	1,3 b
BCR1057G177	2,5 a	5,0 b	2,3 b	1,3 b
BCR1057G163	1,8 b	5,2 b	2,1 b	1,4 a
BCR1057G157	2,8 a	7,3 a	2,5 a	1,3 b
BCR1057G162	2,6 a	7,7 a	2,4 a	1,3 b
EMGOPA 313	2,7 a	6,2 a	2,3 a	1,4 a
Lee 74	2,9 a	8,2 a	2,7 a	1,4 a
CV(%)	10,9	22,9	14,0	4,7

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna formam um grupo homogêneo, pelo método de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade;

² Valores originais transformados para $\sqrt{(x+1)}$; e

³ Valores originais transformados para $\log(x+1)$.

Para os caracteres número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor e da raiz, foram estimados coeficientes de determinação genotípica superiores ou iguais a 80% (Tabela 19). Essas estimativas evidenciaram que as diferenças observadas em cada caráter foram predominantemente de natureza genética.

Valores altos de coeficientes de determinação genotípica indicam a existência de grande variação genética para os caracteres estudados, o que significa maior possibilidade de êxito dos métodos de melhoramento mais simples e bons ganhos de seleção (NASCIMENTO FILHO *et al.*, 1994 ; ARAGÃO *et al.*, 2001).

Raciocínio semelhante ao da Tabela 5 pode-se afirmar que os altos valores de coeficiente de determinação genotípicos verificados (Tabela 19) evidenciam que os genótipos elites desenvolvidos pelo método descendente de uma única vagem por planta mantiveram variabilidade genética para o caráter número de fêmeas.

Tabela 19 – Coeficiente de determinação genotípica de oito caracteres em 27 genótipos de sojaoriginados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

Caracteres	H^2
Número de fêmeas (Avaliador A)	88,36
Número de fêmeas (Avaliador B)	87,18
Número de fêmeas (Avaliador C)	90,31
Número de fêmeas (Média dos avaliadores)	91,18
Nota visual do número de fêmeas	94,72
Nota visual do vigor da raiz	80,00
Nota visual do vigor da planta	53,37
Altura da planta	66,06

Visando tornar o processo de avaliação mais ágil, os genótipos foram avaliados, visualmente, por meio de uma escala de notas para o número de fêmeas presentes no sistema radicular das plantas. Um dos critérios utilizados para inferir com relação à confiabilidade dos resultados foi a estimativa dos coeficientes da correlação entre a nota visual do número de fêmeas com os demais caracteres avaliados (Tabela 20) e do coeficiente de determinação genotípica (H^2) (Tabela 19).

As estimativas da correlação fenotípica entre a nota visual do número de fêmeas obtido pelo avaliador A e do número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e pela média dos avaliadores foram maiores que 0,87 (Tabela 20). Isso demonstra que a avaliação visual do número de fêmeas, com base na escala de notas utilizada, foi satisfatória com relação ao número de fêmeas.

As notas visuais do vigor da raiz e de plantas apresentaram coeficientes de correlação positivos ($P < 0,01$) com a nota visual do número de fêmeas, com número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores. No entanto, a magnitude dos resultados foi ligeiramente inferior ao desejável, isto é, valores inferiores a 0,6893 (Tabela 20).

O caráter altura de planta apresentou coeficientes de correlação fenotípica, de maneira geral, $P > 0,05$ e inferior a 0,7. Isso indica que o coeficiente de correlação é estatisticamente igual a zero. Segundo CRUZ *et al.* (2004), coeficiente de correlação igual a zero reflete a ausência de relação linear e não a falta de relação entre as variáveis estudadas. DAROS *et al.* (2004) complementaram que estes valores de correlação devem ser considerados como indícios.

Considerando as estimativas de correlação genotípica, verificou-se que entre o número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média dos avaliadores e nota visual do número de fêmeas foram positivas e de alta magnitude ($> 0,9$) (Tabela 20). Isso demonstra que a seleção com base em um dos caracteres pode resultar em ganhos em outros caracteres.

Tabela 20 – Correlações fenotípicas (r_f), genotípicas (r_g) e ambientais (r_a) entre oito caracteres obtido em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009

Variáveis	Correlações		
	Fenotípica (r_f)	Genotípica (r_g)	Ambiental (r_a)
NF (A) x NF (B)	0,9417 **	0,9727	0,7198
NF (A) x NF (C)	0,9636 **	0,9904	0,7429
NF (A) x NF (Média)	0,9880 **	0,9955	0,9321
NF (A) x NVNF	0,9259 **	0,9579	0,6333
NF (A) x NVVR	0,5489 **	0,6881	-0,1945
NF (A) x NVVP	0,6930 **	1,0193	-0,0300
NF (A) x AP	-0,0659	-0,1079	0,0830
NF (B) x NF (C)	0,9233 **	0,9704	0,5582
NF (B) x NF (Média)	0,9718 **	0,9890	0,8460
NF (B) x NVNF	0,8761 **	0,9142	0,5516
NF (B) x NVVR	0,5070 **	0,6170	-0,0516
NF (B) x NVVP	0,6467 **	0,9274	0,0574
NF (B) x AP	-0,1477	-0,1891	-0,0203
NF (C) x NF (Média)	0,9822 **	0,9935	0,8723
NF (C) x NVNF	0,8900 **	0,9223	0,5170
NF (C) x NVVR	0,5468 **	0,6895	-0,2823
NF (C) x NVVP	0,6882 **	0,9799	0,0372
NF (C) x AP	-0,0709	-0,1000	0,0353
NF (Média) x NVNF	0,9156 **	0,9380	0,6432
NF (Média) x NVVR	0,5457 **	0,6715	-0,2090
NF (Média) x NVVP	0,6893 **	0,9821	0,0207
NF (Média) x P	-0,0927	-0,1271	0,0346
NVNF x NVVR	0,5641 **	0,6660	-0,1523
NVNF x NVVP	0,6446 **	0,8801	0,1201
NVNF x AP	-0,0385	-0,0333	-0,0910
NVVR x NVVP	0,7754 **	1,0839	0,2198
NVVR x AP	-0,3068	-0,3786	-0,1213
NVVP x AP	-0,3507	-0,1671	-0,6322

**, * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t; e

NF (A) (número de fêmeas obtido pelo avaliador A), NF (B) (número de fêmeas obtido pelo avaliador B), NF (C) (número de fêmeas obtido pelo avaliador C), NF (Média) (número de fêmeas obtido pela média dos três avaliadores), NVNF (nota visual do número de fêmeas), NVVR (nota visual do vigor da raiz), NVVP (nota visual do vigor da planta) e AP (altura de plantas).

4.2.2. Comportamento dos genótipos ao nematoide de cistos da soja

O comportamento dos genótipos, baseado no índice de fêmeas, foi analisado com base nos resultados apresentados, individualmente, pelos avaliadores e pelas médias dos avaliadores (Tabela 21). Foi realizado para verificar quais genótipos foram classificados de comportamento semelhante ou diferente pelas avaliações dos diversos avaliadores, apesar de que, pela análise de variância, tenha sido detectada diferença não significativa.

Analisando os resultados do avaliador A, verificou-se que ‘BCR945G110’ e ‘BCR1057G163’ comportaram-se como resistentes. Considerando os dados dos demais avaliadores e do valor médio de número de fêmeas, estes genótipos foram classificados como moderadamente resistente. O genótipo BCR1070G229 apresentou reação de resistência ao nematoide de cistos pela análise dos resultados dos avaliadores A e C e média dos avaliadores. Entretanto, pelos resultados do avaliador B, este genótipo foi classificado como moderadamente resistente.

Com base no índice de fêmeas apresentado pelo avaliador B, pôde-se classificar o genótipo BCR651G75 como de moderada resistência ao nematoide de cistos. Todavia, pelos resultados dos demais avaliadores e pela média dos avaliadores, este genótipo foi classificado como moderadamente suscetível (Tabela 21).

O genótipo UFVS 2010 comportou-se como resistente pelas avaliações individuais e pela média dos três avaliadores, enquanto, ‘BCR132390’, ‘BCR945G114’ e ‘BCR1057G172’ demonstraram reação de moderada resistência ao nematoide de cistos (Tabela 21).

Os demais genótipos apresentaram índice de fêmeas > 30 , demonstrando reação de moderada suscetibilidade ou suscetibilidade ao *H. glycines*, raça 3 (Tabela 21).

Os genótipos BCR945G110, BCR1070G229 e BCR1057G163 apresentaram diferentes comportamentos ao nematoide de cistos quando analisados por diferentes avaliadores. Observando os resultados, pôde-se verificar que a diferença entre o maior e o menor índice foi 10,8%, 4,9% e 3,5%, respectivamente. Nos genótipos BCR945G110 e BCR1057G163, o acréscimo de apenas 0,9% e 1,0% no resultado do avaliador A,

respectivamente, seria suficiente para classificá-los como moderadamente resistentes em todas as avaliações, enquanto, no genótipo BCR1070G229, a redução de apenas 1,7%, no resultado do avaliador B, seria suficiente para classificá-los como resistentes em todas as avaliações.

O comportamento dos genótipos, com base no índice de fêmeas, foi diferente quando observados os resultados dos diversos avaliadores. Isso pode ter ocorrido pelo fato de ter sido diferente o número de fêmeas contado por cada avaliador e, também, pela transformação dos resultados em um índice, bem como por seu comportamento avaliado por escala. Ao transformar uma variável quantitativa e avaliá-la por escala, a resposta pode ser diferente em função da variação dos resultados encontrados pelos diversos avaliadores.

Considerando os genótipos classificados como resistentes e moderadamente resistentes (BCR132390, BCR945G114, BCR945G110, BCR1057G172, BCR1070G229, BCR1057G163 e UFVS 2010) tanto pela contagem do número de fêmeas pelo método visual quanto pelo índice de fêmeas, os resultados obtidos foram bastante semelhantes para os avaliadores A, B e C e para as médias dos avaliadores.

Os resultados obtidos no presente estudo podem ser considerados aceitáveis para análises visual do número de fêmeas com o intuito de discriminar os genótipos resistentes dos suscetíveis, em diversas etapas de programas de melhoramento, tornando o processo mais ágil e confiável. Todavia, para a confirmação da resistência é necessário que a análise do comportamento seja realizado seguindo a metodologia de extração.

4.2.3. Estudo da diversidade genética entre os genótipos de soja

Os genótipos resistentes ou moderadamente resistentes (BCR132390, BCR945G114, BCR945G110, BCR1070G229, BCR1057G163 e UFVS2010) apresentaram valor de dissimilaridade inferior a 35%. Entre estes genótipos, os mais similares foram BCR1070G229 e UFVS2010, seguidos por BCR132390 e BCR1057G163 (Figura 4).

O genótipo Lee 74 apresentou maior similaridade com os genótipos suscetíveis (aproximadamente 42%). Enquanto que, para com os genótipos resistentes ao nematoide de cistos, apresentou dissimilaridade de 100%. Esses dados indicaram que há grande diversidade genética entre os genótipos avaliados.

Tabela 21 – Comportamento, com base no índice de fêmeas (IF) obtido pelo avaliador A, B e C e pela média dos avaliadores (Média), de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo infestado com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

Genótipos	Avaliadores ³						Média	
	A		B		C		IF	Compor- tamento
	IF ²	Compor- tamento	IF	Compor- tamento	IF	Compor- tamento		
UFVS 2010	4,4	R	6,3	R	4,5	R	5,0	R
BCR132390	11,2	MR	14,9	MR	12,2	MR	12,6	MR
BCR1346142HP	56,8	MS	88,1	S	67,7	S	69,3	S
BCR1070G251	38,8	MS	48,4	MS	53,0	MS	46,5	MS
BCR1050623G	60,5	S	70,7	S	56,9	MS	62,1	S
BCR945G114	15,4	MR	16,1	MR	19,7	MR	17,1	MR
BCR892G132	37,3	MS	45,3	MS	38,7	MS	40,0	MS
BCR651G68	39,3	MS	50,4	MS	35,8	MS	41,1	MS
BCR945G110	9,1	R	19,9	MR	12,9	MR	13,4	MR
BCR1070G231	50,7	MS	51,8	MS	49,1	MS	50,4	MS
BCR892G140	51,8	MS	76,8	S	47,5	MS	57,2	MS
BCR553402G	45,6	MS	54,2	MS	53,1	MS	50,6	MS
BCR1070G246	38,6	MS	34,4	MS	48,1	MS	40,8	MS
BCR1346193HM	33,4	MS	56,7	MS	30,7	MS	39,0	MS
BCR651G75	40,6	MS	28,4	MR	36,5	MS	35,7	MS
BCR1057G172	12,2	MR	14,3	MR	10,1	MR	12,0	MR
BCR1070G244	33,1	MS	45,3	MS	43,7	MS	40,3	MS
BCR1067G210	46,9	MS	50,1	MS	51,2	MS	49,3	MS
BCR1070G229	8,4	R	11,7	MR	6,8	R	8,7	R
BCR1067G202	55,5	MS	58,6	MS	51,8	MS	55,0	MS
BCR553G306	51,1	MS	57,9	MS	37,1	MS	48,1	MS
BCR1057G177	41,6	MS	58,3	MS	48,4	MS	48,6	MS
BCR1057G163	9,0	R	12,4	MR	12,5	MR	11,2	MR
BCR1057G157	42,9	MS	62,6	S	50,0	MS	50,9	MS
BCR1057G162	42,5	MS	48,3	MS	41,2	MS	43,6	MS
EMGOPA 313	48,2	MS	50,4	MS	50,3	MS	49,6	MS
Lee 74	100,0	S	100,0	S	100,0	S	100,0	S

¹ O cálculo do índice de fêmeas e fator de reprodução foi realizado com as médias originais (n=6 repetições);

$$^2 \text{Índice de Fêmeas (IF)} = \left(\frac{\text{Média do número de fêmeas no genótipo em teste}}{\text{Média do número de fêmeas em Lee 74}} \right) \times 100 ; e$$

⁴ Comportamento dos genótipos segundo Schmitt e Shannon (1992).

Os genótipos foram agrupados em quatro grupos mutuamente exclusivos, pelo método de otimização de Tocher, com base na matriz de dissimilaridade obtido pela distância de Mahalanobis (Tabela 22).

O grupo II foi formado pelos genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR1057G163, BCR1070G229, BCR945G110 e UFVS2010 (Tabela 22). Estes se apresentaram, pelos menos, moderadamente resistentes pelo índice de fêmeas (Tabela 21).

O genótipo BCR1057G172, classificado como suscetível, foi agrupado em um único grupo (grupo III), diferindo-se dos demais genótipos, seja resistentes, moderadamente resistentes ou suscetíveis (Tabela 22). Esse grupo mutuamente exclusivo formado somente com 'BCR1057G172', pode ter se formado pelo fato de apresentar ancestrais diferentes dos demais genótipos, com exceção dos genótipos BCR1057G157, BCR1057G162, BCR1057G163 e BCR1057G177, que são linhas irmãs.

O dendrograma da Figura 5, proveniente da análise dos caracteres relacionados com a resistência ao nematoide de cistos, foi semelhante ao da Figura 4, se analisados os genótipos moderadamente resistentes ou resistentes; entretanto, os valores de dissimilaridade foram menores.

O genótipo Lee 74 foi o mais similar aos genótipos suscetíveis; no entanto, a magnitude da dissimilaridade (aproximadamente 70%) foi maior em comparação ao da Figura 4.

O genótipo BCR1057G172 foi o mais similar aos genótipos com resistência em comparação aos genótipos suscetíveis. A magnitude da dissimilaridade entre BCR1057G172 (reação de moderada resistência pela contagem visual do número de fêmeas) e BCR1070G229 (resistente) foi de 1,84% (Figura 5).

Analisando os grupos formados pelo método de otimização de Tocher, foi possível verificar a formação de cinco grupos, sendo três formados por apenas um genótipo cada (Tabela 23).

O grupo II foi formado pelos genótipos BCR132390, BCR945G114, BCR1057G163, BCR1070G229, BCR945G110, UFVS2010 e BCR1057G172. Este último genótipo apresentou reação de moderada resistência pelo método visual (Tabela 21) e de suscetibilidade pelo método de extração com base no fator de reprodução e moderadamente suscetível pelo índice de fêmeas (Tabela 10).

Os genótipos BCR1346142HP e BCR1346193HM foram agrupados em grupos distintos, no entanto são linhas irmãs. Além dos caracteres avaliados, apresentam outros caracteres fenotípicos passíveis de utilização na distinção entre os dois genótipos (Tabela 23).

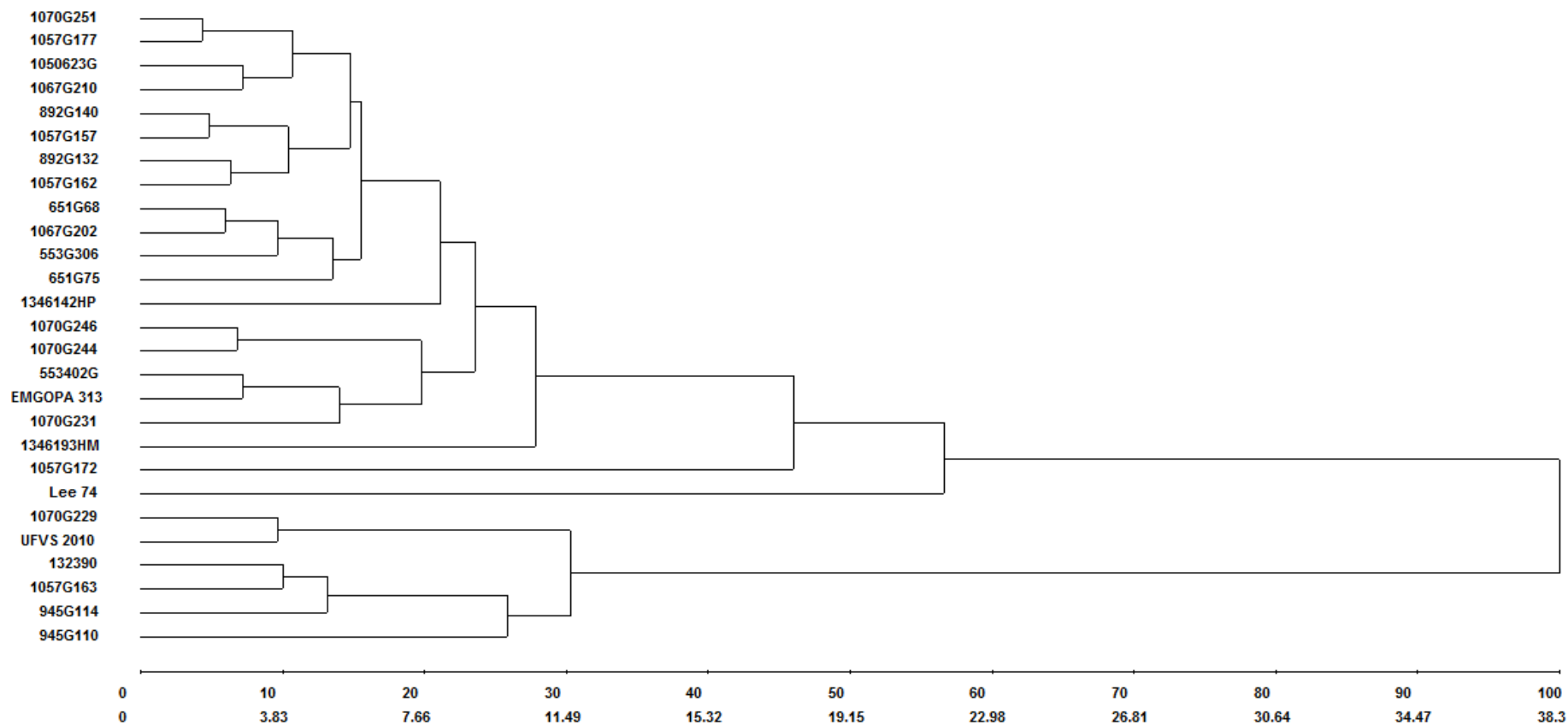


Figura 4 – Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando 11 caracteres avaliados: número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor da raiz, da planta, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca.

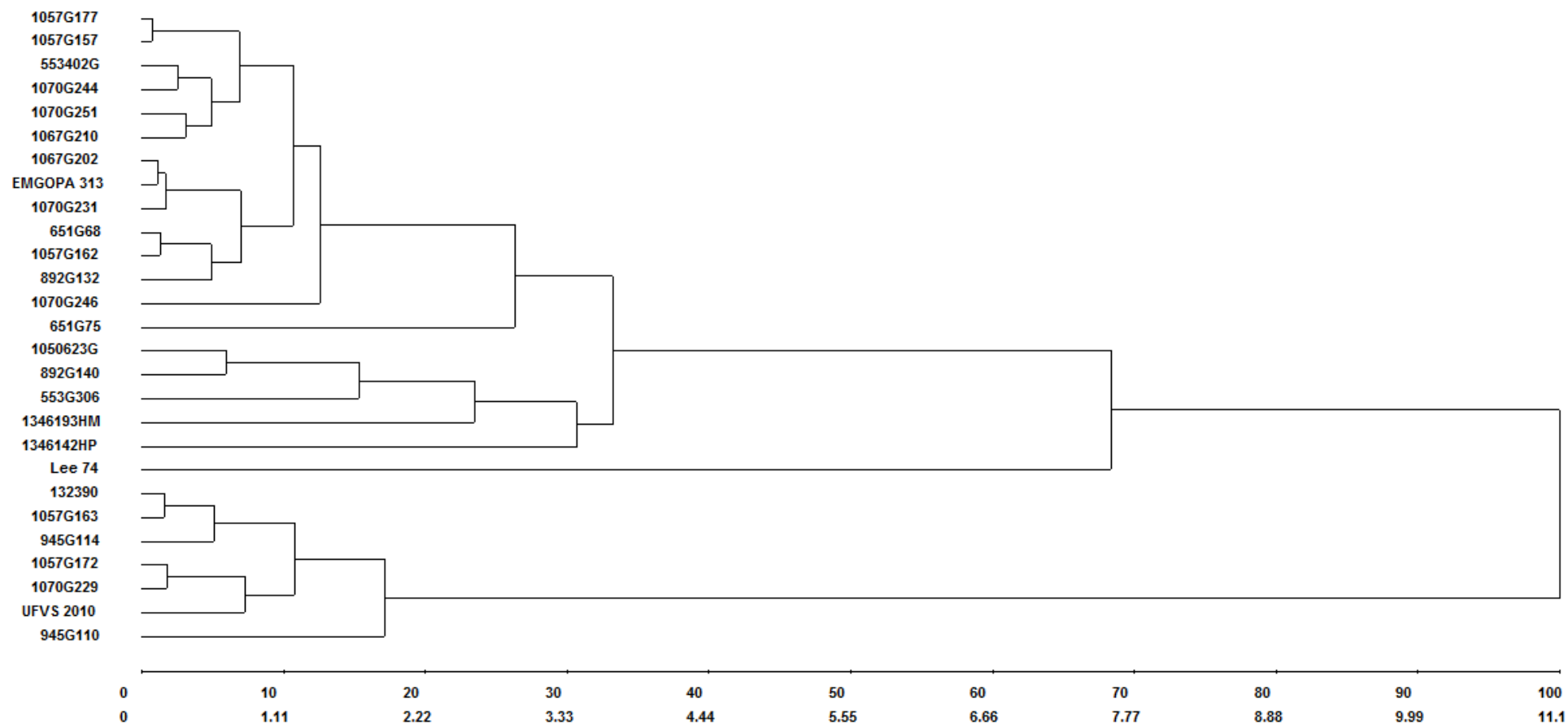


Figura 5 – Dendrograma ilustrativo da dissimilaridade entre 27 genótipos de soja, sendo 24 genótipos BCR em teste e três cultivares (UFVS2010, EMGOPA313 e Lee74), obtido pelo método da ligação média entre grupos (UPGMA), baseado na distância de Mahalanobis, considerando quatro caracteres relacionados com a resistência: número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores.

Tabela 22 – Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de 11 caracteres (número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores, nota visual do número de fêmeas, do vigor da raiz, da planta, altura da planta, número de nós, peso da matéria verde e da matéria seca), Viçosa, MG, 2009

Grupos	Genótipos
I	BCR1070G251, BCR1057G177, BCR1067G210, BCR1050623G, BCR651G68, BCR1067G202, BCR892G140, BCR1057G157, BCR1057G162, BCR892G132, BCR553G306, BCR651G75, BCR1070G244, BCR1070G246, EMGOPA313, BCR553402G, BCR1070G231, BCR1346193HM e BCR1346142HP
II	BCR1070G229, UFVS2010, BCR1057G163, BCR132390, BCR945G114 e BCR945G110
III	BCR1057G172
IV	Lee74

Tabela 23 – Grupos de genótipos estabelecidos pelo método de otimização de Tocher com base na distância generalizada de Mahalanobis estimada a partir de quatro caracteres (número de fêmeas obtido pelo avaliador A, B e C e média dos avaliadores), Viçosa, MG, 2009

Grupos	Genótipos
I	BCR1057G177, BCR1057G157, BCR1070G251, BCR1070G244, BCR553402G, BCR1067G210, EMGOPA313, BCR1067G202, BCR892G132, BCR1070G231, BCR1057G162, BCR651G68, BCR1070G246, BCR1050623G, BCR892G140, BCR553G306 e BCR651G75
II	BCR13239022, BCR1057G163, BCR1057G172, BCR1070G229, UFVS2010, BCR945G114 e BCR945G110
III	BCR1346193HM
IV	BCR1346142HP
V	Lee74

4.3. Comparação entre a metodologia de inoculação com ovos e a infestação artificial do solo com nematoide de cistos na seleção de genótipos resistentes

Nas análises individuais (Tabela 6 e 14), os genótipos apresentaram efeitos significativos para número de fêmeas em todas as avaliações (avaliação pelo método de extração de fêmeas e ovos, por três avaliadores utilizando-se o método visual e pela média dos três avaliadores), mostrando a existência de variabilidade entre os genótipos.

Na análise de variância conjunta, considerando o esquema fatorial 27 x 2, sendo 27 genótipos de soja e 2 métodos de inoculação (inoculação com ovos e infestação artificial do solo), foram detectadas diferenças significativas entre genótipos, avaliações e interação genótipos x avaliações (Tabela 24). Segundo CRUZ *et al.* (2004), a existência de interação genótipos x avaliações indica que há possibilidade de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro.

Tabela 24 – Análise de variância conjunta do caráter número de fêmeas obtido em 27 genótipos de soja por duas metodologias de avaliação (extração de fêmea e média de três avaliadores com base na contagem visual), em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009¹

FV	GL	SQ	QM
Genótipos	26	3969,55	152,67 **
Metodologias	1	80,67	80,67 **
Genótipos x Metodologias	26	335,53	12,90 **
Resíduo	270	1656,94	6,14
Média		11,93	
CV(%)		20,75	

Relação maior (QMR)/menor (QMR) = 1,467;

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; e

¹ Valores originais transformados para $\sqrt{(x+1)}$.

Com o intuito de elucidar a significância apresentada pelo teste F, pela análise de variância, para a interação genótipos x avaliações, foi realizada somente o desdobramento dos genótipos dentro das avaliações, por meio do teste de Tukey (Tabela 25).

Em 77,8% dos genótipos avaliados as médias, tanto da inoculação com ovos e extração de fêmeas quanto da inoculação artificial do solo e contagem visual, não apresentaram diferenças. Por outro lado, para os 18,5% a metodologia de extração, proporcionou contagem de maior número de fêmeas e somente o genótipo BCR1067G202 (3,7%) apresentou maior média pela contagem visual (Tabela 25).

DIOGO (1999), na comparação de metodologia tradicional e visual para avaliação do número de fêmeas de *H. glycines* no sistema radicular de soja, encontrou maiores médias pela metodologia tradicional.

As avaliações visuais (contagem do número de fêmeas) foram realizadas diretamente no sistema radicular das plantas com auxílio de uma lupa (aumento de 6X). Para isso, as raízes, após serem removidas do solo, foram mantidas sobre jornal visando a evaporação da água contida no sistema radicular para melhor visualização das fêmeas e mensuração do número de fêmeas por sistema radicular. Esta etapa foi realizada durante o dia inteiro e, para evitar o ressecamento das raízes observado por DIOGO (1999), as plantas foram umedecidas com água, utilizando-se um borrifador manual, sempre que necessário.

As variações do número de fêmeas encontradas entre as metodologias podem ser pelo fato de as fêmeas serem muito pequenas ou estarem se transformando em cistos (coloração amarronzada) e, portanto, serem de difícil visualização. Segundo DIOGO (1999), as população de nematoides podem ser subestimadas ou superestimadas quando a avaliação do número de fêmeas for realizada, diretamente, em sistema radicular altamente infectado pelo nematoide.

Visando comparar as duas metodologias de inoculação e avaliação do nematoide de cistos em soja, foi analisada a associação entre a inoculação com ovos associada à metodologia de extração (extração) e a infestação artificial do solo associada à contagem visual (visual). Para isso, foram estimados os coeficientes de correlação fenotípica (Pearson) (Tabela 26) e os de coincidência (Tabela 27).

A classificação da resistência da soja ao nematoide de cistos foi realizada com base no índice de fêmeas segundo SCHMITT e SHANNON (1992). Diante disso, as correlações positivas, de alta magnitude e significativas, referentes ao número de fêmeas, foram consideradas as de maior importância, seguidas pelas estimativas referentes ao caráter nota visual do número de fêmeas.

Verificou-se que todos os coeficientes de correlação entre o número de fêmeas avaliado pelo método de extração e pelo método visual (avaliadores A e C e média dos avaliadores) foram maiores que 0,85 (Tabela 26). O coeficiente entre número de fêmeas avaliadas pelos métodos de extração e visual (avaliador B) foi igual a 0,7889, que pode ser, também, considerado aceitável. Isso demonstra que a avaliação visual do número de fêmeas com base na escala de notas apresentou resultados satisfatórios com relação ao número de fêmeas em determinado sistema radicular.

Tabela 25 – Médias do número de fêmeas obtidos pelas avaliações (extração de fêmeas e contagem visual com base na média de três avaliadores) do número de fêmeas em função de 27 genótipos de soja, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009¹

Genótipos	Extração de fêmeas ^{2,4}	Contagem visual ^{3,4}
UFVS 2010	5,10 A	4,26 A
BCR132390	6,87 A	6,77 A
BCR1346142HP	16,34 A	15,42 A
BCR1070G251	13,24 A	12,79 A
BCR1050623G	16,04 A	14,88 A
BCR945G114	6,81 A	7,86 A
BCR892G132	12,52 A	11,53 A
BCR651G68	16,14 A	11,94 B
BCR945G110	4,43 A	6,98 A
BCR1070G231	15,27 A	13,43 A
BCR892G140	12,87 A	14,24 A
BCR553402G	16,09 A	13,10 B
BCR1070G246	12,87 A	11,92 A
BCR1346193HM	10,21 A	11,61 A
BCR651G75	15,56 A	11,09 B
BCR1057G172	11,34 A	6,64 B
BCR1070G244	14,64 A	11,92 A
BCR1067G210	14,68 A	13,18 A
BCR1070G229	5,08 A	5,68 A
BCR1067G202	10,25 B	13,58 A
BCR553G306	13,42 A	13,02 A
BCR1057G177	13,46 A	13,08 A
BCR1057G163	8,60 A	6,38 A
BCR1057G157	15,36 A	13,47 A
BCR1057G162	16,74 A	12,26 B
EMGOPA 313	13,29 A	12,85 A
Lee 74	18,46 A	18,84 A
CV (%)		20,75

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

² Número de fêmeas obtido através de extração em laboratório; e

³ Média do número de fêmeas, de três avaliadores (A, B e C), obtida através da contagem visual utilizando lupa de mão (aumento de 6X); e

⁴ Valores originais transformados para $\sqrt{Cx + D}$.

Esses valores de coeficientes de correlação indicaram que, para cada par de caracteres, a seleção com base em um deles implicará, indiretamente, a seleção de outro.

Quanto às notas visuais do vigor da raiz e de plantas, apresentaram coeficientes de correlação fenotípicos positivos ($P < 0,05$); no entanto, a magnitude dos resultados não foi desejável, isto é, apresentaram valores iguais a 0,5875 e 0,6440, respectivamente, com o número de fêmeas avaliados pelo método de extração (Tabela 26).

O estudo pelo coeficiente de coincidência foi realizado com o intuito de verificar o comportamento dos genótipos em determinado caráter sob condições específicas. Isso porque na estimativa de correlação é considerado todo o conjunto de dados. Diante disso, na Tabela 27 foram dispostos os coeficientes de coincidência entre 12 caracteres avaliados, considerando os cinco genótipos com maiores e menores médias, isto é, 20% dos genótipos avaliados.

Analisando os resultados do número de fêmeas de 20% dos genótipos com médias superiores, observou-se que os coeficientes de coincidências variaram de 40 % a 100 %. O número de fêmeas avaliadas pelo método de extração apresentou resultados coincidentes, na magnitude de 40 % com o número de fêmeas obtido pelos avaliadores A e B e pela média dos avaliadores no método visual e 60 % com o número de fêmeas obtido pelo avaliador C (Tabela 27).

A nota visual do número de fêmeas apresentou coeficientes de coincidência iguais a 20 % com o com número de fêmeas avaliadas pelo método de extração, 60 % com o número de fêmeas obtido pelo avaliador A, 80 % com o avaliador B e 40 % com o avaliador C no método visual (Tabela 27). O fato de as avaliações da nota visual do número de fêmeas e do número de fêmeas obtido pelos avaliadores A, B e C e pela média terem sido avaliadas no mesmo experimento, pode ter colaborado para resultados mais similares.

Analisando os resultados dos 20% dos genótipos com médias inferiores, verificou-se que os coeficientes de coincidência para número de fêmeas variaram de 60% a 100% (Tabela 27).

Os coeficientes de coincidência da nota visual do número de fêmeas com o número de fêmeas avaliado pelo método de extração, com número de fêmeas obtido pelos avaliadores B e C e pela média dos avaliadores no método visual, foram de 80 % e com o número de fêmeas obtido pelo avaliador A, de 100 % (Tabela 26).

De maneira geral, os coeficientes de coincidência referentes aos 20% dos genótipos com médias inferiores, isto é, menores números de fêmeas por sistema radicular, foram maiores, em magnitude, em relação aos coeficientes referentes aos 20% dos genótipos com médias superiores (maior número de fêmeas por sistema radicular). Com isso, pode-se afirmar que a seleção de genótipos com menor infecção pelo nematoide de cistos, por diferentes métodos, apresentou-se como confiável.

Segundo DIOGO (1999), as fêmeas de *H. glycines* podem ser visíveis nas raízes ao se retirarem as plantas do solo, constituindo diagnóstico bastante seguro para presença de nematoide de cistos na área. Entretanto, a mesma autora afirmou em seu

trabalho que a contagem de fêmeas diretamente no sistema radicular não apresenta boa eficiência na discriminação de resposta resistente e suscetível.

No presente trabalho, diante dos resultados apresentados, foi possível afirmar que a seleção e/ou discriminação de genótipos resistentes e moderadamente resistentes dos moderadamente suscetível e suscetível foi realizada com sucesso. Além disso, o tempo necessário para analisar o comportamento dos genótipos pelo método de extração pode ser reduzido em aproximadamente 15 vezes quando utilizada a escala de notas visuais do número de fêmeas. Pode-se indicar essa metodologia para utilização de seleção preliminar em programas de melhoramento de soja, dada a necessidade de avaliar grande número de progênies. Para se obterem bons resultados requer treinamento prévio dos técnicos para reconhecer o desenvolvimento do nematoide de cistos no sistema radicular da soja. Dessa forma, o número de linhagens com resistência ao *H. glycines*, a ser confirmada pela metodologia de inoculação com ovos associada à metodologia de extração, poderá ser grandemente reduzido.

Tabela 26 – Coeficientes de correlação de Pearson entre 12 caracteres avaliados em 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com nematoide de cistos (*Heterodera glycines*), raça 3, em condições de casa de vegetação, seguindo método de extração e avaliação visual, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009

Caracteres	Extração				Visual							
	NO	NOF	AP	NF-A	NF-B	NF-C	NF-Média	NVNF	NVVR	NVVP	ALT	
Extração	NF	0,9594**	0,2021	0,1360	0,8643**	0,7880**	0,8510**	0,8531**	0,9006**	0,5875**	0,6440**	-0,0240
	NO		0,4363*	-0,0125	0,8167**	0,7362**	0,7997**	0,8023**	0,8803**	0,6008**	0,6559**	-0,0800
	NOF			-0,3823*	0,2060	0,2135	0,2027	0,2142	0,2691	0,3160	0,2724	-0,2683
	AP				0,2440	0,2215	0,2434	0,2429	0,1041	0,0357	0,0037	0,5816**
Visual	NF-A					0,9417**	0,9636**	0,9880**	0,9259**	0,5489**	0,6930**	-0,0659
	NF-B						0,9233**	0,9718**	0,8761**	0,5070**	0,6467**	-0,1477
	NF-C							0,9822**	0,8900**	0,5468**	0,6882**	-0,0709
	NF-Média								0,9156**	0,5457**	0,6893**	-0,0927
	NVNF									0,5641**	0,6446**	-0,0385
	NVVR										0,7754**	-0,3068
	NVVP											-0,3507

** , * Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t;

Laboratório: NF (número de fêmeas), NO (número de ovos), NOF (número de ovos por fêmeas) e AP (altura de plantas); e

Visual: NF (A) (número de fêmeas obtido pelo avaliador A), NF (B) (número de fêmeas obtido pelo avaliador B), NF (C) (número de fêmeas obtido pelo avaliador C), NF (Média) (número de fêmeas obtido pela média dos três avaliadores), NVNF (nota visual do número de fêmeas), NVVR (nota visual do vigor da raiz), NVVP (nota visual do vigor da planta) e AP (altura de plantas).

Tabela 27 – Coeficientes de coincidência, em %, entre 12 caracteres avaliados em cinco genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com nematoide de cistos (*Heterodera glycines*), sendo a porcentagem referente às médias superiores estão disposto acima da diagonal e a porcentagem referente às médias inferiores estão dispostos abaixo da diagonal, em condições de casa de vegetação, seguindo método de extração e avaliação visual, Viçosa, MG e São Geraldo, MG, 2009

Caracteres		Extração				Visual							
		NF	NO	NOF	AP	NF-A	NF-B	NF-C	NF-Média	NVNF	NVVR	NVVP	AP
Extração	NF	–	60	20	20	40	40	60	40	20	40	40	20
	NO	100	–	40	20	40	40	40	40	20	40	60	0
	NOF	60	60	–	0	20	20	0	20	20	20	0	0
	AP	20	20	20	–	40	40	40	40	40	40	20	20
Visual	NF-A	80	80	40	20	–	80	60	100	60	20	60	0
	NF-B	60	60	40	20	80	–	60	80	80	40	60	0
	NF-C	60	60	40	20	80	100	–	60	40	20	40	20
	NF-Média	60	60	40	20	80	100	100	–	60	20	60	0
	NVNF	80	80	40	20	100	80	80	80	–	40	40	20
	NVVR	60	60	40	0	60	60	60	60	60	–	40	0
	NVVP	80	80	60	0	80	60	60	60	80	60	–	0
	AP	40	40	20	40	20	20	20	20	20	20	0	20

Laboratório: NF (número de fêmeas), NO (número de ovos), NOF (número de ovos por fêmeas) e AP (altura de plantas); e

Visual: NF (A) (número de fêmeas obtido pelo avaliador A), NF (B) (número de fêmeas obtido pelo avaliador B), NF (C) (número de fêmeas obtido pelo avaliador C), NF (Média) (número de fêmeas obtido pela média dos três avaliadores), NVNF (nota visual do número de fêmeas), NVVR (nota visual do vigor da raiz), NVVP (nota visual do vigor da planta) e AP (altura de plantas).

5. CONCLUSÕES

1. A raça 3 de *H. glycines*, nas populações do Banco de Nematoides do Programa Melhoramento Genético de Soja da Universidade Federal de Viçosa, manteve-se estável, mesmo após 12 anos de cultivo com diferentes cultivares de soja suscetíveis com pelo menos duas semeaduras por ano.
2. Os genótipos superiores desenvolvidos pelo método de melhoramento descendente de uma única vagem por planta mantiveram a variabilidade genética, para resistência ao nematoide de cistos.
3. As estimativas dos coeficientes de determinação genotípica demonstraram que as diferenças observadas nos caracteres número de fêmeas, de ovos e altura de planta do experimento com inoculação com ovos de nematoide de cistos e número de fêmeas (avaliadores A, B e C e média dos avaliadores), nota visual do número de fêmeas e do vigor da raiz no experimento conduzido em solo artificialmente infestado foram predominantemente de natureza genética.
4. Os genótipos BCR945G110, BCR1070G229 e UFVS 2010 apresentaram reação de resistência ao nematoide de cistos, raça 3.
5. Conforme as análises da diversidade genética há variabilidade genética entre os genótipos, tendo ‘Lee74’ e ‘BCR945G110’ maior dissimilaridade quando comparados com os demais genótipos.
6. As metodologias de inoculação com ovos associada à metodologia de extração e a infestação artificial do solo associada à contagem visual para análise do comportamento de genótipos de soja foram de, maneira geral, coerentes entre si.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELNOOR, R.V.; DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; MARIN, S.R.R.; KIIHL, R.A.S. Caracterização molecular de populações do nematoide de cisto da soja com diferentes índices de parasitismo na cultivar Hartwig. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p.331, 2001.
- ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; SILVA, J.F.V.; HENNING, A.A. Doenças da Soja (*Glycine max* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; RESENDE, J.A.M. (Eds.) **Manual de Fitopatologia**. vol. 2: Doenças das Plantas Cultivadas; 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997, p.596–617.
- ANAND, S.C.; TORRIE, J.H. Heritability of yield and other traits and interrelationships among traits in F₃ and F₄ generation of three soybean crosses. **Crop Science**, Madison, v.3, n.6, p.508-511, 1963.
- ANDRADE, P.J.M.; ASMUS, G.L. Disseminação do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) pelo vento durante o preparo do solo. **Nematologia Brasileira**, v.21, n.1, p.98-100, 1997.
- ANJOS, J.R.N.; SHARMA, R.D. Ocorrência do nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines* no Estado de Goiás. **Fitopatologia Brasileira**, v.17, n.2, p.183, 1992.
- ARAGÃO, W.M.; BOAVENTURA, R.F.; ARAGÃO, R.R.B.; BARROS, K.B.R. Variabilidade e correlações entre caracteres morfológicos reprodutivos em cultivares de coqueiro-anão (*Cocos nucifera* L., var. nana). **Agrotrópica**, v.13, n.1, p.27-32, 2001.
- ARANTES, N.E. Melhoramento genético da soja visando resistência ao nematoide de cisto, 1996. In: **Encontro regional sobre nematoide de cisto da soja**. v.1. Dourados:EMBRAPA-CPAO/SEIVA, 1997. 31p. (EMBRAPA-CPAO. Documento, 12).
- ASMUS, G.L.; FERRAZ, L.C.C.B. Effect of population of *Heterodera glycines* race 3 on leaf area, photosynthesis and yield of soybean. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, n.3, p.273-278, 2002.
- AZEVEDO FILHO, J.A.; VELLO, N.A.; GOMES, R.L.F. Estimativas de parâmetros genéticos de populações de soja em solos contrastantes na saturação de alumínio. **Bragantia**, v. 57, n. 2, 1998.
- AZEVEDO, V.H.; AZEVEDO, P.H.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. Nematoide de cisto da soja: herança, caracterização e controle. In: SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. (Eds.). **Cultivares de soja UFV em Mato Grosso**. 49p., 2002, p.43-46. (Boletim técnico, 11 – Soja).
- BALDWIN, J.G.; MUNDO-OCAMPO, M. Heteroderinae, cyst and non-cyst-forming nematodes. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991, p.275-362.

- BARROS, H.B.; SEDIYAMA, T. Luz, umidade e temperatura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenaz, 2009, p.17–27.
- BLACK, R.J. Complexo soja: Fundamentos, situação atual e perspectivas. In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.). **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba/SP, 2000, p.1-17.
- BONETTI, L.P. Distribuição da soja no mundo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos., 1981, p.1-16.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed., Viçosa:UFV, 525p., 2005.
- BRIM, C.A. A modified pedigree method of selection in soybean. **Crop Science**, v.6, p.220, 1966.
- BRIM, C.A.; ROSS, J.P. Registration of Pickett soybeans. **Crop Science**, v.6, n.3 p.305, 1966.
- BRITO, C.H. **Avaliação da resistência de genótipos de soja quanto à reação a *Heterodera glycines* Ichinohe**. 1997. 83f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- CALDWELL, B.E.; BRIM, C.A.; ROSS, J.R. Inheritance of resistance of soybeans to the cyst nematode, *Heterodera glycines*. **Agronomy Journal**. v.52, n.11, p.635-636, 1960.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GASTALDI, L.F.; PÍPOLO, A.D. Correlações fenotípicas entre caracteres quantitativos em soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.1, p.11-16, 2005.
- CARVALHO, C.G.P.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; OLIVEIRA, M.F.; HIROMOTO, D.M.; TAKADA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.187-193, 2003.
- CAVINESS, C.E. Breeding for resistance to soybean cyst nematode. In: RIGGS, R.D.; WHATHER, J.A. (Eds.). **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p.143-156.
- CECON, P.R.; MORAIS, A.R.; SEDIYAMA, C.S. Obtenção da herdabilidade e das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambientes nas gerações F₂ e F₃ de cruzamentos fatoriais em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.12, p.1399-1406, 1993.
- CERVIGNI, G.D.L. **Análise genômica da resistência às raças 3 e 9 do nematoide de cisto e avaliação da variabilidade genética de caracteres agrônômicos em soja**. 2003. 83f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 2003.

CERVIGNI, G.D.L.; SCHUSTER, I.; SEDIYAMA, C.S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance pattern and selection criteria for resistance to soybean cyst nematode races 3 and 9. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1413-1419, 2007.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: safra 2007/2008**. Décimo primeiro levantamento - agosto de 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf> Acesso em: 06 de set. 2008.

CRUZ, C.D. **Princípios de genética quantitativa**. 1. ed. Viçosa: UFV, v.1, 394p, 2005.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. 1. ed. Viçosa:UFV, 285p, 2006.

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

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

CUNHA, E.G. **Reação de progênies de soja ao nematoide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe) e estimativas de herdabilidade de caracteres agrônômicos**. 1997. 78f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG 1997.

DAROS, M.; AMARAL JUNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, F.S.; SCAPIM, C.A.; FREITAS JUNIOR, S.P.; DAHER, R.F.; ÁVILA, M.R. Correlações entre caracteres agrônômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho-pipoca. **Ciência Rural**, v.34, n.5, 2004.

DESTRO, D.; MANTALVÁN, R. Método SSD e derivados. In: DESTRO, D.; MANTALVÁN, R. (Orgs.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina:Editora UEL, 1999, p.233–243.

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: Mecnas, 2009, p.133–155.

DIAS, W.A.; SILVA, J.F.V.; GARCIA, A.; CARNEIRO, G.E.S. Distribuição das raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: **Resumos da XXVII Reunião da Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil**. Cornélio Procópio: Embrapa Soja, 2005a, p.365-366. (Documento 257).

DIAS, W.P. **Genética da resistência da soja à raça 4⁺ do nematoide de cisto, *Heterodera glycines***. 2003. 83f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.

DIAS, W.P.; CAMPO, V.P.; KIIHL, R.A.S.; ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F. Genetic control in soybean of resistance to soybean cyst nematode race 4⁺. **Euphytica**, v.145, p.321-329, 2005b.

DIAS, W.P.; SILVA, J.F.V.; KIIHL, R.A.S.; HIROMOTO, D.M.; ABDELNOOR, R.V. Quebra da resistência da cv. Hartwig por população de campo do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.33, p.971-973, 1998.

DIOGO, A.M. **Aspectos do parasitismo, reação de hospedeiros e sequência de cultivos no controle do nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines***. 1999. 90f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

DUNN, R.A. Extraction of cysts of *Heterodera* species from soils by centrifugation in high density solution. **Journal of Nematology**, v.1, n.1, 1969.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de identificação de doenças da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1. ed., 72p., 2005.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil – 2009 e 2010**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 262p., 2008.

ENDO, B.Y. Cellular responses to infection. In: RIGGS, R.D.; WHATHER, J.A. (Eds.). **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS Press, 1992, p.37-49.

EPPS, J.M.; CHAMBERS, A.Y. Population dynamics of *Heterodera glycines* under various cropping sequences in field bins. **Phytopathology**, v.55, n.1, p.100-103, 1965.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M.A. SILVA e J.C. SILVA. Viçosa: UFV, 279p, 1981.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. London: Oliver and Boyd, 117p, 1972.

FARIAS NETO, J.T. **Potencial de progênies F_{4:3} e F_{5:3} de soja obtidas de cruzamentos em cadeia para produtividade de óleo**. 1995. 153f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP, 1995.

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

FREITAS, L.G.; OLIVEIRA, R.D.L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: Editora UFV, 84p., 1. ed., 2ª reimpressão, 2004 (Caderno didático, 58).

GOLDEN, A.M.; EPPS, J.M.; RIGGS, R.D.; DUCLOS, L.A.; FOX, J.A.; BERNARD, R.L. Terminology and identity of infraespecific forms of the soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*). **Plant Disease Report**, v.54, n.7, p.544-546, 1970.

GOLDEN, A.M.; MEDINA, M.R.A. *Heterodera glycines* en soya y frijol en el Valle del Cauca, Colômbia, **Nematrópica**, v.13, p.229-237, 1983.

- HANCOCK, J.A.; HANCOCK, F.G.; CAVINESS, C.E.; RIGGS, R.D. Genetics of resistance in soybean to “race X” of soybean cyst nematode. **Crop Science**, v.27, p.704-707, 1987.
- HARTWIG, E.E. Breeding productive soybean cultivar resistant to the soybean cyst nematode for the Southern United State. **Plant Disease**, v.65, n.4, p.303-307, 1981.
- HARTWIG, E.E.; EPPS, J.M. Dyer Soybeans. **Crop Science**, v.8, n.3, p.402, 1968.
- HIROMOTO, D. M.; VELLO, N.A. The genetic base of Brazilian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) cultivars. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.2, p.295-306, 1986.
- HUNT, D.J.; LUC, M.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.H. Identification, Morphology and Biology of Plant Parasitic Nematodes. In: LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. (Eds.) **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. UK:Biddles Ltd, King’s Lynn (CABI Publishing), 871p., 2005, p.11-52.
- HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, v.24, n.4, p.408-421, 1970.
- HYMOWITZ, T.; SINGH, R.J.; KOLLIPARA, K.P. Biosystematics of the genus *Glycine*. 1996. **Soybean Genetics Newsletter**. v.24. p.119-120. 1997.
- JOHNSON, H.W.; BERNARD, R.L. Soybean genetics and breeding. In: NORMAN, A. G., ed. **The soybean: genetics, breeding, physiology, nutrition, management**. New York, Academic Press, 1963. p.1-73.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A.; DONOGHUE. **Sistemática Vegetal, um enfoque filogenético**. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 632p. 2009.
- KONDO, E; ISHIBASHI, N. Ultrastructural changes associates with the tanning process in the cyst wall of the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines* Ichinohe. **Appl. Ent. Zool**. v.10, p.247-253, 1975.
- KWON, S.H.; TORRIE, J.H. Heritability of and interrelationships among traits of two soybean populations. **Crop Science**, v.4, p.196-198, 1964.
- LIMA, R.D.; FERRAZ, S.; SANTOS, J.M. Ocorrência de *Heterodera* sp., em soja no Triângulo Mineiro. **Nematologia Brasileira**, v.16, n.1/2, p.101, 1992 (Resumos).
- LOPES, A.C.A.; VELLO, N.A.; PANDINI, F.; ROCHA, M.M.; TSUTSUMI, C.Y. Variabilidade e correlação e entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.341-348, 2002.
- LORDELLO, A.I.L.; LORDELLO, R.R.A.; QUAGGIO, J.A. Ocorrência do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*) no Brasil. **Revista de Agricultura**, v.67, n.3, p.223-225, 1992.
- LUEDDERS, V.D. Inheritance of genes for resistance to soybean cyst nematode populations. **Crop Science**, v.29, n.1; p.667-671, 1989.

LUEDDERS, V.D.; WILLIAMS, L.F.; MATSON, A. Registration of Custer soybeans. **Crop Science**, v.8, n.3, p.402, 1968.

MAGALHÃES, C.M. Soja no Estado do Rio Grande do Sul. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos., 1981, p.18-20.

MATSON, A.L.; WILLIAMS, L.F. Evidence of a fourth gene for resistance to the soybeans cyst nematode. **Crop Science**, v.5, n.5, p.477, 1965.

MAURO, A.O.; OLIVEIRA, A.L.; MAURO, S.M. Genetics of resistance to soybean cyst nematode, *Heterodera glycines* Ichinohe (race 3), in a Brazilian soybean population. **Genetics and Molecular Biology**, n.22, v.2, p.257-260, 1999.

MENDES, M.L. O nematoide do cisto da soja. In: ARANTES, N.E.; MELO DE SOUZA, P.I. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993, p.399-416.

MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores**. 1998. 117f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

MONTEIRO, A.R.; MORAES, S.R.A.C. Ocorrência do nematoide de cisto da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, v.16, n.1/2, p.101, 1992 (Resumos).

MONTENEGRO, E.E. **Estimativas de parâmetros genéticos, no verão e no inverno, em cruzamentos entre cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), divergentes quanto a juvenilidade**. 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

MOURA, M.F.; VENCOSKY, R.; SILVA, J.F.V.; MORAIS, L.K.; MOURA, N.R.; PINHEIRO, J.B. Parâmetros genéticos da resistência da soja ao nematoide de cisto raça 1. **Bragantia**, v.67, n.1, p.119-125, 2008.

MÜLLER, L. Taxonomia e morfologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). **A soja no Brasil**. 1. ed. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981, p.65-104.

NAOE, L.K. **Parâmetros genéticos estimados em populações segregantes de cruzamentos entre progenitores divergentes de soja**. 1999. 63f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

NASCIMENTO FILHO, F.J.; GARCIA, T.B.; CRUZ, C.D. Estimativa de parâmetros genéticos em clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.1, p.91-96, 1994.

NIBLACK, T.L.; ARELLI, P.R.; NOEL, G.R.; OPPERMAN, C.H.; ORF, J.H.; SCHMITT, D.P.; SHANNON, J.F.; TYLKA, G.L. A revised classification scheme for genetically diverse populations of *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, v.34, n.4, p.179-288, 2002.

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: Mecenas, 2009, p.7–16.

ODA, M.C.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H.B. Manejo da cultura. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009b, p.93–100.

ODA, M.C.; SEDIYAMA, T.; BARROS, H.B. Sistemas de cultivo. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009a, p.71–176.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristics of the relation between nematodes and plant**. Meded. Landbouw. Wageningen, v.66, p.1-46, 1966.

PELÚZIO, J.M.; SEDIYAMA, C.S.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, T. Influência da localidade, adubação e época de plantio na ordem de classificação de soja, no Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v.45, n.259, p.295-301, 1998.

RIGGS, R.D. Worldwide distribution of soybean-cyst nematode and its economics importance. **Journal of Nematology**, v.9, n.1, p.34-39, 1977.

RIGGS, R.D.; SCHMITT, D.P. Complete characterization of the race scheme for *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, v.20, n.3, p.392-395, 1988.

RIGGS, R.D.; SCHMITT, D.P. Soybean cyst nematode. In: SINCLAIR, J.G.; BACKMAN, P.A. (Eds.). **Compendium of soybean disease**. 3rd. ed., 2^a Impression St. Paul, The American Phytopathological Society, 1993, p.65-67.

ROCHA, F.S.; PINHEIRO, J.B.; CAMPOS, H.D.; CAMPOS, V.P. Relação entre populações iniciais de *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* e o desenvolvimento do sistema radicular da soja. **Nematologia Brasileira**, v.32, n.2, p.161-166, 2008.

ROCHA, M.R.; CARVALO, Y.; CORRÊA, G.C.; CATTINI, G.P.; RAGAGNIN, O. Efeito da textura do solo sobre populações de *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**, v.30, n.1, p.11-15, 2006.

ROESSING, A.C.; GUEDES, L.C.A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região central do Brasil. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Eds.). **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993, p.1–64.

ROSS, J.P. Crop rotation effects on the soybean yields. **Phytopathology**, v.52, n.8, p.815-818, 1962.

ROSS, J.P.; BRIM, C.A. Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method. **Plant Disease Reporter**, v.41, n.11, p.923-924, 1957.

ROSSI, C.E.; FERRAZ, L.C.C.B. Morfometria de populações brasileiras de *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952. **Nematologia Brasileira**. v.23, n.1, p.53-64, 1999.

ROSSI, C.E.; MONTEIRO, A.R.; RAMIRO, Z.A. Ocorrência de nematoide de cistos *Heterodera glycines*, Ichinohe, 1952, em cultura de soja no Estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, v.70, n.1, p.37-39, 1995.

SANCHES, J.B. **Histopatologia de raízes de *Mucuna pruriens* (L.) DC infectadas pelo nematoide de cistos da soja, *Heterodera glycines***. 2001. 74f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SANTOS JUNIOR, R.F.; SANTOS, J.M.; RUDORFF, B.F.T.; MARCHIORATO, I.A. Detecção de *Heterodera glycines* em plantio de soja mediante espectrorradiometria no visível e infravermelho próximo. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, p.355-360, 2002.

SANTOS, C.A.F. **Análise de trilha e estimativa de parâmetros genéticos em progênies F₆ de um cruzamento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 1994. 71f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

SANTOS, O.S. **A cultura da soja – 1: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Editora Globo, 299p. 1988.

SCHMITT, D.P.; NOEL, G.R. Nematodes parasites of soybean. In: NICKLE, W.R. (Ed). **Plant and insect nematode**. New York, Marcel Dekker, 1984, p.13-59.

SCHMITT, D.P.; RIGGS, R.D. Population dynamics and management of *Heterodera glycines*. **Agricultural Zoology Reviews**, v.3, p.253–269, 1989.

SCHMITT, D.P.; SHANNON, G. Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. **Crop Science**, v.32, p.275-277, 1992.

SCHUSTER, I. **Identificação de QTL para resistência ao nematoide de cisto da soja e a capacidade combinatória de genitores**. 1999. 85f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

SEDIYAMA, H.A.; TEIXEIRA, R.C.; SEDIYAMA, T. Soja e seus derivados na alimentação humana. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009a, p.261–272.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M.G.; SEDIYAMA, C.S.; GOMES, J.L.L. **Cultura da soja – Parte I**. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 96p. 1985.

SEDIYAMA, T.; SWEARINGIN, M.L. **Cultura da soja**. Universidade Federal de Viçosa, 77p. 1970.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Cultivares. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009c, p.77–91.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H.B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenias, 2009b, p.1–5.

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

SHIMOYA, A. **Comportamento de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) nas gerações F₉ e F₁₀ selecionados pelo teste de geração precoce**. 1987. 132f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.

SILVA, J.A.L. **Identificação de raças fisiológicas de *Heterodera glycines* Ichinohe e a avaliação da resistência de genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]**. 1998. 58f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

SILVA, J.A.L.; SEDIYAMA, T.; CECON, P.R. Avaliação da resistência de 22 variedades e linhagens americanas e nacionais de soja à *Heterodera glycines*, raça 3. **Nematologia Brasileira**, v.23, n.2, p.15-19, 1999a.

SILVA, J.A.L.; SEDIYAMA, T.; OLIVEIRA, R.D.L. Avaliação da reação da variedade de soja MG/BR-Renascença às raças 3, 4, 6 e 10 do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952). **Nematologia Brasileira**, v.23, n.2, p.24-33, 1999d.

SILVA, J.A.L.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C. Comportamento de linhagens de soja obtidas de dois cruzamentos, quanto à raça 3 de *Heterodera glycines*. **Revista Ceres**, v.46, n.263, p.99-104, 1999b.

SILVA, J.A.L.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; OLIVEIRA, R.D.L. Raças fisiológicas do nematoide de cisto da soja (*Heterodera glycines*), nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.46, n.263, p.45-52, 1999c.

SILVA, M.F.; SCHUSTER, I.; CERVIGNI, G.D.L.; SILVA, J.F.V.; DIAS, W.P.; FERREIRA, A.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Inheritance of resistance to soybean cyst nematode races 3 and 14 in soybean RIL and F₂ population. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.12, p.1735-1740, 2007.

SINCLAIR, J.B. **Compendium of soybean diseases**. St. Paul. Minnesota: American Phytopathological Society, 104p, 1982.

SOLOGUREN, L.J.; SANTOS, M.A. Estudos de características químicas de solo em reboleiras de soja com *Heterodera glycines*. **Fitopatologia Brasileira**, v.22 (Suplemento), p.329, 1997.

THOMAS, J.D.; CAVINESS, C.D.; RIGGS, R.D.; HARTWIG, E.E. Inheritance of reaction to race 4 of soybean-cyst nematode. **Crop Science**, v.15, p.208-209, 1975.

TIHOHOD, D.; SANTOS, J.M. ***Heterodera glycines*: novo nematoide da soja no Brasil. Detecção e medidas preventivas**. Jaboticabal, CEMIP – Centro de Manejo Integrado de Pragas, 23p., 1993. (Boletim 4).

TRIANANTAPHYLLOU, A.C.; IRSCHMANN, H. Oogenesis and mode of reproduction in the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*. **Nematology**, v.7, n.1, p.235-241, 1962.

TURNER, S.J.; ROWE, J.A. In: PERRY, R.N.; MOENS, M. (Eds.) **Plant Nematology**. UK: Biddles Ltd, King's Lynn (CABI Publishing), 447p, 2006, p.91-122.

WHATHER, J.A.; ANAND, S.C. Relationship between time of infection with *Heterodera glycines* and soybean yield. **Journal of Nematology**, v.20, n.3, p.439-442, 1988.

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

YOKOMIZO, G.K.; VELLO, N.A. Coeficiente de determinação genotípica e de diversidade genética em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2223-2228, 2000.

YORINORI, J.T. Principais doenças da cultura da soja e suas estratégias de controle. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p.276-277, 1995.

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, 1992, p.27-36.

YUE, P.; RAO-ARELLI, P.R.; SLEPER, D.A. Molecular characterization of resistance to *Heterodera glycines* in soybean PI 438489B. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.102, n.6-7, p.921-928, 2001.

ANEXOS

Anexo 1 – Número médio de fêmeas (NF), de ovos (NO), de ovos por fêmea (NOF), fator de reprodução (FR), altura de planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única viagem por planta, inoculados artificialmente com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, Viçosa, MG, 2009¹

Genótipos	NF	NO	NOF	FR ²	AP	NN	PMV	PMS
UFVS 2010	26,00	2212,50	95,83	0,56	62,08	10,50	17,97	3,51
BCR132390	47,33	5516,67	127,00	1,38	78,50	10,33	13,68	2,81
BCR1346142HP	267,17	38663,33	147,33	9,67	57,17	11,00	17,12	3,05
BCR1070G251	175,17	23415,17	132,17	5,86	54,92	10,83	14,46	2,82
BCR1050623G	261,33	23986,67	87,67	6,00	88,25	10,00	13,81	2,67
BCR945G114	46,17	3986,67	87,17	1,00	41,58	10,17	13,83	2,40
BCR892G132	164,17	21703,33	116,33	5,43	77,08	10,67	11,60	2,22
BCR651G68	261,17	27858,33	108,00	6,97	42,90	10,83	14,18	2,44
BCR945G110	21,17	3006,67	167,50	0,75	45,17	11,00	17,78	3,07
BCR1070G231	238,00	29461,67	124,00	7,37	52,83	10,33	16,10	3,21
BCR892G140	167,00	25083,33	149,50	6,27	53,08	11,33	15,27	2,98
BCR553402G	258,83	29106,67	110,67	7,28	73,75	10,17	12,59	2,74
BCR1070G246	170,17	19881,67	124,67	4,97	63,33	10,50	13,75	2,23
BCR1346193HM	130,00	11316,67	111,50	2,83	74,67	11,00	15,07	2,96
BCR651G75	245,00	38166,67	157,00	9,54	53,33	11,50	19,89	3,19
BCR1057G172	139,00	14873,33	101,33	3,72	50,58	11,17	16,62	3,27
BCR1070G244	221,67	29338,33	145,33	7,34	57,67	10,50	13,88	2,62
BCR1067G210	217,00	28218,33	128,00	7,06	46,92	10,67	15,99	3,01
BCR1070G229	24,83	1686,00	68,17	0,42	74,30	10,17	17,37	3,29
BCR1067G202	112,00	14750,00	130,17	3,69	44,25	10,83	14,08	2,65
BCR553G306	184,50	26435,00	151,17	6,61	42,17	10,17	11,24	2,09
BCR1057G177	183,67	16865,00	97,50	4,22	50,00	11,33	16,34	3,09
BCR1057G163	79,83	9164,17	105,00	2,29	44,83	10,67	14,19	2,67
BCR1057G157	236,83	28921,67	124,17	7,23	44,75	11,00	13,31	2,55
BCR1057G162	284,83	41278,33	151,83	10,32	46,17	11,00	15,26	3,10
EMGOPA 313	181,67	25434,83	145,33	6,36	75,50	10,00	14,79	2,71
Lee 74	348,00	32096,67	89,50	8,03	114,50	11,33	17,92	3,43

¹ Médias calculadas com base nos valores originais (n = 6 repetições); e

² Fator de reprodução (FR) conforme OOSTEMBRINK, 1966.

Anexo 2 – Número médio de fêmeas dos avaliadores A, B e C e média dos avaliadores (Média), nota visual do número de fêmeas (NVNF), do vigor da raiz (NVVR), da planta (NVVP), altura da planta (AP), número de nós (NN), peso da matéria verde (PMV) e da matéria seca (PMS) de 27 genótipos de soja originados pelo método descendente de uma única vagem por planta, inoculados com solo infestados com *H. glycines*, raça 3, em condições de casa de vegetação, São Geraldo, MG, 2009¹

Genótipos	Avaliadores			Média	NVNF	NVVR	NVVP	AP	NN	PMV	PMS
	A	B	C								
UFVS 2010	17,67	18,83	17,17	17,83	1,00	3,00	2,50	24,00	6,67	4,27	0,96
BCR132390	44,33	44,67	46,67	45,17	2,17	3,83	3,25	22,67	7,67	4,51	0,95
BCR1346142HP	225,67	264,00	258,67	249,50	5,83	6,17	5,33	18,33	7,33	3,54	0,72
BCR1070G251	154,00	145,17	202,67	167,33	4,83	5,17	4,17	21,00	7,83	3,91	0,81
BCR1050623G	240,33	211,83	217,33	223,33	6,83	5,33	3,42	20,50	7,17	3,91	0,80
BCR945G114	61,17	48,17	75,17	61,50	2,50	5,00	4,42	18,83	6,67	3,61	0,70
BCR892G132	148,17	135,67	147,83	143,83	5,17	6,83	4,92	23,17	7,50	3,56	0,79
BCR651G68	156,00	151,17	136,83	148,00	5,83	5,67	4,67	19,50	7,50	3,75	0,72
BCR945G110	36,33	59,67	49,17	48,33	1,00	5,67	3,42	18,50	6,67	3,53	0,79
BCR1070G231	201,33	155,33	187,83	181,50	7,17	4,17	4,00	24,33	7,17	3,82	0,81
BCR892G140	205,67	230,17	181,67	205,83	6,83	6,83	4,83	20,00	7,33	3,16	0,67
BCR553402G	181,00	162,33	202,83	182,17	5,67	5,67	4,17	26,00	7,67	5,09	0,97
BCR1070G246	153,17	103,17	183,67	146,67	6,17	7,00	3,83	23,17	7,17	3,19	0,65
BCR1346193HM	132,83	170,00	117,17	140,17	5,67	4,83	3,67	24,50	8,33	4,29	0,86
BCR651G75	161,33	85,00	139,67	128,50	5,67	6,17	5,08	21,67	7,67	3,51	0,68
BCR1057G172	48,33	42,83	38,67	43,17	3,17	7,17	4,17	18,50	7,33	3,74	0,76
BCR1070G244	131,67	135,83	166,83	144,83	6,60	6,83	5,33	20,83	6,67	2,36	0,45
BCR1067G210	186,17	150,00	195,83	177,33	6,50	5,67	3,58	21,17	7,50	3,96	0,81
BCR1070G229	33,33	35,00	26,17	31,33	1,17	4,33	3,25	24,50	7,17	3,82	0,92
BCR1067G202	220,67	175,67	197,83	197,83	5,83	6,33	5,42	17,83	7,17	2,89	0,59
BCR553G306	203,00	173,67	141,83	173,00	6,20	5,80	4,60	20,20	7,40	3,58	0,64
BCR1057G177	165,17	174,83	184,83	175,00	5,33	5,00	4,17	20,17	7,33	3,15	0,70
BCR1057G163	35,67	37,17	47,67	40,17	2,17	5,17	3,67	23,33	6,83	4,47	0,96
BCR1057G157	170,50	187,67	191,17	183,17	7,00	7,33	5,50	19,17	6,83	2,97	0,60
BCR1057G162	169,00	144,67	157,33	157,00	6,00	7,67	4,75	21,50	7,17	3,11	0,66
EMGOPA 313	191,50	151,17	192,17	178,33	6,33	6,17	4,50	24,83	6,83	3,52	0,71
Lee 74	397,33	299,67	382,17	359,83	7,67	8,17	6,50	23,17	6,83	3,27	0,65

¹ Médias calculadas com base nos valores originais (n = 6 repetições).