



JULIANA ANDRADE DIAS

**SELEÇÃO RECORRENTE EM FEIJOEIRO
VISANDO A RESISTÊNCIA AO MOFO
BRANCO**

LAVRAS – MG

2015

JULIANA ANDRADE DIAS

**SELEÇÃO RECORRENTE EM FEIJOEIRO VISANDO A
RESISTÊNCIA AO MOFO BRANCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. João Bosco dos Santos

LAVRAS – MG

2015

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Dias, Juliana Andrade.

Seleção recorrente em feijoeiro visando a resistência ao
mofo branco / Juliana Andrade Dias. – Lavras : UFLA, 2015.
81 p.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2015.

Orientador(a): João Bosco dos Santos.
Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Progresso Genético. 3. *Sclerotinia
sclerotiorum*. 4. Melhoramento de Plantas. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

JULIANA ANDRADE DIAS

**SELEÇÃO RECORRENTE EM FEIJOEIRO VISANDO A
RESISTÊNCIA AO MOFO BRANCO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 12/02/2015

Dr. João Bosco dos Santos UFLA

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu EMBRAPA/ UFLA

Dr. Helton Santos Pereira EMBRAPA

Dr. João Bosco dos Santos

Orientador

LAVRAS – MG

2015

Aos meus pais, José e Andréa, a minha irmã Mariana, ao meu marido Bruno e ao meu tio, Tadeu, que sempre me apoiaram e incentivaram nesta caminhada.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por se fazer presente na nela, iluminando sempre o meu caminho.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade concedida. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, José e Andréa pelo incentivo, apoio incondicional, paciência, amor e por todos os sonhos que abriram mão para que o meu se realizasse.

A minha irmã Mariana pela paciência, carinho, atenção e dedicação.

Ao meu Tio Tadeu e a minha avó Júnia por todo carinho e ensinamentos durante estes anos.

Ao meu marido Bruno, por toda paciência, carinho, amor, por todas as madrugadas que ficou acordado me ajudando para que este sonho se realizasse, por sempre estar ao meu lado em todos momentos e por sempre me apoiar e entender todas as minhas ausências. Minha eterna gratidão, carinho e amor.

Ao professor João Bosco, pela oportunidade, pela orientação na elaboração e execução deste projeto, pelos ensinamentos, pela paciência e confiança.

Aos professores do programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas: César, Elaine, Magno, João Cândido e José Airton, pelo conhecimento transmitido durante as disciplinas.

Aos amigos de Laboratório de Genética Molecular, os que já se foram e os que permanecem ainda no laboratório, em especial a Ana Cláudia, Danuza, Lucas, Luciana, Thaísa e Renato, por toda ajuda, amizade e prazerosa convivência. A Monik por toda ajuda sempre, por estar sempre à disposição, ajudando a solucionar todas as dúvidas.

Ao Filipe por toda paciência, por toda ajuda, por toda amizade e companheirismo e por tornar os meus dias de trabalho mais prazerosos e felizes, mesmo com toda distância.

Ao Lamartine, pela disposição, pelos ensinamentos, amizade e confiança.

A Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu, pelo auxílio na condução dos experimentos em Lambari, por toda a contribuição para a realização deste projeto e pela participação em todas as bancas.

Aos amigos dessa jornada, Larissa, Márcia, Indalécio, Lucas, Carlos Henrique, Jhonathan, Rodrigo, Renato e Jéssica Figueiredo.

Aos funcionários Léo, Lindolfo, Zélia, Rafaela, Lilian, Dona Iron e Dú, por toda ajuda e prazerosa convivência.

Aos amigos do GEN pela amizade e convivência.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para que este sonho se tornasse realidade.

A todos vocês, o meu muito obrigado!

RESUMO

Objetivou-se a seleção de progênies de feijoeiro com maior nível de resistência fisiológica ao mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), porte arbustivo e grão tipo “Carioca”, utilizando a seleção recorrente. A população base foi obtida a partir do cruzamento no esquema dialelo circulante, contendo 13 linhagens de feijoeiro: RP-2, MA-IV-18-266, BRS – Cometa, VC-16, Majestoso, Talismã, CNFRJ10564, ESAL 550, RC2-G122-67, RC2-G122-72, RC1-ExRico-26, RC1-Ex Rico-97 e A195, com resistência parcial ao mofo branco. A população foi utilizada até o ciclo VI e foram introduzidas cinco novas linhagens para obtenção do ciclo VII. Foram avaliadas quanto a resistência ao mofo branco, pelo método do *Straw test*, porte e tipo de grãos das progênies $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ dos ciclos VII, VIII e IX. Também foram avaliadas as 64 melhores progênies oriundas dos ciclos 0 ao IX, em experimentos em campo e casa de vegetação. O progresso genético para resistência ao patógeno foi estimado pela comparação da média geral das progênies em relação à testemunha suscetível, Corujinha. Para porte, o progresso foi estimado em relação à média das duas testemunhas utilizadas, CNFC9506 e Corujinha. Para tipo de grão, o progresso foi obtido em relação à testemunha CNFC9506. Não foi possível detectar progresso genético quanto à resistência ao mofo branco, dos ciclos VII ao VIII, provavelmente devido a inclusão de um terço de novos genótipos para gerar a população S_0 do ciclo VII. Porém, nota-se que a seleção recorrente foi eficiente quando se compara as médias das progênies do ciclo IX com a testemunha resistente Cornell 506. Houve uma melhora das progênies em relação às testemunhas para porte e tipo de grãos. Portanto, a seleção recorrente é uma eficiente alternativa para obtenção de progênies de feijoeiro com alto nível de resistência ao mofo branco, porte ereto e grãos tipo carioca.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Progresso Genético. *Sclerotinia sclerotiorum*. Melhoramento de Plantas.

ABSTRACT

The objective was the selection of common bean progenies with higher level of physiological resistance to white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*), upright plant and grain type "Carioca", using the recurrent selection. The base population was obtained from crossing through circulating diallel scheme, 13 bean lines: RP-2, MA-IV-18-266, BRS – Cometa, VC-16, Majestoso, Talismã, CNFRJ10564, ESAL 550, RC2-G122-67, RC2-G122-72, RC1-ExRico-26, RC1-Ex Rico-97 and A195, with partial resistance to white mold. This population was used until cycle VI, when five new lines were also intercrossed for obtaining the population of the cycle VII. Progenies $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ and $S_{0:3}$, of cycles VII, VIII and IX were evaluated for resistance to white mold by the *Straw test* method, growth habit and grain type. Also the 64 best progenies derived from the cycles 0 to IX, were evaluated in experiments in the field and in the greenhouse. The genetic progress for resistance to pathogen was estimated by comparing the overall average of progenies in relation to susceptible control, Corujinha. For growth habit the progress was estimated in relation to the average of the two testers CNFC9506 and Corujinha. For grain type, the progress was estimated in relation to the tester CNFC9506. It was not possible to detect genetic progress for resistance to white mold, of the cycles VII to VIII, due to the inclusion of the five genotypes to generate the new population S_0 of the cycle VII. However, the recurrent selection was efficient when comparing the means of the progenies of the cycle IX with the resistant tester Cornell 506. Also, little genetic progress in relation to the controls for growth habit and grain type was observed. Therefore, the recurrent selection is an efficient alternative for obtaining bean progenies with higher level of resistance to white mold, upright plant and carioca grain type.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*. Genetic Progress. *Sclerotinia sclerotiorum*. Plant breeding.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Linhagens e cultivares com resistência fisiológica parcial ao mofo branco utilizadas na obtenção da população base no Programa de Seleção Recorrente para resistência ao mofo branco, com algumas de suas características.30
- Tabela 2. Linhagens, cultivares e as melhores progênies segregantes remanescentes do ciclo anterior com resistência fisiológica parcial ao mofo branco utilizadas no inter cruzamento para obtenção do ciclo VII, com algumas de suas características. ...32
- Tabela 3. Delineamento experimental utilizado, época de semeadura, tamanho das parcelas, caracteres e locais avaliados em cada uma das gerações dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente e dos experimentos com todos os ciclos no campo e casa de vegetação.35
- Tabela 4. Esquema das análises de variância sequencial das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ nos ciclos de seleção CVII, CVIII e CIX com as respectivas esperanças dos quadrados médios – E(QM).41
- Tabela 5. Análise de variância sequencial das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para resistência ao mofo branco.47
- Tabela 6. Estimativa da variância genética (σ^2_G), variância fenotípica (σ^2_F), variância da interação entre as médias das progênies x gerações (σ^2_{GP}) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para resistência ao mofo branco.48

| | |
|--|----|
| Tabela 7. Médias gerais das progênies e da testemunha Corujinha, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para resistência ao mofo branco. | 49 |
| Tabela 8. Análise de variância para resistência ao mofo branco das progênies selecionadas nos ciclos C0-CIX no campo e na casa de vegetação..... | 53 |
| Tabela 9. Análise de variância conjunta para resistência ao mofo branco em experimentos com as melhores progênies dos ciclos C0-CIX, no campo e na casa de vegetação e correlação genética entre as médias das progênies..... | 55 |
| Tabela 10. Médias das progênies dentro de cada ciclo de seleção recorrente obtidas em avaliações em campo, casa de vegetação e na análise conjunta para resistência ao mofo branco. | 57 |
| Tabela 11. Média das progênies e teste de médias, Scott Knott nos experimentos de todos os ciclos, com as melhores progênies, para resistência ao mofo branco..... | 59 |
| Tabela 12. Análises de variância sequencial das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para porte. | 62 |
| Tabela 13. Estimativa da variância genética (σ^2_G), variância fenotípica (σ^2_F), variância da interação entre as médias das progênies x gerações (σ^2_{GP}) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para porte. | 63 |

| | |
|---|----|
| Tabela 14. Médias gerais das progênies e das testemunhas, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para porte. | 64 |
| Tabela 15. Médias das progênies dentro de cada ciclo de seleção recorrente para porte. | 65 |
| Tabela 16. Análises de variância sequencial das gerações S0:1, S0:2 e S0:3 dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para tipo de grãos. | 66 |
| Tabela 17. Estimativa da variância genética (σ^2G), variância fenotípica (σ^2F), variância da interação entre as médias das progênies x gerações (σ^2GP) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para tipo de grãos. | 67 |
| Tabela 18. Médias gerais das progênies e da testemunha CNFC 9506, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para tipo de grãos. | 68 |
| Tabela 19. Médias das progênies dentro de cada ciclo de seleção recorrente para tipo de grão. | 69 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INDRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 2.1 | A cultura do feijão no Brasil | 15 |
| 2.2 | Mofa Branco em Feijoeiro | 16 |
| 2.3 | Metodologias para avaliação da resistência ao mofa branco | 21 |
| 2.4 | Seleção Recorrente | 22 |
| 2.5 | Outros Caracteres de Importância no Melhoramento do Feijoeiro | 25 |
| 2.5.1 | Porte do Feijoeiro | 25 |
| 2.5.2 | Tipo de Grão | 28 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 3.1 | Local | 29 |
| 3.2 | Obtenção da população base (ciclo 0) e das populações dos ciclos VII, VIII e IX, do programa de seleção recorrente para resistência ao mofa branco em feijoeiro | 29 |
| 3.3 | Avaliação das progênies $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ | 32 |
| 3.4 | Avaliação das melhores progênies de cada ciclo | 33 |
| 3.5 | Preparo do inóculo e avaliação da resistência ao mofa branco | 36 |
| 3.6 | Avaliação do porte | 37 |
| 3.7 | Avaliação do tipo de grão | 37 |
| 3.8 | Análise genético-estatísticas | 38 |
| 3.8.1 | Análise sequencial das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ | 38 |
| 3.8.2 | Avaliação das melhores progênies de cada ciclo | 39 |
| 3.8.3 | Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos | 40 |
| 3.8.4 | Estimativa do progresso genético | 43 |
| 3.8.4.1 | Médias das progênies dos ciclos VII, VIII e IX | 43 |
| 3.8.4.2 | Média das melhores progênies identificadas nos ciclos 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX | 44 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 45 |
| 4.1 | Avaliação da Resistência ao Mofa Branco | 45 |
| 4.2 | Avaliação de porte e tipo de grão | 61 |
| 5 | CONCLUSÕES | 70 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 70 |

1 – INTRODUÇÃO

A produção de feijão é afetada por diversos fatores, dentre eles, a ocorrência de doenças sob as condições de cultivo tem se destacado. O mofo branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, tem sido responsável por grandes perdas na produção, especialmente na safra de outono/inverno, onde o uso frequente da irrigação proporciona uma temperatura amena e alta umidade, condições ideais para o desenvolvimento da doença (OLIVEIRA, 2005).

Um agravante dessa doença, é que, mesmo em condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento, o patógeno é capaz de se manter viável no solo por cinco ou mais anos, por meio de estruturas de resistência denominadas escleródios (OLIVEIRA, 2005). As áreas contaminadas chegam a inviabilizar a cultura, dependendo do nível de infestação, aliado à dificuldade do controle da doença.

Diferentes medidas para o controle da doença têm sido tomadas, tais como, a utilização de sementes livres de patógenos, controle do tráfego de pessoas e equipamentos provenientes de áreas infectadas, pulverização com fungicidas, destruição dos resíduos de culturas contaminadas, aração profunda do solo, rotação de culturas e controle da água de irrigação (VIEIRA et al., 2005). Entretanto, tais medidas, além de serem de difícil aplicação e de acarretarem um aumento do custo de produção, nem sempre são eficientes.

Uma das formas de controle mais eficiente é a resistência fisiológica ao patógeno, porém, está restrita a algumas linhagens não adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras (KOLKMAN; KELLY, 2002). Embora tenha potencial de uso em programas de melhoramento, estas linhagens não apresentam possibilidades de utilização direta pelos produtores. O uso de cultivares resistentes diminuiria as aplicações de fungicidas, reduzindo também

os custos de produção. Como a resistência é encontrada apenas em fontes não adaptadas ou os seus níveis são relativamente baixos em fontes adaptadas, a transferência de alelos favoráveis para cultivares adaptadas torna-se indispensável. Assim, a forma mais eficiente de se obter plantas mais resistentes é por meio da seleção recorrente. Esse procedimento permite o aumento gradual da resistência via aumento da frequência desses alelos (GERALDI, 2005).

O controle genético da resistência ao mofo branco é complexo, altamente influenciado pelo ambiente, possuindo de baixa a moderada herdabilidade, sendo portanto, o emprego da seleção recorrente, um processo cíclico e dinâmico, uma das alternativas mais eficazes para aumentar a frequência de alelos favoráveis proveniente de diferentes genitores (RAMALHO et al., 2012).

O programa de seleção recorrente para mofo branco vem sendo desenvolvido na Universidade Federal de Lavras desde a safra das águas de 2009/2010. Até o momento foram conduzidos nove ciclos seletivos. Leite (2014) relatou progresso genético de 3,7% por ciclo de seleção e de 11,1% ao ano, até ao sexto ciclo de seleção recorrente. Dando continuidade ao programa, foram introduzidas cinco novas fontes de resistência no sétimo ciclo de intercruzamento. Também foi possível detectar ampla variabilidade entre as progênies, permitindo a possibilidade de ganhos futuros com a seleção de genótipos resistentes ao mofo branco, com porte arbustivo e grãos Carioca.

Neste sentido, objetivou-se selecionar progênies de feijoeiro com maior nível de resistência fisiológica ao mofo branco, porte arbustivo e grão tipo “Carioca”, a partir de um programa de seleção recorrente para mofo branco, bem como verificar se há ganhos após nove ciclos de seleção recorrente.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – A cultura do feijão no Brasil

O feijão comum pertence à família Fabacea, subfamília Faboidea, gênero *Phaseolus* L. e espécie *Phaseolus vulgaris* L., sendo uma espécie autógama, apresentando baixa taxa de aloгамia, inferior a 1,4% (VIEIRA et al., 2005).

O feijão é uma leguminosa originária das regiões elevadas da América Central, apresentando dois centros de diversidade: Andino e Mesoamericano. O centro andino se expande pela região andina (Argentina, Bolívia e Peru) e o mesoamericano pela América Central, Colômbia e Venezuela. O feijão apresenta alto teor proteico, é excelente fonte de carboidratos, fibras e vitaminas do complexo B, sendo considerada uma boa fonte de ferro. Contudo, a digestibilidade proteica é baixa, além da disponibilidade de minerais e aminoácidos sulfurados serem reduzidas (LAJOLO; GENOVESE; MENEZES, 1996).

O plantio do feijoeiro é conduzido em três épocas diferentes do ano. O feijão das “águas” que é cultivado na primavera-verão com o plantio concentrado nos meses de outubro e novembro, a safra da “seca” que é plantada no verão-outono com plantio de fevereiro a março e a safra de “inverno” que é cultivada no inverno com semeadura de abril a junho, sendo de julho a agosto no Sul de Minas Gerais. As safras das águas e da seca são cultivadas de maneira tradicional sem o uso de irrigação e este cultivo é realizado principalmente por pequenos e médios produtores que possuem baixo nível tecnológico. A safra de inverno é cultivada por produtores com alto nível tecnológico, sendo este cultivo realizado em áreas irrigadas devido à escassez de chuvas neste período (VIEIRA et al., 2006).

Aproximadamente 75% da produção mundial de feijão estão concentradas em apenas sete países produtores, sendo liderados pela Índia, Myanmar e Brasil. Porém, tal cultura possui pouca importância comercial em âmbito internacional, pois seu consumo é muito pequeno ou até mesmo inexistente em países de primeiro mundo. Os principais países produtores são também grandes consumidores, não havendo, portanto excedente para exportação, razão pela qual o comércio internacional é tão restrito. Outra razão para o baixo comércio internacional de feijão é a ampla variedade de tipos de feijão e as diferenças de hábitos alimentares entre os países e até entre as regiões (CONAB, 2013).

O consumo brasileiro de feijão é de aproximadamente 17,06 kg/habitante/ano (BARBOSA; GONZAGA, 2012), desempenhando um importante papel no fornecimento de proteína de baixo custo, principalmente nos países em desenvolvimento, podendo ser cultivado em diferentes condições de clima e solo.

Vários fatores limitam a produção do feijoeiro, entre eles destacam-se as doenças, que, além de diminuir a produtividade da cultura, depreciam a qualidade do produto (SARTORATO et al., 2000). Dentre as doenças que afetam o feijoeiro, o mofo branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, acarreta danos severos em plantios de inverno em áreas irrigadas (PARISI; PATRÍCIO; OLIVEIRA, 2006). A temperatura amena e a alta umidade encontrada nesse período são as condições ideais para o desenvolvimento da doença (SARTORATO; RAVA, 1994).

2.2 – Mofo Branco em Feijoeiro

O mofo branco, podridão da haste de esclerotinia ou podridão branca de esclerotinia, é causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, pertencente ao filo

Ascomycota, classe *Discomycetes*, ordem *Leotiales*, família *Sclerotiniaceae*, gênero *Sclerotinia* (BOLTON; THOMMA; NELSON, 2006). Este fungo está amplamente distribuído pelo mundo e é capaz de infectar folhas, vagens, sementes, hastes e frutos, possuindo uma extensa gama de hospedeiros. Estimam-se que mais de 400 espécies são suscetíveis ao patógeno, principalmente dicotiledôneas (STEADMAN; BOLAND, 2005), dificultando assim o controle da doença.

Este patógeno infecta diversas culturas de importância agrícola como a soja, algodão, alface, repolho, batata, tomate industrial e girassol, podendo acarretar severos danos à lavoura. Na cultura do feijão, o mofo branco tem sido responsável pela redução da qualidade e produtividade dos grãos. Em condições favoráveis de desenvolvimento, como em regiões mais frias e úmidas, as perdas podem chegar a 100% em cultivares suscetíveis ou quando medidas preventivas não são utilizadas (SINGH; SCHWARTZ, 2010).

Na ausência de hospedeiro suscetível, o fungo pode persistir por cinco ou mais anos no solo, por meio de estruturas de resistência de formato irregular e coloração escura, conhecidas como escleródios (STEADMAN; BOLAND, 2005). Os escleródios são formados por uma massa compactada e uma camada externa de pigmentos de melanina que dá resistência à ação de microrganismos e que após a sua germinação é o responsável inicial pela infecção da planta (SAGATA, 2010). Os escleródios podem germinar de forma miceliogênica, onde há produção de micélio hialino e septado ou na forma carpogênica dando origem aos apotécios que são corpos de frutificação abertos, em que o himênio (camada de ascos) fica exposto, ocorrendo a liberação forçada e simultânea dos ascósporos (esporos sexuais) que infectam principalmente no estado de florescimento do feijoeiro. Para que os ascósporos germinem são necessárias temperaturas em torno de 20 °C, alta umidade e que os escleródios estejam a uma profundidade de no máximo 5cm no solo (BARDIN; HUANG, 2001).

A germinação dos escleródios no solo é influenciada por vários fatores, como luminosidade, umidade, temperatura e pH do solo. A germinação ocorre por meio da produção de micélio que se desenvolve sobre o substrato do solo e acaba infectando diretamente os caules, folhas e vagens que estão próximas ao solo (SAGATA, 2010). Geralmente, a infecção por *S. sclerotiorum* se inicia na junção do pecíolo com a haste, cerca de 10 a 15 cm do solo, onde flores, folhas e demais tecidos senescentes ficam retidos sob a temperatura amena e a alta umidade, condições que favorecem o desenvolvimento do fungo (OLIVEIRA, 2005).

A invasão dos tecidos pelas hifas se dá pela secreção de ácido oxálico e outras enzimas, como as poligalacturonases que são as primeiras enzimas a serem liberadas durante a infecção e são responsáveis pela degradação da parede celular. O ácido oxálico atua como supressor da explosão oxidativa em plantas hospedeiras, desativando um dos mecanismos mais importantes de resistência de plantas a patógenos (CESSNA et al., 2000).

O cultivo de plantas hospedeiras em sucessão a cultura principal, o uso de sementes infectadas, a alta densidade de plantio, a adubação excessiva e o cultivo de outono-inverno sob irrigação criam um ambiente favorável ao desenvolvimento desta doença. As epidemias desta doença ocorrem principalmente nos meses em que a temperatura varia de 10 a 23°C e a umidade alta devido ao uso da irrigação (MIKLAS et al., 2013).

Os sintomas da doença são manchas encharcadas nas folhas, hastes e vagens seguidas pelo crescimento de micélio branco e de aspecto “cotonoso”. Com o desenvolvimento da doença o micélio branco vai escurecendo até atingir a coloração preta formando os escleródios dentro e fora do tecido infectado (HALL; STEADMAN, 2005). Quando a cultura é colhida, muitos dos escleródios formados nos tecidos caem no solo, tornando assim uma importante fonte de inóculo para plantios subsequentes. As sementes infectadas podem ou

não apresentar certos sintomas, entre eles pode-se citar: sementes de pequeno tamanho, sem brilho, descoloridas, enrugadas e mais leves. Algumas sementes, embora com aparência sadia, também podem estar infectadas (STEADMAN, 1983).

Quando o patógeno estiver ausente em uma determinada área ou região, deve-se evitar a sua entrada através da limpeza de maquinarias. Recomenda-se também evitar o tráfego de pessoas que possam trazer o patógeno, usar sementes tratadas, fazer a pré-incorporação dos resíduos e aração profunda, cultivo mínimo e o uso de cobertura morta, principalmente de gramíneas, pois estas não são suscetíveis ao fungo. Em solos infestados devem-se tomar medidas integradas de controle, como a utilização de fungicidas, rotação de culturas, eliminação de restos culturais, controle da irrigação, utilização de cultivares de porte ereto e o aumento do espaçamento entre as fileiras (VIEIRA et al., 2005).

A aplicação de fungicidas deve ser preventiva, pois uma vez instalado na área, a desinfestação do patógeno é quase impossível. Geralmente estes fungicidas são aplicados no início da floração para proteção das flores, fase em que o feijoeiro está mais suscetível ao ataque deste patógeno (VIEIRA et al., 2005).

O uso de cultivares com resistência fisiológica tem sido crucial para o controle de surtos da doença e também para reduzir ou eliminar o uso de fungicidas (MIKLAS et al., 2013). Fontes de resistência fisiológica têm sido identificadas a partir de inoculações em casa de vegetação (MIKLAS et al., 1998, 2006). Porém, a resistência genética está restrita a algumas cultivares de feijão mesoamericano, como a cultivar Ex-Rico 23 e cultivares andinas como A 195 e G 122 (MIKLAS et al., 2001b). Contudo, os níveis mais elevados de resistência são encontrados apenas em pool gênico secundário, como *P. coccineus* L. (SINGH et al., 2014). No entanto, estas fontes de resistência não estão disponíveis aos produtores brasileiros, muitas vezes por não serem

adaptadas às nossas regiões de cultivo, além de não apresentarem as características aceitas pelo mercado nacional.

A combinação da resistência genética com mecanismos de escape, como hábito determinado e o porte ereto das plantas, é uma boa estratégia para diminuir as perdas com esta doença, pois pode limitar o estabelecimento e desenvolvimento da doença devido à capacidade que estas plantas têm de escapar da infecção inicial (KOLKMAN; KELLY, 2002; SOULE et al., 2011; MIKLAS et al., 2013). Os mecanismos de escape têm se tornado um aliado a resistência fisiológica, pois reduzem a infestação da doença no campo. Neste sentido, Miklas et al. (2001a) identificaram fenótipos resistentes de feijão andino com hábito de crescimento determinado e dossel mais aberto e poroso, mostrando a importância destes caracteres no auxílio contra a doença.

A resistência fisiológica ao mofo branco possui controle genético complexo com herdabilidade baixa a moderada, altamente influenciado pelo ambiente. Já foram identificados vários QTLs que explicam parcela significativa da variação fenotípica do caráter (MIKLAS et al., 2001a, 2001b, 2013; KOLKMAN; KELLY, 2003; ENDER; KELLY, 2005; MIKLAS, 2007; ANTONIO, 2011). De acordo com Soule et al. (2011) a herdabilidade para a resistência fisiológica, com base em inoculações em casa de vegetação é maior do que avaliações em campo, com baixa correlação entre os dois testes. Miklas et al. (2013) relataram a existência de 27 QTLs que conferem resistência fisiológica ao mofo branco em feijoeiro, 36 relacionados a mecanismos de escape e 16 para caracteres de raiz utilizando o mapeamento comparativo. Além disso, outros foram identificados por Antônio (2011) e Lara (2013), adaptados às condições brasileiras. Esses resultados confirmam a natureza quantitativa da resistência, o seu nível relativamente baixo nas cultivares em uso e a dificuldade de melhoramento do caráter.

2.3 – Metodologias para avaliação da resistência ao mofo branco

Diversos métodos foram propostos para avaliação da resistência ao mofo branco. Alguns melhoristas preferem avaliar a doença em campo por meio da incidência natural, no entanto, existem algumas dificuldades de avaliação como a disponibilidade de áreas infectadas e condições favoráveis para o desenvolvimento da doença (LEHNER et al., 2008). Além disso, as diferenças morfológicas como porte prostrado ou arbustivo podem mascarar a resistência fisiológica (ENDER; KELLY, 2005).

Dentre os métodos existentes para avaliação da resistência ao mofo branco, o *straw test* ou teste do canudo é o mais empregado. Este método avalia a resistência fisiológica dentro do tecido do caule principal, sendo eficiente para auxiliar na identificação, caracterização e seleção de genótipos resistentes ao mofo branco (TERÁN; SINGH, 2008). Este método apresenta a vantagem de não ser destrutivo, permitindo a obtenção de progênies resistentes para o avanço dos programas de melhoramento. Neste método, um disco de ágar com micélio do fungo crescido é inserido na haste cortada da planta, de três a cinco semanas após a semeadura, com auxílio de ponteiros plásticos de micropipetas para que a doença se desenvolva na planta. Após um período de seis a oito dias é realizada a avaliação (PETZOLDT; DICKSON, 1996; TERÁN; SINGH, 2008).

Para obter o micélio para a inoculação os escleródios são depositados em placas de petri com meio BDA com Clorafenicol em condições assépticas. As placas são colocadas em câmara incubadora por sete dias, a 22°C e um fotoperíodo de 12 horas. Posteriormente é realizada a repicagem do fungo e após três dias a placa já está coberta com o micélio. As ponteiros são usadas para cortar o disco de BDA com micélio, de forma que na inoculação o fungo fique em contato com a haste cortada da planta.

Milkas et al. (2001a) concluíram que a resistência fisiológica detectada pelo método *straw test* é um componente da resistência no campo, ou seja, tanto a resistência fisiológica quanto mecanismos de escape das plantas contribuem para resistência a campo, o que pode superestimar a resistência. A combinação da resistência fisiológica com mecanismos de escape da planta é uma estratégia atual de melhoramento, visando minimizar a perda da produção devido aos danos causados por esse fitopatógeno.

Outra metodologia para determinar a resistência fisiológica ao mofo branco foi proposta por Kolkman e Kelly (2000), na qual avalia indiretamente a resistência ao patógeno baseado na reação da planta quando colocadas em solução de ácido oxálico. Por meio deste método, já foram identificadas progênies com certo nível de resistência fisiológica (GONÇALVES; SANTOS, 2010; LARA, 2013).

Evidências experimentais mostraram que, por meio de testes tanto em casa de vegetação quanto em campo, alguns genótipos mais tolerantes ao ácido oxálico foram os mais resistentes ao mofo branco (KOLKMAN; KELLY, 2000). Isso se deve ao fato de que o ácido oxálico é considerado o fator primário de patogenicidade do fungo (GODOY et al., 1990). Uma vantagem deste processo é a identificação da resistência fisiológica de forma rápida sem a interferência de outros mecanismos de resistência e de escape.

2.4 - Seleção Recorrente

Quando se deseja realizar o melhoramento para um ou mais caracteres, controlados por vários genes, é impossível se obter sucesso em um único ciclo seletivo. A seleção recorrente é um sistema cíclico e dinâmico que visa aumentar gradativamente a frequência de alelos favoráveis para uma ou mais características de interesse, por meio de repetidos ciclos de seleção, avaliação e

recombinação (GERALDI, 2005). Por isso é a principal alternativa para obter-se sucesso com a seleção.

A seleção recorrente foi originalmente proposta em 1940, no melhoramento do milho. Posteriormente, foi adotada também para culturas autógamas. Em meados da década de 60 foi empregada no melhoramento da aveia (KHADR; FREY, 1965). Desde então, houve uma aceitação progressiva do método no melhoramento de plantas autógamas e, mais recentemente, tem sido utilizada no melhoramento de diversas culturas, como, por exemplo, do arroz (MORAIS et al., 2003; RANGEL; ZIMMERMANN; NEVES, 1998) e do feijão (CUNHA, 2005; AMARO et al., 2007; RAMALHO et al., 2003).

O que se espera com a seleção recorrente é o aumento na média do caráter sob seleção, mantendo a variabilidade genética para progressos futuros (HALLAUER, 1992). Para isso, é necessário ter uma população com variabilidade genética e uma estratégia de seleção e recombinação que permita ter progresso, sem exaurir a variabilidade.

O processo de seleção recorrente é constituído de três etapas básicas: obtenção da população segregante, avaliação e seleção das progênies e recombinação das progênies selecionadas para formar o próximo ciclo. Neste sentido, Geraldi (1997) cita como principais vantagens da seleção recorrente a obtenção de maior variabilidade genética pelo inter cruzamento de múltiplos genitores, maior oportunidade de recombinação genética, devido aos sucessivos ciclos de cruzamentos, maior eficiência no acúmulo de alelos favoráveis, devido ao processo repetitivo de seleção e viabilidade de incorporação de germoplasma exótico na população. O método ainda permite a obtenção de linhagens superiores a cada ciclo seletivo e inclusão de novas linhagens no processo de recombinação.

No feijoeiro a seleção recorrente tem sido amplamente utilizada, sendo os dialelos circulantes preferidos para a condução dos programas de

melhoramento, onde cada genitor participa de dois cruzamentos, reduzindo assim o número de cruzamentos realizados (BEARZOTI, 1997). Pode-se também usar a macho esterilidade quando possível, porém algumas dificuldades têm sido encontradas, como, o pólen não se dispersa naturalmente e a dificuldade na identificação e manutenção de plantas macho estéreis (FREITAS, 2012).

Na seleção recorrente a seleção pode ser realizada no âmbito de indivíduo denominada de seleção fenotípica ou massal e seleção no âmbito de progênes onde se utiliza a população estruturada em progênes, S_1 , S_2 , etc. (RAMALHO; SANTOS; ZIMMERMANN, 1993). A seleção baseada na avaliação de progênes permite que o melhorista faça as avaliações em experimentos com repetições e em locais diferentes. Este tipo de avaliação tem sido preferida devido ao fato de poder estimar com maior precisão os valores genotípicos, já que as contribuições dos efeitos ambientais, residuais e da interação genótipos x ambientes são reduzidas (ALVES, 2012).

Com o uso da seleção recorrente a estimativa do progresso genético é fundamental para orientar os melhoristas a respeito das estratégias seletivas que estão sendo empregadas e quais as alternativas que poderão ser utilizadas para ampliar o sucesso com a seleção. Ramalho, Abreu e Santos (2005) estimaram o progresso genético após quatro ciclos de seleção recorrente para produtividade e tipo de grãos do feijoeiro e observaram que o ganho médio anual com a seleção para tipo de grãos foi de 10,5% e para produtividade de 5,7%, sem redução da variabilidade na população, mostrando que a seleção recorrente é uma importante ferramenta para caracteres quantitativos em feijoeiro.

Lions, Dickson e Hunter (1987) utilizando cruzamentos interespecíficos entre *Phaseolus vulgaris* e *Phaseolus coccineus* observaram ganho de 31% após três ciclos de seleção recorrente para mofo branco. Terán e Singh (2010a, 2010b) utilizando duas populações de híbridos duplos e utilizando menor

número de genitores obtiveram ganhos inferiores, de 5 e 12% com a seleção dos ciclos zero, um e dois. Leite (2014) obteve ganhos com a seleção para o mofo branco de 3,44% por ciclo considerando os ciclos III ao VI, ou seja, como são realizadas três safras por ano o ganho obtido foi de 10,32% ao ano. Considerando as melhores progênies dos ciclos 0 ao VI, Leite (2014) observou ganhos com a seleção de 3,17% em condições de campo e 3,8% em casa de vegetação.

2.5- Outros Caracteres de Importância no Melhoramento do Feijoeiro

Além da resistência a patógenos, o porte das plantas e o aspecto das sementes (tipo de grãos) devem ser levados em consideração para o melhoramento do feijoeiro.

2.5.1- Porte do Feijoeiro

O melhoramento para porte do feijoeiro tem sido voltado para áreas em que o feijão é produzido sob irrigação com pivôs centrais, pois as cultivares prostradas não permitem a colheita mecanizada, além de criar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, como o mofo branco (KOLMAN; KELLY, 2002). Cultivares com porte ereto tem sido preferidas pelos agricultores, pois além de permitirem a colheita mecanizada e diminuírem a incidência de doenças, devido a melhor circulação de ar entre as plantas que promovem condições menos favoráveis ao patógeno, facilitam os tratos culturais e melhoram a qualidade dos grãos, pois suas vagens não tocam o solo.

O porte é um caráter complexo, no qual, um conjunto de características contribui para que a planta seja ereta ou prostrada, como altura da planta, hábito de florescimento, comprimento da haste principal, número e comprimento dos

entrenós na haste principal, número e ângulo de ramificações que se iniciam na haste principal, distribuição das vagens na planta, tamanho dos grãos, diâmetro do hipocótilo, *Stay Green* e hábito de crescimento (SANTOS; GAVILANES, 2006).

As cultivares são classificadas em quatro tipos de hábito de crescimento: I, II, III e IV. As cultivares do tipo I possuem hábito de crescimento determinado, arbustivo, com ramificações eretas e fechadas e possuem internódios mais curtos; tipo II, hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, o caule é ereto, as ramificações são mais fechadas e em menor número e apresentam guia curta; tipo III, hábito de crescimento indeterminado, prostrado ou semiprostrado com ramificações bem desenvolvidas abertas e guia longa; e tipo IV, hábito de crescimento indeterminado e com grande capacidade trepadora e forte dominância apical (VIEIRA et al., 2005).

O porte é bastante influenciado pelo ambiente, onde altas temperaturas e elevada umidade contribuem para que as plantas tornem-se mais acamadas. Collicchio, Ramalho e Abreu (1997), ao avaliarem a arquitetura de plantas na safra das “águas”, verificaram um aumento nas notas atribuídas a esta característica em relação às safras de “inverno” e da “seca”. Porém, estes resultados já eram esperados, uma vez que na safra das “águas” o feijoeiro apresenta maior crescimento vegetativo, fazendo com que as plantas acamem mais. Porém, segundo os autores, a avaliação de porte deve ser realizada na safra das águas, pois os genótipos que apresentaram bom desempenho nesta safra no mínimo apresentarão desempenho igual nas demais safras.

Collicchio, Ramalho e Abreu (1997) fizeram um estudo com o objetivo de verificar a existência de associação entre porte da planta e tamanho de grãos. Os autores observaram que não houve correlação entre o porte e o peso de cem sementes e que houve correlação positiva entre porte e produção, porém, esta foi de baixa magnitude, indicando assim ser possível selecionar plantas eretas com

qualquer tamanho de sementes e boa produtividade. Também com o objetivo de se obter estimativas da correlação entre porte e produtividade, Teixeira (1997) verificou que a maioria destas correlações foi significativamente diferente de zero, porém, de baixa magnitude, o que reforça inferir que é possível obter cultivares com porte ereto e boa produtividade.

O controle genético do porte é principalmente aditivo e a herdabilidade ao nível de planta individual é elevada, indicando a viabilidade de ganho com a seleção mesmo em geração como F₂ (MENDES, 2009). Koinange, Singh e Gepts (1996) verificaram que o controle genético do hábito de crescimento é realizado por um único gene, denominado *fin*, sendo o alelo dominante responsável pelo hábito indeterminado e o recessivo pelo determinado. Chavarro e Blair (2010) identificaram QTLs relacionados ao crescimento ereto do feijão próximos ao gene *fin*. Esse gene apresenta efeito pleiotrópico para hábito de crescimento, precocidade no florescimento, redução do número de nós e entrenós, e redução no número de vagens, além de também estar ligado ou ser pleiotrópico para tamanho de grãos e das folhas.

A seleção recorrente viabiliza a obtenção de linhagens com porte ereto, tipo de grão carioca e alta capacidade produtiva, mostrando que é possível a associação destes caracteres (CUNHA, 2005). Em trabalhos com a seleção recorrente, Pires (2013) e Leite (2014) obtiveram valores de 1,62% e 5,13%, respectivamente, para porte em feijoeiro.

O porte do feijoeiro é um caráter difícil de selecionar, principalmente em condições de alta umidade e temperatura e com alto teor de matéria orgânica no solo, pois nestas condições, a planta tende a vegetar mais, tornando-se facilmente prostradas (MENEZES JÚNIOR; RAMALHO; ABREU, 2008), com isso, deve-se tomar cuidado com a época de avaliação das linhagens, uma vez que a safra de avaliação pode interferir nos resultados obtidos.

2.5.2- Tipo de Grão

O tipo de grãos do feijoeiro tem sido um dos principais requisitos em um programa de melhoramento, pois é um dos principais limitantes na recomendação de novas cultivares sendo o mercado consumidor exigente, rejeitando grãos que estejam fora dos padrões comerciais.

Os grãos preferidos em grande parte do Brasil são do tipo carioca, que correspondem a aproximadamente 70% do feijão consumido no país (PEREIRA et al., 2012), possuindo tegumento de cor creme com rajas marrons e peso de 100 grãos variando de 23 a 25 g (RAMALHO; ABREU, 2006). Outros caracteres relacionados ao grão, tais como tamanho, forma, brilho e presença de halo também afetam a aceitação da cultivar. Portanto, o desafio dos melhoristas de feijão é desenvolver cultivares com boas características de interesses agrônomicos, porém associadas à qualidade visual, tecnológica e nutricional dos grãos.

O feijoeiro apresenta grande variabilidade para cor de grãos, dificultando o trabalho dos melhoristas. Tal variabilidade deve-se à complexa herança do caráter onde estão envolvidos mais de 20 genes na cor do tegumento com presença de interações epistáticas, de efeitos pleiotrópicos, alelismo múltiplo e de ligação gênica, fatores que têm dificultado o entendimento do controle genético da cor do tegumento (BASSETT, 2004). Estes fatos evidenciam as dificuldades em se obter linhagens com grãos cariocas atendendo a demanda do mercado nacional.

Este caráter é também muito influenciado pelo ambiente e pelas condições de manejo na colheita e pós-colheita. Após algum tempo de armazenamento a cor creme escurece, portanto, se as novas cultivares apresentarem uma cor mais escura do tegumento, serão confundidas com grãos velhos e dificilmente serão aceitas pelos consumidores, sendo assim, as

cultivares lançadas ao mercado nacional, devem possuir grãos na cor creme clara, bem como a tonalidade das rajas marrons (ARAÚJO; RAMALHO; ABREU, 2012).

Apesar da herança do caráter ser complexa, a herdabilidade em geral é elevada e normalmente não se observa interações por ambientes, o que facilita o trabalho do melhorista (RAMALHO; ABREU, 2006). Por essas razões a seleção do caráter em geral é praticada na fase inicial do programa de melhoramento, eliminando-se assim os tipos indesejáveis e reduzindo o excesso de genótipos a serem avaliados em gerações futuras.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Local

Os experimentos foram conduzidos na área experimental e em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras, situada no município de Lavras-MG.

3.2- Obtenção da população base (ciclo 0) e das populações dos ciclos VII, VIII e IX, do programa de seleção recorrente para resistência ao mofo branco em feijoeiro

O programa de seleção recorrente para resistência do feijoeiro ao mofo branco, iniciou-se na safra das águas de 2009/2010 com Carneiro (2012), na Universidade Federal de Lavras. Inicialmente foram realizados os intercruzamentos de 12 linhagens e / ou cultivares, sendo inserida no segundo ciclo a cultivar ESAL 550 (Tabela 1).

Tabela 1. Linhagens e cultivares com resistência fisiológica parcial ao mofo branco utilizadas na obtenção da população base no Programa de Seleção Recorrente para resistência ao mofo branco, com algumas de suas características.

| Cultivar/linhagem | Tipo/ peso 100 grãos (g) | Hábito de crescimento | Alelo- resistência à antracnose | Reação à mancha angular |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| 1-RP-2 | Carioca/25 | II | - | - |
| 2-MA-IV-18-266 | Carioca/23 | II | - | Resistente |
| 3-BRS – Cometa | Carioca/23 | II | - | - |
| 4-VC-16 | Carioca/25 | III | - | - |
| 5-BRSMG Majestoso | Carioca/25 | III | - | - |
| 6-CNFRJ10564 | Pintado/42 | I | - | - |
| 7-ESAL 550 | Jalo/45 | III | - | Intermediária |
| 8- BRSMG - Talismã | Carioca/22 | II | - | Suscetível |
| 9-RC2-G122-67 | Carioca/25 | II | Co-4 ² | Resistente |
| 10-RC2-G122-72 | Carioca/23 | II | Co-4 ² | Resistente |
| 11-RC1-ExRico-26 | Carioca/23 | II | - | Suscetível |
| 12-RC1-ExRico-97 | Carioca/20 | II | - | - |
| 13-A195 | Bege/54 | I | - | Resistente |

Todas as linhagens/cultivares possuem resistência fisiológica parcial ao mofo branco com destaque para a A195, fonte exótica de resistência, de origem andina e com sementes grandes em comparação com genótipos americanos (TERÁN; SINGH, 2008). As linhagens/cultivares de número 1 a 8 são adaptadas a região do Sul de Minas Gerais. As de número 9 a 12 são progênies derivadas de retrocruzamento em que o doador de alelos de resistência ao mofo branco foi a fonte G122 ou Ex Rico 23 e os genitores recorrentes foram as linhagens M20 ou Madrepérola. A linhagem G122 tem grãos grandes tipo pintado, possuindo níveis relativamente altos de resistência ao mofo branco e hábito de crescimento tipo I; a Ex Rico 23 tem grãos pequenos, brancos, hábito de crescimento tipo II e resistência fisiológica parcial ao mofo branco (SCHWARTZ; SINGH, TERÁN, 2013). Porém, as duas fontes de resistência não são adaptadas às regiões de cultivo de Minas Gerais. A M20 é portadora dos alelos de resistência à antracnose *Co-5* e *Co-4²*, tem resistência parcial à mancha angular, hábito de crescimento tipo II e grãos tipo carioca (SILVA; SANTOS; ABREU, 2006). A

Madrepérola possui o hábito de crescimento tipo III, tipo de grãos carioca, escurecimento tardio de grãos, além de apresentar resistência ao vírus do mosaico comum do feijão e alta produtividade.

Estas linhagens/cultivares foram intercruzadas no esquema dialelo circulante para obtenção das progênes dos ciclos 0, I, II, III, IV, V e VI. Os ciclos 0, I e II foram obtidos por Carneiro (2012) e os demais por Leite (2014). Dando continuidade aos trabalhos foram obtidos os ciclos VII, VIII e IX. No ciclo VII foram inseridas cinco novas fontes de alelos de resistência no processo de recombinação (1, 3, 5, 7 e 9), todas com resistência parcial ao mofo branco, além da retirada de três progênes de menor resistência que vinham sendo usadas até o ciclo VI (Tabela 2). A linhagem CNFC10722 além de ter exibido resistência ao mofo em inoculação, foi também avaliada em campo contaminado no município de Viçosa e apresentou resistência semelhante a uma das fontes de maior resistência, a linhagem A195. Portanto, além dessas cinco linhagens/cultivares, também foram utilizadas as 10 melhores progênes segregantes que geraram, cada uma o maior número de progênes resistentes nos ciclos anteriores, totalizando 15 linhagens/progênes que foram intercruzadas, avaliadas e selecionadas na geração S_0 (Tabela 2).

Tabela 2. Linhagens, cultivares e as melhores progênies segregantes remanescentes do ciclo anterior com resistência fisiológica parcial ao mofo branco utilizadas no inter cruzamento para obtenção do ciclo VII, com algumas de suas características.

| Progênie/linhagem | Tipo/ peso 100 grãos (g) | Hábito de crescimento | Alelo-resistência à antracnose | Reação à mancha angular |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1- RCII M20 x G122 | Carioca/24 | II | - | - |
| 2-Progênie segreg. | Carioca | II | <i>Co.4</i> ² | - |
| 3-OPNS x VC3-41 | Carioca | III | - | Suscetível |
| 4-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 5-EMB 9 | Carioca | II | - | - |
| 6-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 7-CNFC10722 | Carioca | II | - | Intermediária |
| 8-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 9-BRS Vereda | Rosinha/26 | II | <i>Co.5</i> | Intermediária |
| 10-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 11-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 12-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 13-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 14-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |
| 15-Progênie segreg. | Carioca | II | - | - |

3.3- Avaliação das progênies $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$

Para a seleção das plantas mais resistentes, em cada ciclo, as plantas S_0 foram inoculadas em duas hastes por planta e selecionadas antes do florescimento quanto à resistência ao mofo branco. Posteriormente, elas foram inter cruzadas para obtenção das sementes para os ciclos seguintes, utilizando-se o esquema dialelo circulante, já empregado nos ciclos iniciais. Também foram mantidas as sementes autofecundadas para obtenção das progênies $S_{0:1}$. As melhores progênies $S_{0:1}$ identificadas foram autofecundadas até a geração $S_{0:3}$ para estabelecer um maior nível de homozigose em seus locos, sendo selecionadas em cada geração as progênies mais resistentes nas gerações $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$, respectivamente. Em todos os

experimentos foram utilizadas como testemunhas as linhagens CNFC 9506, com resistência parcial ao mofo branco e Corujinha, suscetível a doença.

A seleção foi realizada em função da resistência ao mofo branco e posteriormente para tipo de grão e porte (Tabela 3), onde as progênies com grãos muito fora do padrão comercial foram eliminadas, mesmo que apresentassem níveis mais elevados de resistência, já que o objetivo do trabalho é obter progênies de feijoeiro com grãos do tipo carioca e resistentes ao mofo.

Os delineamentos, época de semeadura, tamanho das parcelas e caracteres avaliados estão apresentados na tabela 3.

Todos os experimentos de campo foram submetidos aos mesmos tratos culturais. Na semeadura, a adubação utilizada foi de 300 kg/ha do formulado 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O, respectivamente) e, em cobertura, aos 20 dias após a emergência, 150 kg/ha de sulfato de amônio. A irrigação foi realizada por aspersão e os demais tratos culturais foram os recomendados para a cultura do feijoeiro na região.

3.4- Avaliação das melhores progênies de cada ciclo

Foram também realizados experimentos no campo e na casa de vegetação a fim de estimar o progresso genético utilizando-se as melhores progênies de cada ciclo seletivo, incluindo aquelas obtidas em etapa anterior, ou seja, as progênies dos ciclos 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX.

Foram avaliadas as 64 melhores progênies dos nove ciclos seletivos, sendo cinco progênies dos ciclos 0, I, II e III, seis progênies do ciclo IV e sete progênies dos ciclos V, VI, VII, VIII e IX, além de três testemunhas comuns nos dois experimentos (CNFC9506, Corujinha e Cornell 605).

No experimento na casa de vegetação foram semeadas cinco sementes das progênies selecionadas em vasos plásticos de 2 litros, contendo a mistura

terra:areia:esterco bovino (3:1:1). As plantas foram irrigadas periodicamente e adubadas conforme recomendação para a cultura, sendo mantida umidade de cerca de 80%. Após a emergência, cada vaso foi mantido com três plantas. Já no experimento de campo, os tratamentos culturais foram semelhantes aos dos experimentos realizados para as progênies de cada geração. Todos os experimentos foram realizados no delineamento blocos completos casualizados com três repetições, sendo o experimento do campo composto por parcelas de duas linhas de dois metros.

Tabela 3. Delineamento experimental utilizado, época de semeadura, tamanho das parcelas, caracteres e locais avaliados em cada uma das gerações dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente e dos experimentos com todos os ciclos no campo e casa de vegetação.

| Ciclo | Geração | Delineamento | Época de Semeadura | Parcelas | Caracteres |
|-------|------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| VII | S _{0:1} | Látice simples 13 x 13 | Águas 2012/2013 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| VII | S _{0:2} | Látice triplo 10 x 10 | Secas 2013 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| VII | S _{0:3} | Látice triplo 5 x 5 | Inverno 2013 | Duas linhas de dois metros | Resistência/Porte/Grão |
| VIII | S _{0:1} | Látice simples 18 x 18 | Secas 2013 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| VIII | S _{0:2} | Látice triplo 10 x 10 | Inverno 2013 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| VIII | S _{0:3} | Látice triplo 5 x 5 | Secas 2014 | Duas linhas de dois metros | Resistência/Porte/Grão |
| IX | S _{0:1} | Látice simples 15 x 15 | Inverno 2013 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| IX | S _{0:2} | Látice triplo 9 x 9 | Águas 2013/2014 | Uma linha de um metro | Resistência/Porte/Grão |
| IX | S _{0:3} | Látice triplo 5 x 5 | Secas 2014 | Duas linhas de dois metros | Resistência/Porte/Grão |
| 0-IX | | DBC - 64 tratamentos | Campo - Inverno 2014 | Duas linhas de dois metros | Resistência |
| 0-IX | | DBC - 64 tratamentos | Casa de Vegetação - Inverno 2014 | Um vaso com três plantas | Resistência |

3.5- Preparo do inóculo e avaliação da resistência ao mofo branco

De cada cruzamento dos ciclos VII, VIII e IX foram avaliadas todas as plantas S_0 quanto à reação ao mofo branco, inoculando-se cada planta com o micélio do patógeno, utilizando-se uma ponteira plástica de micropipeta (*Straw test*) (PETZOLDT; DICKSON, 1996; TERÁN; SINGH, 2008). As plantas S_0 foram inoculados em dois ramos, ou seja, repetições dentro de mesma planta como sugerido por Terán e Singh (2008). Nas inoculações foi utilizado o isolado mais agressivo (UFLA 27) identificado por Silva (2013).

O fungo foi multiplicado em placas de Petri contendo meio de batata-dextrose-ágar (BDA), adicionado de cloranfenicol, na proporção de uma gota do antibiótico/100ml de meio BDA e mantido em BOD, a $20\pm 3^\circ\text{C}$, por três dias. O inóculo foi multiplicado mais uma vez, a fim de obter maior uniformidade, também em BOD, a $20\pm 3^\circ\text{C}$, por sete dias e fotoperíodo de 12 horas. Três dias após a segunda multiplicação, foram utilizadas ponteiras eppendorf com disco de ágar contendo micélio, para inocular plantas entre a terceira e quinta semana de idade. Para a inoculação, foi realizado um corte a cerca de 2,5cm do nó onde foi inserida a ponteira com o disco de meio de cultura com o micélio do patógeno. Seis a oito dias após a inoculação foi realizado a avaliação da reação do feijão ao mofo branco por meio de uma escala de diagramática de 1 a 9 (SINGH, 2009), em que: 1 - plantas sem sintomas; 2 - invasão do fungo além do sítio de inoculação; 3 - invasão do fungo próximo ao primeiro nó; 4 - quando o fungo atinge o primeiro nó; 5 - invasão do fungo além do primeiro nó; 6 - invasão do fungo próximo ao segundo nó; 7 - quando o fungo atinge o segundo nó; 8 - invasão do fungo além do segundo nó e 9 - morte da planta.

A avaliação e seleção de plantas nas populações S_0 de cada ciclo foram feitas antes do florescimento e as progênies foram selecionadas a partir da nota média das duas inoculações por planta. As plantas selecionadas foram

intercruzadas no esquema circulante como nos ciclos anteriores. Os cruzamentos foram realizados em condições normais de cultivo em campo, acelerando assim o processo de seleção recorrente, uma vez que cada ciclo foi obtido em uma safra, e como no sul de Minas Gerais há três safras no ano, foi possível avaliar três ciclos no ano.

Para a avaliação das progênies nas gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$ e das progênies avaliadas nos experimentos com todos os ciclos, foi utilizado o mesmo procedimento, porém, a inoculação foi apenas em um ramo por planta, em 10 plantas por parcela e na casa de vegetação em três plantas por vaso.

3.6- Avaliação do porte

As avaliações do porte foram realizadas utilizando-se uma escala diagramática de 1 a 9, conforme Mendes et al. (2009). Nesta, a nota 9 - refere-se a plantas de hábito tipo I ou II, eretas, com uma haste e alta inserção das primeiras vagens; 8 - plantas com hábito I ou II, eretas e com guia curta; 7 - plantas com hábito I ou II, eretas e com algumas ramificações; 6 - plantas de hábito I ou II, eretas e com algumas guias longas; 5 - plantas de hábito II ou III, eretas, com muitas ramificações e tendência a prostrar; 4 - plantas de hábito II ou III, semieretas e pouco prostradas; 3 - plantas de hábito III, semieretas e mediamente prostradas; 2 - plantas de hábito III e prostrada; e a nota 1 à planta do tipo III, com entrenós longos e completamente prostrada.

3.7- Avaliação do tipo de grão

Nas avaliações para tipo de grãos, foi utilizado o tipo “Carioca” como padrão, que consiste em grãos de coloração creme-clara, rajas marrom-claro,

halo creme, tamanho médio com peso de 100 sementes de 23 a 25g e não achatados.

As avaliações para tipo de grãos foram realizadas utilizando-se uma escala diagramática de 1 a 5 (RAMALHO; PIROLA; ABREU, 1998). Nesta, a nota 1 refere-se ao grão típico carioca, de cor creme com estrias marrom-claras, fundo claro, halo creme, peso médio de 100 sementes de 23 a 25g e não achatado; nota 2 ao grão tipo carioca com deficiência em uma das características mencionadas no padrão; nota 3 ao grão tipo carioca com deficiência em duas características mencionadas no padrão; nota 4 ao grão tipo carioca com deficiência em características mencionadas no padrão e nota 5, refere-se ao grão de cor creme com estrias marrom-escuras, fundo escuro, com halo não creme, peso médio de 100 sementes menor que 23g e achatado.

3.8- Análise genético-estatísticas

3.8.1- Análise sequencial das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$

Para a análise sequencial das gerações foram consideradas todas as informações obtidas durante todo o ciclo de seleção recorrente. Para tal, os efeitos de tratamentos, blocos dentro de repetições dentro de gerações, interação progênies x gerações e o erro foram considerados aleatórios e os efeitos de repetições, gerações e a média como fixos. Dentro do efeito de gerações já está embutido o efeito de safras, pois, os experimentos com as diferentes gerações ocorreram em diferentes safras.

O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + r_{j(k)} + a_k + b_{l(jk)} + (pa)_{ik} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} : refere-se à observação obtida do tratamento i , no bloco l , dentro da repetição j , dentro da geração k ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito aleatório da progênie i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j dentro da geração k , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

a_k : efeito da geração k , sendo $k = 1, 2$ e 3 ;

$b_{l(jk)}$: efeito aleatório do bloco l , dentro da repetição j dentro da geração k ;

$(pa)_{ik}$: efeito aleatório da interação entre a progênie i e a geração k ;

e_{ijkl} : erro médio associado à observação Y_{ijkl} .

3.8.2- Avaliação das melhores progênies de cada ciclo

As análises individuais dos experimentos realizados no campo e na casa de vegetação, com as melhores progênies de cada ciclo foram realizadas considerando todos os efeitos como fixos, exceto o erro, adotando-se o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + r_j + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : é a observação obtida do tratamento i , na repetição j ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito fixo de tratamentos i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n$;

r_j : efeito da repetição j , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

e_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Para as análises conjuntas dos experimentos realizados no campo e na casa de vegetação todos os efeitos foram considerados fixos, exceto o erro experimental, adotando-se ao seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + r_{j(k)} + a_k + (pa)_{ik} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : é a observação obtida do tratamento i , na repetição j , dentro do ambiente k ;

μ : média geral do experimento;

p_i : efeito fixo de tratamentos da progênie i , sendo $i = 1, 2, 3, \dots, n$,

r_j : efeito da repetição j , sendo $j = 1, 2$ e 3 ;

a_k : efeito do ambiente k , sendo $k = 1$ e 2 ;

$(pa)_{ik}$: efeito da interação entre o tratamento i e o ambiente k ;

e_{ijk} : erro experimental associado à observação Y_{ijk} .

As análises de variância foram realizadas utilizando-se o PROC MIXED, método TYPE III, do programa SAS 9.0. (Statistical Analysis System Institute – SAS, 2007)

3.8.3- Estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos

As esperanças dos quadrados médios, $E(QM)$, das análises de variância sequencial, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Esquema das análises de variância sequencial das gerações $S_{0.1}$, $S_{0.2}$ e $S_{0.3}$ nos ciclos de seleção CVII, CVIII e CIX com as respectivas esperanças dos quadrados médios – E(QM).

| Análises sequenciais | | |
|------------------------|----|--|
| Gerações (G) | | |
| Tratamentos | | |
| Progênes (P) | Q3 | $\sigma_e^2 + r\sigma_{G \times P}^2 + lr\sigma_p^2$ |
| Testemunhas (T) | | |
| P vs. T | | |
| Gerações x Tratamentos | | |
| G x P | Q4 | $\sigma_e^2 + r\sigma_{G \times P}^2$ |
| G x T | | |
| G x P vs. T | | |
| Erro médio | Q5 | σ_e^2 |

σ_e^2 : variância do erro ; $\sigma_{G \times P}^2$: variância da interação progênes x gerações; σ_p^2 : variância genética entre as progênes

A partir das esperanças dos quadrados médios foram estimadas a variância genética (σ_G^2), a variância fenotípica (σ_F^2), variância da interação entre as médias das progênes x gerações (σ_{GP}^2) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) pelos seguintes estimadores.

Variância genética entre as médias das progênes:

$$\sigma_G^2 = (Q_3 - Q_4)/l\bar{r}, \text{ para as análises conjuntas}$$

em que:

Q_3 : quadrado médio de progênes

Q_4 : quadrado médio da interação progênes x gerações

\bar{r} : média harmônica do número de repetições

l: número de gerações

Variância fenotípica entre as médias das progênes:

$$\sigma_F^2 = Q_3 / l\bar{r}$$

Variância da interação progênes x gerações:

$$\sigma_{P \times G}^2 = \frac{(Q_4 - Q_5)}{\bar{r}}$$

em que:

Q_5 : quadrado médio do erro

Herdabilidade h^2 (%) no sentido amplo:

$$h^2 = \frac{Q_3 - Q_4}{Q_3} \times 100$$

Para determinar os intervalos de confiança para as estimativas da herdabilidade, foram obtidos os limites inferiores (LI) e superiores (LS) das estimativas de h^2 , de acordo com as expressões apresentadas por Knapp, Stroup e Ross (1985):

$$LI = 1 - \left[\left(\frac{Q_3}{Q_4} \right) F_{(1-\alpha/2)} \right]^{-1} \quad LS = 1 - \left[\left(\frac{Q_3}{Q_4} \right) F_{(\alpha/2)} \right]^{-1}$$

em que:

F: valor tabelado da distribuição F de Snedecor a partir dos graus de liberdade de tratamentos (gl_1) e da interação progênes x gerações (gl_2) e do nível de significância ($\alpha=0,05$).

Foi estimada ainda a acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}), para as características avaliadas utilizando a seguinte expressão de (RESENDE; DUARTE, 2007)

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

Em que:

F: valor do teste F de Snedecor para o efeito de progênies associado à anava.

3.8.4- Estimativa do progresso genético

Foi estimado o progresso genético obtido com os ciclos de seleção recorrente para os caracteres avaliados utilizando-se as metodologias descritas a seguir.

3.8.4.1- Médias das progênies dos ciclos VII, VIII e IX

O progresso genético foi estimado a partir das médias obtidas em cada geração dentro de cada ciclo (VII, VIII e IX), obtidas pelas análises sequenciais das três gerações.

Inicialmente foi obtido o desvio genético das médias das progênies em relação à testemunha para os três caracteres avaliados, visando atenuar o efeito ambiental uma vez que as progênies foram avaliadas em anos e safras diferentes. Para a estimativa do desvio genético para resistência ao mofo branco usou-se a média da linhagem suscetível, “Corujinha”, onde d_{gi} = (Média da Corujinha no ciclo i – média das progênies no ciclo i). Para tipo de grão, a média da linhagem “CNFC9506”, onde d_{gi} = (Média da CNFC9506 no ciclo i – média das progênies no ciclo i). Para porte usou-se a média destas duas linhagens, onde d_{gi} = (Média das duas linhagens no ciclo i – média das progênies no ciclo i). Posteriormente,

foi obtida a equação de regressão linear entre o número de ciclos, variável independente (x), e o desvio genético, variável dependente (y). O Progresso Genético (PG) percentual foi obtido pelo seguinte estimador:

$$PG = \left(\frac{b_1}{\bar{X}_{CVII}} \right) * 100$$

Em que:

b_1 é o coeficiente angular estimado ou ganho absoluto

\bar{X}_{CVII} média das progênes do CVII.

3.8.4.2- Média das melhores progênes identificadas nos ciclos 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX

Nesta metodologia, foram utilizadas as melhores progênes obtidas desde os ciclos iniciais (C0-CIX) para a estimativa do progresso genético.

Os dados obtidos nesses experimentos foram submetidos às análises de variância individual e conjunta, utilizando os mesmos modelos descritos anteriormente, considerando o efeito de tratamentos como fixo.

A partir das notas médias de reação ao mofo branco das progênes selecionadas de cada ciclo de seleção recorrente em cada experimento e na média dos experimentos, foi obtida a equação de regressão linear considerando o número de ciclos como variável independente (x) e notas como variável dependente (y) nas equações de regressão. O progresso genético porcentual foi obtido pela expressão:

$$PG (\%) = (b_1/b_0) \times 100$$

Onde:

b_1 é o coeficiente angular estimado ou ganho absoluto

b_0 é o valor fenotípico médio no ciclo zero (C0).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Avaliação da Resistência ao Mofo Branco

Na tabela 5 estão apresentados os resultados da análise de variância sequencial dos tratamentos das gerações $S_{0:1}$, $S_{0:2}$ e $S_{0:3}$, dos ciclos VII, VIII e IX. Nota-se que os experimentos foram conduzidos com moderada a boa precisão experimental, com estimativas de acurácia seletiva superiores a 55%. Foi possível detectar diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os tratamentos e as médias das progênes quanto a resistência ao patógeno, indicando que as progênes avaliadas devem possuir diferentes alelos de resistência, ou variabilidade para o caráter e a possibilidade de sucesso com a seleção de progênes superiores. A acurácia seletiva refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado a partir das informações dos experimentos. Segundo Resende e Duarte (2007) estimativas superiores a 70% indicam alta precisão experimental. Estes resultados estão de acordo com os encontrados na literatura, onde Carneiro (2012) encontrou valores de acurácia seletiva variando de 66 a 78%.

Foi detectada diferença significativa entre as gerações em todos os ciclos. Neste contexto, é importante enfatizar que o efeito de gerações é confundido com o efeito de safras, já que as gerações foram avaliadas em épocas diferentes. Estes resultados estão de acordo com Leite (2014), evidenciando que a safra que será avaliada a resistência ao mofo branco pode influenciar nos resultados e na seleção de progênes finais, mostrando a interação do patógeno com o ambiente, no caso com as safras.

Apenas no ciclo CVII foi possível detectar diferenças significativas entre as testemunhas Corujinha e CNFC9506. Uma das hipóteses para o resultado encontrado, é o efeito do ambiente e das safras de avaliação

influenciando na agressividade do isolado usado e também pode estar ocorrendo mudança na virulência do patógeno com as sucessivas repicagens. É importante mencionar que após cada inoculação o isolado produzia escleródio na placa de petri, o qual era usado para a produção do inóculo na safra seguinte. O contraste testemunha versus progênes foi significativo nos ciclos VII e VIII, indicando a existência de diferentes níveis de resistência ao mofo branco entre a média das testemunhas e das progênes avaliadas.

No ciclo VII houve interação progênes x gerações significativa. Como o efeito de gerações confunde-se com o efeito de ambiente (safra), pode ocorrer uma sensibilidade do isolado em expressar sua agressividade às diferentes condições ambientais, como variações de temperatura e umidade (LEHNER et al., 2013; OTTO-HANSON et al., 2011; ANTÔNIO, 2011; TERÁN; SINGH, 2008), podendo justificar a presença da interação neste ciclo. Já nos demais ciclos, não houve significância desta fonte de variação, indicando que as progênes se comportaram de maneira consistente ao longo das gerações e que a seleção das progênes já seria eficiente se feita nas gerações iniciais.

Tabela 5. Análise de variância sequencial das gerações $S_{0,1}$, $S_{0,2}$ e $S_{0,3}$ dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para resistência ao mofo branco.

| Fonte de Variação | CVII | | | CVIII | | | CIX | | |
|----------------------|------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-----|----------------------|-------|
| | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% |
| Geração | 2 | 232,7554** | | 2 | 7,6713** | | 2 | 114,4781** | |
| Rep(Geração) | 5 | 2,9295** | | 5 | 7,3387** | | 5 | 2,6843 ^{NS} | |
| Bloco(Geração*Rep) | 63 | 0,4632** | | 73 | 0,8158** | | 64 | 0,9003** | |
| Tratamentos (Trat) | 168 | 0,6886** | 63,62 | 323 | 0,5734** | 60,59 | 224 | 0,7044** | 75,31 |
| Progênes | 166 | 0,6110** | 58,12 | 321 | 0,5407** | 55,71 | 222 | 0,6810** | 75,18 |
| Testemunhas | 1 | 2,0912* | | 1 | 0,3606 ^{NS} | | 1 | 0,1839 ^{NS} | |
| Test vs Prog | 1 | 4,0112** | | 1 | 3,8762** | | 1 | 0,9936 ^{NS} | |
| Geração*Trat | 123 | 0,4253** | | 123 | 0,3648 ^{NS} | | 103 | 0,3077 ^{NS} | |
| Geração*Prog | 119 | 0,4174** | | 119 | 0,3756 ^{NS} | | 99 | 0,2966 ^{NS} | |
| Geração*Test | 2 | 0,4716 ^{NS} | | 2 | 0,1164 ^{NS} | | 2 | 0,1898 ^{NS} | |
| Geração*Prog vs Test | 2 | 1,3106* | | 2 | 0,6348 ^{NS} | | 2 | 0,4775 ^{NS} | |
| Erro | 338 | 0,2573 | | 494 | 0,3514 | | 357 | 0,2835 | |
| Média | | 3,7752 | | | 4,2872 | | | 3,6351 | |

*, **: Significativo a 5% e a 1% de Probabilidade; ^{NS}: Não Significativo pelo teste F.

Na tabela 6 estão apresentados os resultados das estimativas dos parâmetros genéticos e fenótipos. As estimativas da herdabilidade foram moderadas, variando de 30 a 56%. As estimativas dos limites inferiores da herdabilidade em todos os casos foram positivas, indicando que, com 95% de probabilidade, as estimativas devem ser diferentes de zero. Os resultados obtidos estão superiores aos encontrados por Park et. al (2001), que observaram herdabilidade relativamente baixas, com valores de 23% e 24% em trabalhos com *straw test* em casa de vegetação. Antônio (2011), em avaliações de progênies F_{2:3} e F_{2:4} em campo, encontrou herdabilidades de 55,81% e 72,33%, respectivamente. Já Souza (2014) encontrou herdabilidade de 52% em avaliações em campo e Lara (2013) de 40,38%. Miklas et al. (2001a) e Miklas, Delorme e Riley (2003) obtiveram herdabilidades de 73 e 62% em avaliações em casa de vegetação e no campo. Leite (2014) em avaliações em condições de campo observou valores de herdabilidade variando entre 60 a 86%. As flutuações observadas para as estimativas da herdabilidade deve-se, em parte, a grande influência do ambiente para o caráter e da interação das progênies com o ambiente (LEITE, 2014; ANTÔNIO, 2011; TERÁN; SINGH, 2008).

Tabela 6. Estimativa da variância genética (σ^2_G), variância fenotípica (σ^2_F), variância da interação entre as médias das progênies x gerações ($\sigma^2_{G \times P}$) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para resistência ao mofo branco.

| Ciclo | σ^2_G | σ^2_F | $\sigma^2_{G \times P}$ | h^2 | LI | LS |
|-------|--------------|--------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| VII | 0,0251 | 0,0792 | 0,0622 | 0,3169 | 0,0501 | 0,5133 |
| VIII | 0,0214 | 0,0701 | 0,0094 | 0,3053 | 0,0733 | 0,4900 |
| IX | 0,0498 | 0,0883 | 0,0051 | 0,5645 | 0,3969 | 0,6923 |

É necessário verificar periodicamente se a seleção recorrente está sendo eficiente, para isso estima-se o progresso genético com a seleção, permitindo aos

melhoristas avaliarem os progressos já obtidos e decidirem sobre a necessidade de alteração em procedimentos futuros. As estimativas para o progresso genético para resistência ao mofo branco foram obtidas utilizando-se os desvios genéticos das médias das progênes de cada ciclo em relação à testemunha suscetível Corujinha, visando atenuar o efeito de safras das avaliações (Tabela 7).

Tabela 7. Médias gerais das progênes e da testemunha Corujinha, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para resistência ao mofo branco.

| Ciclo | Média das progênes | Média da Corujinha | d_G |
|-----------|--------------------|--------------------|---------|
| 7 | 3,7752 | 5,4603 | 1,6851 |
| 8 | 4,2872 | 4,8397 | 0,5525 |
| 9 | 3,6351 | 4,6168 | 0,9817 |
| b_0 | 4,4596 | | 3,8867 |
| b_1 | -0,0701 | | -0,3517 |
| R^2 (%) | 4,16 | | 37,83% |
| PG(%) | -1,8555 | | -9,316 |

Notas: 1-9; 1-Resistente e 9- Suscetível.

Verificou-se que mesmo com a correção das médias em relação a testemunha, a estimativa do coeficiente de regressão linear (b_1) não foi diferente de zero ($b_1=-0,3517$). O coeficiente de determinação (R^2) foi de 37,83%, indicando que os desvios das notas de resistência não estão se ajustando adequadamente à equação de regressão linear. Observa-se que o desvio genético da média das progênes em relação à média da testemunha suscetível decresceu no ciclo VIII e aumentou no ciclo IX, com isso não foi possível observar progresso genético considerando os três ciclos seletivos simultaneamente, já que este desvio genético deveria estar aumentando e o coeficiente de regressão linear (b_1) deveria ser positivo. Entretanto, considerando apenas as médias das progênes dos três ciclos, foi possível observar progresso genético de -1,85% no

sentido de reduzir a incidência da doença. É provável que a correção das médias em relação a testemunha não foi eficiente na estimativa do progresso genético, principalmente porque a reação média das progênies nos três ciclos é resultado de avaliação em duas ou três safras. Além disso, houve coincidência de safras entre as gerações dos três ciclos avaliados, não atenuando adequadamente os efeitos ambientais (Tabela 3).

Nota-se que a média da testemunha suscetível está decrescendo, dificultando a possibilidade de obtenção de ganho na média das progênies em relação a média da testemunha, podendo estar influenciando no progresso genético. Este fato também foi observado por Leite (2014), que observou médias para a testemunha Corujinha de 5,180; 5,039; 4,705 e 4,728, para os ciclos III, IV, V e VI, respectivamente. Essa redução da média da testemunha deveu-se provavelmente à perda de agressividade dos isolados utilizados.

Além disso, como em todas as gerações são selecionados genótipos resistentes e com grão tipo carioca, pode estar ocorrendo um aumento na média dos genótipos selecionados, uma vez que os indivíduos de maior resistência que possuem grãos fora do padrão carioca foram eliminados.

Suspeita-se do patógeno estar perdendo agressividade com o decorrer das safras, porque as repicagens foram feitas a partir de escleródios formados na placa de petri. Entretanto, Souza (2009) verificou que a agressividade de isolados a partir de 10 repicagens, não se alterou significativamente, apenas houve uma leve tendência de redução e recomendou que a obtenção do inóculo seja feita com apenas duas gerações de multiplicação do fungo a partir de escleródios. No entanto, a autora realizou as repicagens a partir de micélios, não utilizando escleródios. Carneiro (2012) identificou o Isolado 4, oriundo de Goiânia como o mais agressivo em avaliações em campo. Já Silva (2013) identificou o mesmo isolado como o menos agressivo, indicando diferença de

agressividade entre os dois trabalhos. Portanto, a melhor forma de repicagem do patógeno seria a coleta dos escleródios em plantas contaminadas.

A partir do ciclo VII houve uma mudança de isolado nas inoculações, onde passou-se a utilizar o mais agressivo identificado por Silva (2013), UFLA 27, podendo também ter contribuído para a seleção das progênies mais resistentes, conseqüentemente, influenciando no ganho genético. Entretanto, o seu uso nos ciclos VIII e IX, a partir de repicagens sucessivas a partir de escleródios produzidos na placa de petri, pode também ter contribuído para redução de agressividade do mesmo, tornando-o menos eficiente para discriminar os genótipos (YAN e FALK, 2002).

Outro aspecto a ser considerado é que as cinco novas cultivares utilizadas no intercruzamento para obter a população base do ciclo VII, geraram progênies F_1 menos segregantes. Isso porque essas progênies vieram do cruzamento de populações segregantes do ciclo anterior com as linhagens. Além disso, essas progênies S_0 do Ciclo VII certamente tinha maior proporção de locos heterozigóticos, o que pode ter contribuído para o nível ligeiramente maior de resistência das plantas e progênies selecionadas nesse ciclo. Já no ciclo VIII, a população S_0 era constituída de 15 progênies derivadas do cruzamento das populações F_1 do ciclo VII, portanto, mais heterogênea. Depreende-se assim, que as cinco novas cultivares/linhagens introduzidas, apesar de terem um pequeno nível de resistência, certamente contribuíram para reduzir o nível geral de resistência já atingido no ciclo VI, além do fato que estas linhagens foram avaliadas em campos com incidência natural, condição diferente da obtida neste trabalho. Portanto, embora as cinco linhagens devam ser fontes de novos alelos de resistência, assim que introduzidas elas devem ter contribuído para redução da frequência média de alelos de resistência da população. É possível observar que no ciclo IX há uma redução na média das progênies, indicando ganho com a seleção, apesar da introdução destas novas fontes de resistência.

Note na tabela 3 que foi selecionado um número de progênies muito superior na população S_0 do ciclo VIII, 322, quase o dobro do número selecionado na população S_0 do ciclo VII, 167. Esse grande número, não só permitiu explorar mais a variabilidade, como também incluiu um número maior de progênies mais suscetíveis e pode ter contribuído para reduzir a média desse ciclo, aliado à maior dificuldade de inoculação e avaliação de grande número de progênies. Porém, observa-se na Tabela 7 que a média geral das progênies do ciclo IX foi igual às do ciclo VII ou até mesmo com maior nível de resistência, indicando que a seleção recorrente vem sendo eficiente para aumentar gradativamente a resistência, o que não transpareceu quando se consideraram os ciclos de VII ao IX.

Na literatura são encontrados ganhos genéticos significativos para resistência ao mofo branco na cultura do feijoeiro. Leite (2014) relatou progresso genético de 3,7% por ciclo de seleção e de 11,1% ao ano, considerando quatro ciclos de seleção recorrente. Téran e Singh (2010a, 2010b) obtiveram ganhos genéticos variando de 5 a 12% em duas populações diferentes. Lyon, Dickson e Hunter (1987) mostraram ganho de 31% após três ciclos de seleção recorrente, porém, estes autores utilizaram genótipos de pool gênico secundário para os inter cruzamentos, utilizando cruzamentos interespecíficos entre *Phaseolus vulgaris* e *Phaseolus coccineus* onde os níveis de resistência são maiores, possibilitando a obtenção de maiores ganhos.

Na tabela 8 estão apresentados os resultados na análise de variância dos experimentos de avaliação das melhores progênies dos ciclos 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX, nota-se que estes foram conduzidos com alta precisão experimental, com valores de acurácia seletiva superiores a 70%.

Tabela 8. Análise de variância para resistência ao mofo branco das progênes selecionadas nos ciclos C0-CIX no campo e na casa de vegetação.

| Fonte de Variação | Campo | | | Casa de Vegetação | | |
|---------------------|-------|----------------------|-------|-------------------|----------------------|-------|
| | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% |
| Blocos | 2 | 1,3010* | | 2 | 0,2478 ^{NS} | |
| Tratamentos | 63 | 1,7084** | 90.29 | 63 | 2,2224** | 79,26 |
| Tratamentos(Grupos) | 53 | 0,8716** | 79.85 | 53 | 2,1315** | 78,26 |
| Progênes(Ciclo) | 51 | 0,6298** | 70.61 | 51 | 2,1064** | 77,96 |
| Prog dentro de C0 | 4 | 0,7989* | | 4 | 1,3797 ^{NS} | |
| Prog dentro de C1 | 4 | 0,8716* | | 4 | 4,0896** | |
| Prog dentro de C2 | 4 | 1,2663** | | 4 | 2,6025* | |
| Prog dentro de C3 | 4 | 0,7326 ^{NS} | | 4 | 2,2968* | |
| Prog dentro de C4 | 5 | 0,3631 ^{NS} | | 5 | 3,4452** | |
| Prog dentro de C5 | 6 | 0,5052 ^{NS} | | 6 | 1,8672* | |
| Prog dentro de C6 | 6 | 0,1452 ^{NS} | | 6 | 1,8837* | |
| Prog dentro de C7 | 6 | 0,5810 ^{NS} | | 6 | 1,6276 ^{NS} | |
| Prog dentro de C8 | 6 | 1,0674** | | 6 | 1,9085* | |
| Prog dentro de C9 | 6 | 0,3063 ^{NS} | | 6 | 0,8344 ^{NS} | |
| Testemunhas | 2 | 7,0644** | | 2 | 2,8256* | |
| Grupos | 10 | 6,1391** | | 10 | 2,6355** | |
| Test vs Ciclos | 1 | 8,5518** | | 1 | 10,9719** | |
| Entre Ciclos | 9 | 5,7444** | | 9 | 1,6524* | |
| Erro | 126 | 0,3158 | | 118 | 0,8262 | |

*, **: Significativo a 5% e a 1% de Probabilidade; ^{NS}: Não Significativo pelo teste F.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos e as progênes (ciclo) nos dois experimentos. Também foi possível observar diferenças significativas entre os grupos e entre os ciclos nos dois experimentos. No experimento conduzido em campo, houve diferenças significativas entre progênes dentro dos ciclos C0, C1, C2 e C8 e na casa de vegetação entre

progênies dentro dos ciclos CI, CII, CIII, CIV, CV, CVII e CVIII, indicando que, estas progênies podem possuir diferentes alelos de resistência. Em todos os experimentos houve diferença significativa entre as testemunhas, sugerindo que as mesmas possuem diferentes níveis de resistência ao patógeno. Nota-se diferença significativa também entre as médias das testemunhas e as médias dos ciclos de seleção recorrente (Test vs Ciclos), indicando que há ciclos de seleção em que as progênies superam as testemunhas, ou seja, são mais resistentes que as testemunhas.

Na tabela 9 está apresentado o resumo da análise de variância conjunta para os experimentos conduzidos no campo e na casa de vegetação. Observa-se alta precisão experimental, com valores de acurácia seletiva superiores a 80%.

Houve diferenças significativas entre os experimentos de campo e de casa de vegetação, entre ciclos e a presença de interação experimentos x ciclos. A interação significativa deve-se ao fato das condições ambientais serem diferentes entre os dois experimentos, além do fato que diferentes genes podem controlar a resistência em casa de vegetação e em campo e também que a agressividade do isolado pode ter sido diferente nos dois ambientes. Observou-se diferenças significativas entre as progênies, progênies dentro dos ciclos CI, CII, CIII, CIV, CV e CVII e entre as testemunhas. Notou-se que nos ciclos CVIII e CIX não houve diferenças entre as progênies dentro destes ciclos. Entretanto, nota-se que a média das sete progênies do ciclo IX foi semelhante a uma das fontes considerada de maior resistência, a Cornell 605 e portanto, mostrando que a seleção recorrente recuperou o ganho do ciclo VIII para o IX (Tabela 10).

Tabela 9. Análise de variância conjunta para resistência ao mofo branco em experimentos com as melhores progênies dos ciclos C0-C1X, no campo e na casa de vegetação e correlação genética entre as médias das progênies.

| Fonte de Variação | GL | QM | rgg% |
|--------------------------|-----------|----------------------|-------------|
| Experimentos | 1 | 12,4953** | |
| Rep(exp) | 4 | 0,7707 ^{NS} | |
| Tratamentos | 63 | 2,7567** | 89,21 |
| Tratamento(grupos) | 53 | 1,8678** | 83,59 |
| Progênie (prog) | 51 | 1,5874** | 80,34 |
| Prog dentro de C0 | 4 | 0,3263 ^{NS} | |
| Prog dentro de C1 | 4 | 2,9255** | |
| Prog dentro de C2 | 4 | 3,1561** | |
| Prog dentro de C3 | 4 | 2,7398** | |
| Prog dentro de C4 | 5 | 2,6554** | |
| Prog dentro de C5 | 6 | 1,5415* | |
| Prog dentro de C6 | 6 | 0,8776 ^{NS} | |
| Prog dentro de C7 | 6 | 1,2039* | |
| Prog dentro de C8 | 6 | 1,1702 ^{NS} | |
| Prog dentro de C9 | 6 | 0,3881 ^{NS} | |
| Testemunhas | 2 | 9,0184** | |
| Grupos | 10 | 7,3925** | |
| Test vs Ciclos | 1 | 19,4434** | |
| Entre Ciclos | 9 | 5,8679** | |
| Tratamentos*Experimentos | 63 | 1,1702** | |
| Exp*trat(grupo) | 53 | 1,1533** | |
| Exp*grupo | 10 | 1,2939* | |
| Exp x (Test vs Ciclos) | 1 | 0,0787 ^{NS} | |
| Exp x Entre Ciclos | 9 | 1,4346** | |
| Erro | 244 | 0,5626 | |
| Correlação Genética | | 0,7634 | |

*, **: Significativo a 5% e a 1% de Probabilidade; ^{NS}: Não Significativo pelo teste F.

Para a avaliação em casa de vegetação ser útil em um programa de melhoramento para resistência ao mofo branco, ela deve ser altamente correlacionada com as avaliações em campo. Uma vez que a alta correlação entre os dois testes indicaria a possibilidade de selecionar genótipos resistentes em avaliações na casa de vegetação, que posteriormente também apresentariam resistência ao patógeno em condições de campo. Neste sentido, foi possível observar alta correlação genética entre os dois experimentos (casa de vegetação e campo experimental, (Tabela 9)) e constatar que a acentuada interação experimentos por progênies se deveu principalmente a diferença de variabilidade das progênies nos dois ambientes. Resultado semelhante foi observado por Leite (2014), que encontrou correlação genética de 0,80 nas duas avaliações, reforçando mais uma vez a natureza horizontal da resistência do feijão ao mofo branco (PARLEVLIET, 1981). Contudo, na literatura tem sido encontrados resultados diferentes, pois Soule et al. (2011) encontraram baixas correlações entre os dois ambientes. Segundo os autores, a baixa correlação deve-se ao fato de que a resistência fisiológica no campo poder ser confundida com outras características que reduzem a incidência da doença, como plantas com porte mais ereto que permite maior circulação do ar, enquanto que as avaliações em casa de vegetação detectam a resistência em condições mais uniformes, sem interferência ambiental. Porém, no presente trabalho esse confundimento certamente não ocorreu, pois foi utilizado o straw test nas duas avaliações que considera essencialmente a resistência fisiológica.

O progresso genético foi estimado considerando as melhores progênies dos ciclos C0 a CIX, para a resistência ao mofo branco. Nas avaliações em campo o progresso genético estimado foi de -3,27% por ciclo, podendo ser considerado expressivo, uma vez que os isolados usados nos ciclos anteriores (CARNEIRO, 2012; LEITE, 2014) foram diferentes do utilizado neste trabalho. Na avaliação em casa de vegetação, o ganho foi de -1,83% e na análise conjunta

foi de -2,64%. Estes ganhos foram inferiores ao observado na avaliação em campo devido ao fato de que todas as avaliações anteriores foram realizadas em condições de campo, onde as progênes superiores foram selecionadas. Leite (2014) observou um ganho de -3,17% para avaliação em campo, -3,80% em casa de vegetação e -3,82% na análise conjunta dos dois ambientes. Apesar de parecer pequeno, deve-se lembrar que foi realizado um ciclo por safra ou três por ano, o que resulta em um ganho considerável.

Tabela 10. Médias das progênes dentro de cada ciclo de seleção recorrente obtidas em avaliações em campo, casa de vegetação e na análise conjunta para resistência ao mofo branco.

| Ciclo | Médias | | |
|-------------|--------|-------------------|----------|
| | Campo | Casa de Vegetação | Conjunta |
| C0 | 4,61 | 3,59 | 4,10 |
| CI | 4,60 | 4,01 | 4,30 |
| CII | 4,54 | 3,41 | 3,98 |
| CIII | 3,52 | 3,44 | 3,48 |
| CIV | 3,62 | 3,10 | 3,36 |
| CV | 3,72 | 3,63 | 3,68 |
| CVI | 3,03 | 2,94 | 2,98 |
| CVII | 3,19 | 3,35 | 3,27 |
| CVIII | 3,69 | 3,28 | 3,48 |
| CIX | 3,45 | 3,10 | 3,27 |
| CNFC 9506 | 5,88 | 4,78 | 5,33 |
| Cornell 605 | 3,04 | 3,44 | 3,24 |
| Corujinha | 5,47 | 5,33 | 5,40 |
| b_1 | -0,15 | -0,07 | -0,11 |
| b_0 | 4,48 | 3,68 | 4,08 |
| PG(%) | -3,27 | -1,83 | -2,64 |
| R^2 | 0,61 | 0,41 | 0,62 |

Na tabela 11 estão apresentadas as médias das progênes selecionadas de todos os ciclos por experimento e também da análise conjunta. As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade. Observa-se

que em todos os experimentos é possível selecionar progênies mais resistentes que a testemunha, Cornell 506, uma das fontes de resistência mais utilizadas, mostrando a possibilidade de seleção de progênies com níveis de resistência semelhantes aos encontrados em fontes não adaptadas as regiões de cultivo do Sul de Minas Gerais. Nota-se que no experimento conduzido no campo, houve maior severidade da doença, pois, as notas foram maiores, porém, a resistência avaliada no campo, pode estar sendo mascarada com outros fatores, como o porte ereto das plantas.

Um dos fatores determinantes para o progresso genético obtido ao longo dos ciclos deve-se a natureza quantitativa do caráter, sendo controlado por vários genes de pequeno efeito e a grande influência do ambiente, com baixa a moderada herdabilidade. A complexidade do controle genético da resistência ao mofo branco pode ser conferido em Soule et al. (2011), que encontraram 35 QTLs para resistência fisiológica ao mofo branco que fundiram-se em 21 regiões distintas em nove grupos de ligação. Miklas et al. (2013) identificaram 27 QTLs para resistência fisiológica ao mofo branco, 36 QTLs para caracteres relacionados aos mecanismos de escape e 16 QTLs para características de raízes utilizando o mapeamento comparativo, exemplificando a natureza quantitativa do caráter. Com base na média das progênies, observa-se que nos ciclos VII, VIII e IX é possível selecionar progênies com grãos carioca, adaptadas as condições de cultivo do Sul de Minas Gerais e resistentes ao mofo branco, com níveis de resistência iguais ao encontrado em fontes não adaptadas, como a linhagem Cornell 605, que é uma das principais fontes de alelos de resistência ao mofo branco.

Tabela 11. Reação média ao mofo branco das progênies selecionadas de todos os ciclos, nas avaliações individuais e em conjunto.

| Casa de Vegetação ¹ | | | Campo ¹ | | | Conjunta ¹ | | |
|--------------------------------|------|---|--------------------|------|---|-----------------------|------|---|
| 32\7 | 2.00 | a | 81\2 | 2.58 | a | 56\15 | 2.50 | a |
| 56\15 | 2.00 | a | 50\17 | 2.77 | a | 11\2 | 2.56 | a |
| 11\06 | 2.00 | a | 54\7 | 2.79 | a | 54\7 | 2.56 | a |
| 11\2 | 2.02 | a | 84\6 | 2.87 | a | 72\18 | 2.61 | a |
| 34\3 | 2.17 | a | 50\3 | 2.98 | a | 43x46\9 | 2.76 | a |
| 72\18 | 2.22 | a | 72\18 | 3.00 | a | 84\6 | 2.77 | a |
| 54\7 | 2.33 | a | 28\11 | 3.00 | a | 11\06 | 2.77 | a |
| 60\12 | 2.33 | a | 56\15 | 3.01 | a | 60\12 | 2.79 | a |
| 43x46\9 | 2.44 | a | 76\10 | 3.03 | a | 34\3 | 2.86 | a |
| 6\1 | 2.50 | a | 2\08 | 3.03 | a | 14\7 | 3.03 | a |
| 42\6 | 2.51 | a | Cornell 506 | 3.04 | a | 50\3 | 3.04 | a |
| 17\7 | 2.56 | a | 54\4 | 3.07 | a | 47x43\1 | 3.09 | a |
| 14\7 | 2.56 | a | 43x46\9 | 3.08 | a | 30\10 | 3.10 | a |
| 43\6 | 2.67 | a | 11\2 | 3.10 | a | 26\13 | 3.12 | a |
| 84\6 | 2.67 | a | 34\14 | 3.10 | a | 34\14 | 3.13 | a |
| 26\15 | 2.72 | a | 47x43\1 | 3.17 | a | 76\10 | 3.18 | a |
| 14\22 | 2.83 | a | 60\12 | 3.24 | a | 50\5 | 3.18 | a |
| 30\10 | 2.85 | a | 34\13 | 3.24 | a | 4\16 | 3.18 | a |
| 26\13 | 2.89 | a | 26\13 | 3.34 | a | 6\1 | 3.19 | a |
| 43\5 | 3.00 | a | 30\10 | 3.36 | a | 32\7 | 3.21 | a |
| 7\10 | 3.00 | a | 50\5 | 3.37 | a | 14\22 | 3.23 | a |
| 50\5 | 3.00 | a | 4\16 | 3.37 | a | Cornell 506 | 3.24 | a |
| 3\14 | 3.00 | a | 39x42\2 | 3.39 | a | 54\4 | 3.27 | a |
| 4\16 | 3.00 | a | 84\7 | 3.42 | a | 23\7 | 3.27 | a |
| 47x43\1 | 3.02 | a | 14\20 | 3.42 | a | 26\15 | 3.29 | a |
| 32\1 | 3.11 | a | 6\13 | 3.42 | a | 27\10 | 3.30 | a |
| 50\3 | 3.11 | a | 23\7 | 3.43 | a | 28\11 | 3.33 | a |
| 23\7 | 3.11 | a | 27\10 | 3.44 | a | 14\20 | 3.38 | a |
| 27\10 | 3.17 | a | 14\7 | 3.50 | a | 43\5 | 3.38 | a |
| 34\14 | 3.17 | a | 11\06 | 3.54 | a | 7\10 | 3.38 | a |
| 24\11 | 3.33 | a | 34\3 | 3.56 | a | 43\6 | 3.45 | a |
| 14\20 | 3.33 | a | 14\22 | 3.62 | a | 84\7 | 3.47 | a |

Tabela 11. Continuação

| Casa de Vegetação | | | Campo | | | Conjunta | | |
|-------------------|------|---|-----------|------|---|-----------|------|---|
| 76\10 | 3.33 | a | 39x42\8 | 3.64 | a | 39x42\2 | 3.47 | a |
| 81\17 | 3.33 | a | 24\10 | 3.68 | a | 81\2 | 3.49 | a |
| 39x42\8 | 3.36 | a | 81\17 | 3.69 | a | 39x42\8 | 3.50 | a |
| Cornell 506 | 3.44 | a | 43\5 | 3.76 | a | 81\17 | 3.51 | a |
| 54\4 | 3.46 | a | 24\19 | 3.76 | a | 50\17 | 3.55 | a |
| 84\7 | 3.52 | a | 7\10 | 3.77 | a | 42\6 | 3.62 | a |
| 39x42\2 | 3.56 | a | 76\8 | 3.77 | a | 34\13 | 3.62 | a |
| 26\7 | 3.67 | b | 26\15 | 3.87 | a | 6\13 | 3.63 | a |
| 24\19 | 3.67 | b | 6\1 | 3.88 | a | 2\08 | 3.66 | a |
| 28\11 | 3.67 | b | 33\4 | 3.89 | a | 32\1 | 3.66 | a |
| 24\10 | 3.76 | b | 4\06 | 3.96 | a | 24\19 | 3.72 | a |
| 13\8 | 3.83 | b | 13\8 | 4.05 | b | 24\10 | 3.72 | a |
| 6\13 | 3.83 | b | 26\7 | 4.07 | b | 17\7 | 3.77 | a |
| 22\3 | 3.89 | b | 22\3 | 4.10 | b | 26\7 | 3.87 | b |
| 34\13 | 4.00 | b | 29\5 | 4.11 | b | 76\8 | 3.88 | b |
| 76\8 | 4.00 | b | 32\1 | 4.21 | b | 3\14 | 3.94 | b |
| 4\06 | 4.00 | b | 43\6 | 4.24 | b | 4\06 | 3.98 | b |
| 46\1 | 4.22 | b | 14\20 | 4.31 | b | 22\3 | 3.99 | b |
| 36\11 | 4.28 | b | 46x37\7 | 4.31 | b | 13\8 | 4.09 | b |
| 2\08 | 4.28 | b | 13\8 | 4.35 | b | 33\4 | 4.11 | b |
| 14\20 | 4.33 | b | 32\7 | 4.42 | b | 14\20 | 4.32 | b |
| 33\4 | 4.33 | b | 36\18 | 4.45 | b | 24\11 | 4.33 | b |
| 50\17 | 4.33 | b | 46\1 | 4.46 | b | 46\1 | 4.34 | b |
| 36\18 | 4.39 | b | 42\6 | 4.72 | b | 36\18 | 4.42 | b |
| 81\2 | 4.39 | b | 3\14 | 4.89 | c | 46x37\7 | 4.57 | c |
| 46\5 | 4.67 | b | 31\12 | 4.91 | c | 13\8 | 4.61 | c |
| CNFC9506 | 4.78 | b | 17\7 | 4.99 | c | 29\5 | 4.64 | c |
| 46x37\7 | 4.83 | b | 36\11 | 5.31 | c | 36\11 | 4.79 | c |
| 31\12 | 5.06 | b | 24\11 | 5.32 | c | 31\12 | 4.98 | c |
| 13\8 | 5.17 | b | Corujinha | 5.47 | c | 46\5 | 5.09 | c |
| 29\5 | 5.17 | b | 46\5 | 5.51 | c | CNFC9506 | 5.33 | c |
| Corujinha | 5.33 | b | CNFC9506 | 5.88 | c | Corujinha | 5.40 | c |

[†] Média seguidas da mesma letra pertencem ao mesmo grupo ao nível de 5% de probabilidade (Scott Knott 1974).

4.2- Avaliação de porte e tipo de grão

Na tabela 12 estão apresentados os resultados da análise de variância sequencial para porte. Os valores de acurácia seletiva variaram de 54 a 62%, apesar de ter apresentado valores medianos para acurácia seletiva, foi possível detectar diferenças significativas entre as progênes nos três ciclos seletivos, indicando a presença de variabilidade genética entre as progênes e a possibilidade de ganhos com a seleção. Constatou-se que nos três ciclos, a interação geração x progênes foi não significativa, indicando assim que o comportamento das progênes foi consistente ao longo das gerações.

As estimativas da herdabilidade foram baixas, variando de 28 a 37%, contudo, todos os limites superiores foram positivos, indicando que as estimativas são diferentes de zero. Na literatura há relatos de grande variação da herdabilidade para o caráter, Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008) encontraram valores de herdabilidade entre 28 a 53%, Leite (2014) de 20 a 88%, Mendes, Ramalho e Abreu (2011) e Menezes, Ramalho e Abreu (2008) obtiveram valores de 41 a 71%. O porte é um caráter bastante influenciado pelo ambiente, com bastante variação entre as safras de avaliação. A menor estimativa da herdabilidade foi observada no ciclo CVIII, este resultado era esperado uma vez que foram introduzidas novas cultivares no sétimo ciclo de inter cruzamento, todas com porte semelhante (Tabela 2), não havendo, portanto, variabilidade genética pronunciada e afetando também as estimativas de herdabilidade (Tabela 13).

Tabela 12. Análises de variância sequencial das gerações S_{0:1}, S_{0:2} e S_{0:3} dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para porte.

| Fonte de Variação | CVII | | | CVIII | | | CIX | | |
|----------------------|------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-----|----------------------|-------|
| | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% |
| Geração | 2 | 0,8824 ^{NS} | | 2 | 3,7186* | | 2 | 1,3590 ^{NS} | |
| Rep(Geração) | 5 | 1,3830 ^{NS} | | 5 | 3,3292** | | 5 | 1,4453 ^{NS} | |
| Bloco(Geração*Rep) | 63 | 0,8709** | | 73 | 0,7789** | | 64 | 1,0710** | |
| Tratamentos (Trat) | 168 | 0,8654** | 60,59 | 323 | 0,8032** | 55,71 | 224 | 0,7338** | 62,47 |
| Progênes | 166 | 0,8413** | 60,25 | 321 | 0,7994** | 54,84 | 222 | 0,7153** | 62,17 |
| Testemunhas | 1 | 0,4692 ^{NS} | | 1 | 0,2048 ^{NS} | | 1 | 0,0313 ^{NS} | |
| Test vs Prog | 1 | 1,9846 ^{NS} | | 1 | 1,3772 ^{NS} | | 1 | 2,4613* | |
| Geração*Trat | 123 | 0,5512 ^{NS} | | 123 | 0,5639 ^{NS} | | 103 | 0,4559* | |
| Geração*Prog | 119 | 0,5393 ^{NS} | | 119 | 0,5691 ^{NS} | | 99 | 0,4475 ^{NS} | |
| Geração*Test | 2 | 1,4022 ^{NS} | | 2 | 0,5008 ^{NS} | | 2 | 0,0581 ^{NS} | |
| Geração*Prog vs Test | 2 | 0,6526 ^{NS} | | 2 | 0,2731 ^{NS} | | 2 | 0,8995 ^{NS} | |
| Erro | 336 | 0,5010 | | 494 | 0,4575 | | 359 | 0,3541 | |
| Média | | 5,8023 | | | 5,6376 | | | 5,7823 | |

*, **: Significativo a 5% e a 1% de Probabilidade; ^{NS}: Não significativo pelo teste F.

Tabela 13. Estimativa da variância genética (σ^2_G), variância fenotípica (σ^2_F), variância da interação entre as médias das progênes x gerações (σ^2_{GP}) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para porte.

| Ciclo | σ^2_G | σ^2_F | σ^2_{GXP} | h^2 | LI | LS |
|-------|--------------|--------------|------------------|--------|--------|--------|
| VII | 0,0391 | 0,1091 | 0,0149 | 0,3590 | 0,1086 | 0,5433 |
| VIII | 0,0299 | 0,1036 | 0,0434 | 0,2881 | 0,0502 | 0,4773 |
| IX | 0,0347 | 0,0927 | 0,0363 | 0,3744 | 0,1337 | 0,5580 |

Na tabela 14 estão apresentadas as médias das progênes, das testemunhas, o desvio genético e o progresso genético para porte. Nota-se que a estimativa do b_1 foi negativa, mostrando uma tendência na redução das notas. Contudo, observa-se que houve melhora na arquitetura das plantas em relação às testemunhas, obtendo-se notas superiores às testemunhas. É importante destacar que o porte foi considerado somente como terceiro caráter de seleção de progênes, a seleção era baseada inicialmente na resistência e posteriormente no tipo de grãos e em terceiro lugar no porte, podendo selecionar progênes resistentes e com porte não ereto. Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008) obteve progresso genético de 5,11%, contudo, a população base foi obtida do intercrucamento de genitores todos com bom porte. Pires (2013) e Leite (2014) obtiveram valores de 1,62% e 5,13%, respectivamente para este mesmo caráter.

Tabela 14. Médias gerais das progênies e das testemunhas, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para porte.

| Ciclo | Média das progênies | Média da Corujinha / CNFC9506 | d_G |
|-----------|---------------------|-------------------------------|---------|
| 7 | 5,8023 | 5,2649 | -0,5374 |
| 8 | 5,6376 | 5,2805 | -0,3572 |
| 9 | 5,7823 | 5,1957 | -0,5867 |
| b_0 | | | -0,2966 |
| b_1 | | | -0,0247 |
| R^2 (%) | | | 4,1631 |
| PG(%) | | | -0,4257 |

Escala: 1-9; 1-Plantas Prostradas e 9- Plantas Eretas.

Na tabela 15 estão apresentadas as médias das melhores progênies de todos os ciclos seletivos, juntamente com o progresso genético estimado para porte. Observa-se que não houve um progresso genético para porte, contudo, nota-se uma melhorara da arquitetura das progênies em relação as testemunhas.

Em um programa de resistência ao mofo branco é de suma importância a avaliação de porte, uma vez que plantas com porte ereto e dossel mais aberto estão diretamente relacionados com a resistência ao mofo branco. De acordo com Kolkman e Kelly (2002, 2003), o porte ereto em feijoeiro é um mecanismo de escape da planta, reduzindo a incidência do patógeno.

Tabela 15. Médias das progênies dentro de cada ciclo de seleção recorrente para porte.

| Ciclo | Médias |
|-------------|--------|
| C0 | 7,07 |
| CI | 6,60 |
| CII | 7,13 |
| CIII | 6,33 |
| CIV | 6,33 |
| CV | 6,38 |
| CVI | 6,48 |
| CVII | 6,33 |
| CVIII | 6,57 |
| CIX | 6,48 |
| CNFC 9506 | 6,00 |
| Cornell 605 | 7,00 |
| Corujinha | 6,67 |
| b_1 | -0,055 |
| b_0 | 6,817 |
| PG(%) | -0,775 |
| R^2 | 0,315 |

Na tabela 16 estão apresentados os resultados da análise de variância sequencial para tipo de grão. Nota-se que a precisão experimental foi elevada em todos os ciclos, com valores de acurácia seletiva superiores a 85%. Foi possível detectar diferenças significativas entre as progênies ($P < 0,01$) e entre as testemunhas nos três ciclos seletivos. Observou-se também diferenças entre as gerações, sendo este efeito confundido com o de safras e época de semeadura, uma vez que as gerações foram semeadas em épocas distintas. Não ocorreu interação gerações x progênies nos três ciclos de seleção, indicando que as progênies se comportam de maneira consistente ao longo das três gerações de avaliação. O contraste testemunha (CNFC9506) vs progênies foi não significativo somente no ciclo VIII, indicando que não há diferenças significativas entre as testemunhas e as progênies.

Tabela 16. Análises de variância sequencial das gerações S0:1, S0:2 e S0:3 dos ciclos CVII, CVIII e CIX de seleção recorrente para tipo de grãos.

| Fonte de Variação | CVII | | | CVIII | | | CIX | | |
|----------------------|------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-----|----------------------|-------|
| | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% | GL | QM | rgg% |
| Geração | 2 | 0,7926** | | 2 | 1,1984** | | 2 | 0,7720** | |
| Rep(Geração) | 5 | 0,4920** | | 5 | 0,2550 ^{NS} | | 5 | 0,7345** | |
| Bloco(Geração*Rep) | 58 | 0,1007 ^{NS} | | 73 | 0,5570 ^{NS} | | 64 | 0,1581 ^{NS} | |
| Tratamentos (Trat) | 167 | 0,5346** | 89,51 | 323 | 1,5461** | 94,19 | 224 | 0,6921** | 90,17 |
| Progênes | 165 | 0,4097** | 85,88 | 321 | 1,4286** | 93,88 | 222 | 0,5172** | 86,15 |
| Testemunhas | 1 | 3,6052** | | 1 | 0,7670* | | 1 | 3,2588** | |
| Test vs Prog | 1 | 1,3860** | | 1 | 0,1824 ^{NS} | | 1 | 1,3166** | |
| Geração*Trat | 123 | 0,1070 ^{NS} | | 123 | 0,1185 ^{NS} | | 103 | 0,1238 ^{NS} | |
| Geração*Prog | 119 | 0,1082 ^{NS} | | 119 | 0,1133 ^{NS} | | 99 | 0,1282 ^{NS} | |
| Geração*Test | 2 | 0,0801 ^{NS} | | 2 | 0,1585 ^{NS} | | 2 | 0,0102 ^{NS} | |
| Geração*Prog vs Test | 2 | 0,0216 ^{NS} | | 2 | 0,1026 ^{NS} | | 2 | 0,0333 ^{NS} | |
| Erro | 302 | 0,0896 | | 486 | 0,6535 | | 345 | 0,1766 | |
| Média | | 2,7241 | | | 2,7862 | | | 2,7338 | |

*, **: Significativo a 5% e a 1% de Probabilidade; ^{NS}: Não Significativo pelo teste F.

As herdabilidades encontradas foram altas, variando de 73 a 92%, com seus limites inferiores positivos, indicando que as estimativas são diferentes de zero. Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008) relataram estimativas de herdabilidade variando de 34 a 86% e Leite (2014) de 73 a 94%, indicando a ampla variação encontrada para o caráter.

Tabela 17. Estimativa da variância genética (σ^2_G), variância fenotípica (σ^2_F), variância da interação entre as médias das progênes x gerações (σ^2_{GXP}) e a herdabilidade no sentido amplo (h^2), com seus limites inferiores (LI) e superiores (LS) para tipo de grãos.

| Ciclo | σ^2_G | σ^2_F | σ^2_{GXP} | h^2 | LI | LS |
|-------|--------------|--------------|------------------|--------|--------|--------|
| VII | 0,0391 | 0,0531 | 0,0072 | 0,7359 | 0,6326 | 0,8119 |
| VIII | 0,1705 | 0,1852 | -0,2101 | 0,9207 | 0,8942 | 0,9418 |
| IX | 0,0501 | 0,0670 | -0,0188 | 0,7521 | 0,6567 | 0,8249 |

Para o cálculo do desvio genético, tentou-se minimizar o efeito ambiental utilizando-se a linhagem CNFC9506 como testemunha, uma vez que possui grãos tipo carioca padrão. O progresso genético foi de 0,2091%, indicando redução nas notas, conseqüentemente, uma melhora de tipo de grão. Menezes Júnior, Ramalho e Abreu (2008) relatam ganhos para o caráter de 11,24%, contudo, os autores realizaram seleção simultânea para tipo de grão, produtividade e porte, não priorizando nenhum dos três caracteres, ao contrário deste trabalho que priorizou a seleção de progênes resistentes ao mofo branco. Leite (2014) observou uma redução do desvio genético de -2,4% por ciclo, não havendo redução da média das progênes em relação à testemunha usada no trabalho.

Tabela 18. Médias gerais das progênies e da testemunha CNFC 9506, do sétimo ao nono ciclo de seleção recorrente, desvios genéticos (d_G) e progresso genético (PG) para tipo de grãos.

| Ciclo | Média das progênies | Média CNFC 9506 | d_G |
|-----------|---------------------|-----------------|---------|
| 7 | 2,7242 | 2,2262 | -0,4980 |
| 8 | 2,7863 | 2,3028 | -0,4835 |
| 9 | 2,7339 | 2,2473 | -0,4866 |
| b_0 | | | -0,5349 |
| b_1 | | | 0,0057 |
| R^2 (%) | | | 55,75 |
| PG(%) | | | 0,2091 |

Escala: 1-5; 1-Grãos com Padrão Carioca e 5- Grãos fora do Padrão Carioca.

Na tabela 19 estão apresentadas as médias das melhores progênies de todos os ciclos e o progresso genético para tipo de grão. Não foi possível observar um progresso genético para tipo de grãos, porém, nota-se uma redução da média das progênies em relação a testemunha CNFC9506, usada como testemunha com grãos do tipo carioca padrão. Indicando assim, a possibilidade de seleção de progênies com grãos carioca dentro dos ciclos de seleção recorrente.

Tabela 19. Médias das progênies dentro de cada ciclo de seleção recorrente para tipo de grão.

| Ciclo | Médias |
|-------------|--------|
| C0 | 2,37 |
| CI | 2,46 |
| CII | 2,62 |
| CIII | 2,67 |
| CIV | 2,48 |
| CV | 2,38 |
| CVI | 2,48 |
| CVII | 2,48 |
| CVIII | 2,50 |
| CIX | 2,53 |
| CNFC 9506 | 2,67 |
| Cornell 605 | 5,00 |
| Corujinha | 5,00 |
| b_1 | 0,0018 |
| b_0 | 2,4881 |
| PG(%) | 0,0742 |
| R^2 | 0,0032 |

Em um programa de seleção recorrente para resistência ao mofo branco, é de suma importância que as fontes de resistência fisiológica estejam associadas a mecanismos de escape como, por exemplo, porte ereto das plantas, culminando uma boa estratégia para diminuir as perdas com a doença no campo. Como estas fontes de resistência na maioria das vezes não possuem grãos tipo carioca, padrão aceito no mercado nacional, deve-se adotar o caráter para a seleção de genótipos agronomicamente favoráveis, sendo aceita pelos agricultores e consumidores.

5- CONCLUSÕES

Não houve progresso genético para resistência ao mofo branco dos ciclos VII ao IX com base nos desvios genéticos em relação à testemunha suscetível, Corujinha, devido principalmente a inclusão de novos genótipos para gerar a população S_0 do ciclo VII e a provável perda de virulência do isolado utilizado. Porém, nota-se que a seleção recorrente foi eficiente quando se compara as médias das progênies do ciclo IX com a testemunha resistente Cornell 506 e alguns ciclos de seleção avaliados anteriormente.

Há possibilidade de seleção de progênies com níveis de resistência semelhantes aos encontrados em fontes não adaptadas nas regiões de cultivo do Sul de Minas Gerais, com porte arbustivo e grãos tipo carioca, sendo, portanto, a seleção recorrente uma eficiente alternativa para a obtenção de progênies resistentes ao mofo branco e outros caracteres agronômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. F. **Dois ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão carioca**. 2012. 61 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

AMARO, G. B.; ABREU, A. de F. B.; RAMALHO, M. A. P.; SILVA, F. B. Phenotypic recurrent selection in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with carioca-type grains for resistance to the fungi *Phaeoisariopsis griseola*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 3, p. 584-588, 2007.

ANTONIO, R. P. **Identificação de QTLs de resistência ao mofo branco e de mecanismos bioquímicos envolvidos na resposta de defesa em feijoeiro**. 2011. 155 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2011.

ARAÚJO, L. C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 2, p.156-162, 2012.

BARBOSA, F. R.; GONZAGA, A. C. O. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 247 p. (Documento/ Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1516-7518; 272), 2012.

BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of *Sclerotinia* diseases in Canada. **Journal of Plant Pathology**, Bari, v. 23, n. 1, p. 88-98, 2001.

BASSET, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 1-24, 2004.

BEARZOTI, E. **Simulação de seleção recorrente assistida por marcadores moleculares em espécies autógamas**. 1997. 230 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BOLTON M. D.; THOMMA B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary: biology and molecular traits of cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2006.

CARNEIRO, F. F. **Estratégias visando a seleção de linhagens de feijão resistentes ao mofo branco**. 2012. 148 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CESSNA, S. G. et al. Oxalic acid, a pathogenicity factor for *Sclerotinia sclerotiorum*, suppresses the oxidative burst of the host plant. **The Plant Cell**, Rockville, v. 12, n. 11, p. 2191-2199, 2000.

CHAVARRO, M. C.; BLAIR, M. W. QTL Analysis and effect of the fin locus on tropical adaptation in an inter-gene pool common bean population. **Tropical Plant Biology**, Oxford, v. 3, n. 4, p. 204-218, 2010.

COLLICCHIO, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Associação entre o porte da planta do feijoeiro e o tamanho dos grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 297-304, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a agropecuária. Brasília, v.1, p. 1-154, set. 2013.

CUNHA, W. G. da. **Seleção de feijão do tipo carioca para porte ereto**. 2005. 130p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2005.

ENDER, M.; KELLY, J. D. Identification of QTL associated with white mold resistance in common bean. **Crop Science**, v. 45, n. 6, p. 2482-2489, 2005.

FREITAS, R. M. **Progresso genético de três ciclos de seleção recorrente no melhoramento de feijão vermelho**. 2012. 42 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2012.

GERALDI, I. O. Selección recurrente en el mejoramiento de plantas. In: GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Selección recurrente en arroz**. CIAT: Cali, 1997. p. 3-11.

GERALDI, I. O. Por que realizar seleção recorrente? In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2005, Lavras. **Anais**, Lavras: UFLA, 2005. 97 p.

GODOY, G.; STEADMAN, J. R.; DICKMAN, M. B.; DAM, R. Use of mutants to demonstrate the role of oxalic acid in pathogenicity of *Sclerotinia sclerotiorum* on *Phaseolus vulgaris*. **Physiol. Mol. Plant Pathol.**, v. 37, p. 179 – 191, 1990.

GONÇALVES, P. R. C.; SANTOS, J. B. dos. Physiological resistance of common bean cultivars and lines to white mold based on oxalic acid reaction. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 53, p. 236-237, 2010.

HALL, R; STEADMAN, J. R. White mold. In: SCHWARTZ HF, STEADMAN JR. HALL R, FOSTER RL (Eds.) **Compendium of bean diseases**, 2nd ed, p. 44-46, 2005.

HALLAUER, A. R. Recurrent selection in maize. **Plant Breeding**, New York, v. 9, p. 115-179, 1992.

KHADR, F. H.; FREY, K. J. Effectiveness of recurrent selection in oat breeding (*Avena sativa* L.). **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 4, p. 349-354, 1965.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, Jan./Feb. 1985.

KOINANGE, E. M. K.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Genetic control of the domestication syndrome in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 4, p. 1037-1045, Jul./Aug. 1996.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. An indirect test using oxalate to determine physiological resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 281-285, Jan. 2000.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 3, p. 693-699, 2002.

KOLKMAN, J.M.; KELLY, J.D. QTL conferring resistance and avoidance to white mold in common bean. **Crop Science**, v. 43, p. 539-548, 2003.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. L.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTIN RAVA, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71–99.

LARA, L. A. C. **QTLs de feijão para resistência ao mofo-branco de cultivares adaptadas**. 2013. 91 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2013.

LEHNER, M. S.; LIMA, R. C.; PRADO, A. L.; TEIXEIRA, H.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F. Controle do mofo-branco do feijoeiro com aplicação de gesso via água de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – CONAFE, 85., 2008, Campinas. **Anais**. Campinas: IAC, 2008. p.936-938.

LEHNER, M. S.; PAULA JÚNIOR, T. J.; LIMA, R. C.; VIEIRA, R. F. et al. Mycelial compatibility grouping and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from four states of Brazil. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.** v. 56, p. 53-54, 2013.

LEITE, M. E. **Seleção recorrente em feijoeiro visando resistência à *Sclerotinia sclerotiorum* e respostas bioquímicas associadas à defesa contra o patógeno**. 2014. 149 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2014.

LYONS, M. E.; DICKSON, M. H.; HUNTER, J. E. Recurrent selection for resistance to white mold in *Phaseolus* species. **Journal American Soc. Hort. Science**, v. 112, n. 1, p. 149-152, 1987.

MENDES, F. F. **Estratégia de seleção de plantas eretas de feijão tipo carioca**. 2009. 92 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2009.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1312-1318, 2009.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Eficiência do sistema de nove covas na seleção de progênies de feijoeiro tipo carioca para arquitetura ereta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p.1029-1034, 2011.

MENEZES JÚNIOR, J. A. N.; RAMALHO, M. A. P; ABREU, A. F. B. Seleção recorrente para três caracteres do feijoeiro. **Bragantia**, v. 67, p. 833-838, 2008.

MIKLAS, P. N.; GRAFTON, K. F.; KELLY, J. D.; SCHWARTZ, H. F; STEADMAN, J. R.; Registration of four white mold resistant dry bean germplasm lines: I9365-3, I9365-5, I9365-31, and 92BG-7. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 6, p. 1728, 1998.

MIKLAS, P. N.; DELORME, R.; JOHNSON, W. C.; GEPTS, P. QTL conditioning physiological resistance and avoidance to white mold dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 2, p. 309-315, Mar./Apr. 2001a.

MIKLAS, P. N.; JOHNSON, W. C.; DELORME, R.; RILEY, R. H.; GEPTS, P. Inheritance and QTL analysis of physiological resistance to white mold in common bean G122. **Crop Science**, v. 41, p. 309-315, 2001b.

MIKLAS, P. N.; DELORME, R.; RILEY, R. Identification of QTL conditioning resistance to white mold in snap bean. **J. Am. Soc. Hortic. Sci.** v. 128, p. 564-570, 2003.

MIKLAS, P. N.; GRAFTON, K. F.; HAUF, D. C.; KELLY, J. D. Registration of partial white mold resistant pinto bean germplasm line USPT-WM-1. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 5, p. 23-39, 2006.

MIKLAS, P.N. Marker-assisted backcrossing QTL for partial resistance to *Sclerotinia* white mold in dry bean. **Crop Science**, v. 47, n. 3, p. 935-942, 2007.

- MIKLAS, P. N.; PORTER, L. D.; KELLY, J. D.; MYERS, J. R. Characterization of white mold disease avoidance in common bean. **Eur. J. Plant Pathol.**, v. 135, n. 3, p. 525–543, 2013.
- MORAIS, P. de M.; CASTRO, E. da M. de; SOARES, A. A.; PEREIRA, J. de A.; UTUMI, M. Performance da população CG1 em seu terceiro ciclo de seleção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2003. 1CD-ROM.
- OLIVEIRA, S. H. F. Manejo do mofo branco. **DBO Agrotecnologia**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 8-13, 2005.
- OTTO-HANSON, L.; STEADMAN, J.R.; HIGGINS, R; ESKRIDGE, K.M. Variation in *Sclerotinia sclerotiorum* bean isolates from multisite resistance screening locations. **Plant Dis.**, v. 95, p. 1370-1377, 2011.
- PARISI, J. J. D.; PATRÍCIO, F. R. A.; OLIVEIRA, H. F. Método do rolo de papel toalha modificado para a detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de feijão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 288-290, 2006.
- PARK, S. O.; COYNE, D. P.; STEADMAN, J. R.; SKROCH, P. W. Mapping of QTL for resistance to white mold disease in common bean. **Crop Science**, v. 41, p. 1253–1262, 2001.
- PARLEVLIIET, J. E. Disease resistance in plants and its consequences for plant breeding. In: FREY, K. J. (Ed.). **Plant breeding II**. Ames: The Iowa State University, 1981.
- PETZOLDT, R.; DICKSON, M. H. Straw test for resistance to white mold in beans. **Ann. Rep. Bean Improv. Coop.** v. 39, p. 142–143, 1996.

PEREIRA, H. S. et al. BRS Notável – Cultivar de feijoeiro comum carioca semiprecoce com alto potencial produtivo e resistência a doenças. In: 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, p. 1564-1568, 2012, EMBRAPA, n.202, Santo Antônio do Goiás, Goiás, fevereiro, 2012.

PIRES, L. P. M. **Seleção recorrente massal para porte ereto em feijão tipo carioca**. 2013. 82 p. Dissertação. (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2013.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, J. O. **Genética Quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora da UFG, 1993. 271 p.

RAMALHO, M. A. P.; PIROLA, L. H.; ABREU, A. F. B. Alternativas na seleção de plantas de feijoeiro com porte ereto e grão tipo carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1989-1994, Dec. 1998.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B.; SANTOS, J. B. dos. Progresso genético após quatro ciclos de seleção recorrente no melhoramento do feijoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro, 2003. 1CD-ROM.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Genetic progress after four cycles of recurrent selection for yield and grain traits in common bean. **Euphytica**, Wageningen, v. 144, n. 12, p. 23-29, July 2005.

RAMALHO, M. A. P. e ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C.; PAULA-JR, T. J. E BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 415-436.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RANGEL, P. H. N.; ZIMMERMANN, F. J. P.; NEVES, P. C. F. Estimativas de parâmetros genéticos e resposta à seleção nas populações de arroz irrigado CNA – IRAT 4 PR e CNA – IRAT 4 ME. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 905-912, maio 1998.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 3, n. 37, p. 182-194. 2007.

SAGATA, E. **Métodos de inoculação e avaliação da resistência de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. 2010. 74 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2010.

SANTOS, J. B.; GAVILANES, M. L. Botânica. In: VIEIRA, C.; PAULAJÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**. Viçosa: Editora da UFV, 2006. p. 41-66.

SARTORATO, A. et al. Principais doenças transmitidas pela semente. In: VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. (Ed.). **Sementes de feijão: produção e tecnologia**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2000. p. 147-199.

SARTORATO, A.; RAVA, C. A. **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 300 p.

SCHWARTZ, H. F.; SINGH, S. P.; TERAN, H. Breeding common bean for resistance to white mold: a review. **Crop Science**, Madison, v. 53, p. 1832-1844, Set/Oct 2013.

SCOTT, A. J.; M. KNOTT. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, M. G. M.; dos SANTOS J. B.; ABREU, E. A. F. B. Seleção de famílias de feijoeiro com resistência a antracnose e mancha angular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1499-1506, 2006.

SILVA, P. H. **Reação de linhagens de feijão comum e agressividade de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum***. 2013. 60 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2013.

SINGH, S.P. Diagramatic scale for white mold. 2009. Disponível em: <http://www.css.msu.edu/bic/> (consultado em 11/2014).

SINGH, S. P.; SCHWARTZ, H. F. Breeding common bean for resistance to diseases: A review. **Crop Science**, v. 50, p. 2199–2223, 2010.

SINGH, S. P.; SCHWARTZ, H. F.; TERÁN, H.; VITERI, D.; OTTO, K. Pyramiding white mould resistance between and within common bean gene pools. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 94, p. 947–954, 2014.

SOULE, M. L.; PORTER, J.; MEDINA, G. P.; SANTANA, M. W.; BLAIR, P. N.; MIKLAS. Comparative QTL map for white mold resistance in common bean, and characterization of partial resistance in dry bean lines VA19 and 19365–31. **Crop Science**, v. 51, p. 123–139, 2011.

SOUZA, D. A. **QTLs de feijão de reação ao mofo branco e outros caracteres agrônômicos**. 2014. 159 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2014.

SOUZA, T. P. **Procedimentos experimentais para a avaliação da reação do feijoeiro ao mofo branco**. 2009. 25 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2009.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS® statistical package**. Cary, 2007. Software.

STEADMAN, J. R. White mold- a serious yield-limiting disease of bean. **Plant Disease**, v. 67, p. 346-350, 1983.

STEADMAN, J. R.; BOLAND, G. White Mold. In: SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J.R.; HALL, R.; FORSTER, R.L. Compendium of bean diseases. 2nd (Ed). **Am. Phytopath. Soc.**, St. Paul, p. 44-46, 2005.

TEIXEIRA, F. F. **Controle Genético do porte do feijoeiro**. 1997. 86 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 1997.

TERÁN, H.; SINGH, P.S. One cycle of recurrent selection for physiological resistance to white mold in dry bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 51, p. 42-43, 2008.

TERÁN, H.; SINGH, P. S. Recurrent selection for physiological resistance to white mould in dry bean, **Plant Breeding**, v. 129, p. 327-333, 2010a.

TERÁN, H.; SINGH, S. P. Gamete and recurrent selection for improving physiological resistance to white mold in common bean, **Can J Plant Sci**, v. 90, p.153-162, 2010b.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P.; CARNEIRO, J. E S. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A (Ed.). **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2ª edição Ed. UFV, Viçosa, 2005, p. 301-391.

VIEIRA, R. F. et al. Fungicidas aplicados via água de irrigação no controle do mofo-branco no feijoeiro e incidência do patógeno na semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 770-773, out./dez. 2005.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. Feijão. 2ª edição Ed. UFV, Viçosa, 2006.

YAN, W.; FALK, D. E. Biplot analysis of host-by-pathogen interaction. **Plant Disease**, v. 86, p. 1396-1401, 2002.