

ALINE MARIA ORBOLATO GONÇALVES

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DA RESISTÊNCIA À ANTRACNOSE DO
FEIJOEIRO COMUM CULTIVAR CORINTHIANO**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2010**

ALINE MARIA ORBOLATO GONÇALVES

**CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DA RESISTÊNCIA À ANTRACNOSE DO
FEIJOEIRO COMUM CULTIVAR CORINTHIANO**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, área de concentração em
Produção Vegetal para obtenção do
título de Mestre.

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

G635c Gonçalves, Aline Maria Orbolato
Caracterização genética da resistência à
antracnose do feijoeiro comum cultivar Corinthiano /
Aline Maria Orbolato Gonçalves. -- Maringá, 2010.
ix, 56 f. : il., figs. (algumas color.)

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Celeste Gonçalves
Vidigal.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Departamento de Agronomia, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, 2010.

1. Feijão comum Corinthiano (*Phaseolus vulgaris*
L.) - Caracterização genética. 2. Feijoeiro comum
Corinthiano (*Phaseolus vulgaris* L.) - Controle
genético - Antracnose. 3. Feijão comum Corinthiano
(*Phaseolus vulgaris* L.) - Gene Andino de resistência
- *Colletotrichum lindemuthianum*. I. Vidigal, Maria
Celeste Gonçalves, orient. II. Universidade Estadual
de Maringá. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed. 635.652

Ao Senhor Deus, por esta rica oportunidade em minha vida.
Ao meu amado pai, Moisés (*in memoriam*), pelos ensinamentos e
por sua presença espiritual em minha vida.
A toda minha família, em especial minha mãe Maria Aparecida,
meus irmãos Renato e Tiago, pela dedicação
e incentivo prestados durante minha formação.
Ao meu namorado Diogo, pelo amor e compreensão.
Aos amigos queridos, pela força e pelo
acolhimento em todos os momentos.

Dedico com carinho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me atender em meus pedidos e por me abençoar todos os dias.

À Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade que me foi concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À professora Dr^a. Maria Celeste Gonçalves Vidigal, pela orientação no decorrer do trabalho, pelo exemplo de dedicação à pesquisa científica, pelos valiosos ensinamentos e pela inesquecível amizade.

Ao professor Dr. Pedro Soares Vidigal Filho, pela co-orientação, amizade e colaboração neste trabalho, além da concessão de uso do Laboratório de Biologia Molecular do Núcleo de Pesquisa Aplicado à Agricultura (NUPAGRI).

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGA) e seus professores, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários Érica Cristina Sato e Reinaldo Bernardo, pelos favores particularmente a mim prestados e pela atenção dispensada.

A Rodrigo Garcia (*in memoriam*), por ter fornecido o material biológico para o presente estudo.

À amiga, Dr^a Giselly Figueiredo Lacanallo, pela amizade, pelo companheirismo, ensinamentos e estímulo ao longo do trabalho.

Aos amigos Luana Mieko Darben, Gislayne Kelly Coimbra e William Cunha, pela amizade, dedicação e apoio.

A toda minha família, pelo carinho, força e orações ao longo destes anos.

Ao meu namorado Diogo Bochnia Zuliani, pelo amor, compreensão, e pela incansável ajuda nestes anos.

Aos amigos do curso de Graduação em Agronomia, Thais Jácono, Náyra Crubelatti, Vandercleisson Seixas e André Singer, pela amizade, carinho e incentivo em todos os momentos.

Aos amigos Lucimara Andrade, Suzamar Novaes, Vanessa Orbolato, Rosângela Moraes, Leandro Menezes e Marcos Andrade, pelos conselhos e parceria em todos esses anos de convivência.

Às amigas Mariéle Maquea, Jéssica Bervian e Antéia Gouveia, com as quais tive o prazer de conviver no mesmo apartamento, pela amizade, força e tolerância em certos momentos.

Aos colegas do Nupagri, em especial à funcionária Kaciele Cristina Eing, pela amizade e ajuda contínua na obtenção dos dados experimentais.

Aos funcionários Edmilson Galacini, Rogério Gomes de Almeida e Engraci Pereira, pelos favores prestados.

A todos que, direta ou indiretamente, não mediram esforços e contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Aline Maria Orbolato Gonçalves, filha de Moisés Orbolato Gonçalves e Maria Aparecida Balotari Gonçalves, nasceu em 13 de julho de 1983, na cidade de Presidente Prudente, Estado de São Paulo.

Cursou o ensino fundamental e médio em Floresta do Sul, distrito de Presidente Prudente/SP, na Escola Estadual Prof^a Celestina de Campos Toledo Teixeira.

Em fevereiro de 2008, diplomou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá, concluindo-o em fevereiro de 2010.

ÍNDICE

RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais da cultura do feijoeiro comum (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) ..	4
2.2. A antracnose do feijoeiro comum.....	6
2.3. Variabilidade patogênica de <i>C. lindemuthianum</i>	8
2.4. Resistência genética à antracnose	14
2.5. Genes de resistência ao <i>C. lindemuthianum</i>	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Cultivar de feijoeiro comum Corinthiano	20
3.2. Local do experimento.....	22
3.3. Obtenção de gerações segregantes	22
3.4. Raças de <i>C. lindemuthianum</i> utilizadas no trabalho	26
3.5. Teste de herança da resistência	29
3.6. Teste de alelismo.....	29
3.7. Avaliação de suscetibilidade e resistência	29
3.7.1. Plantio das populações.....	29
3.7.2. Preparo do inóculo.....	29
3.7.3. Inoculação	31
3.7.4. Método de avaliação dos sintomas.....	31

3.7.5. Análise estatística dos dados	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Teste de herança da resistência ao <i>Coletotrichum lindemuthianum</i>	33
4.2. Teste de alelismo.....	34
5. CONCLUSÕES	42
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

RESUMO

GONÇALVES, Aline Maria Orbolato, M.Sc., Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Caracterização genética da resistência à antracnose do feijoeiro comum cultivar Corinthiano.** Professora Orientadora: Dr^a. Maria Celeste Gonçalves Vidigal. Professor Conselheiro: Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.

A utilização de cultivares resistentes é um dos métodos mais eficientes de controle da antracnose do feijoeiro comum, cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* e, para tanto, necessário se faz a busca contínua por novas fontes de resistência. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a cultivar Andina Corinthiano quanto à resistência genética às raças 8, 89 e 2047 de *C. lindemuthianum* por meio do estudo de herança da resistência e de testes de alelismo. A cultivar Corinthiano foi cruzada com as cultivares Michelite, Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TO, TU, AB 136, G 2333, Jalo Listras Pretas (JLP), Jalo Vermelho (JV), BAT 93, Ouro Negro, AND 277, Pitanga, SEL 1308 e com a linhagem H1 para a obtenção das populações F₂. O teste de herança na geração F₂ do cruzamento entre as cultivares Corinthiano (R) x Cornell 49-242 (S), inoculadas com a raça 2047, apresentou segregação que se ajustou à razão 3R:1S, indicando a ação de um gene dominante presente em Corinthiano. Os testes de alelismo demonstraram que o gene desta cultivar é independente dos genes previamente caracterizados, *Co-1*, *Co-1⁴*, *Co-3*, *Co-3³*, *Co-4*, *Co-4²*, *Co-6*, *Co-7*, *Co-10*, *Co-11*, *Co-12*, *Co-13* e do gene presente na cultivar Pitanga. Assim sendo, esta pesquisa permitiu concluir que a cultivar Corinthiano apresenta um novo gene Andino de resistência à antracnose, e os autores propõem que este gene seja designado *Co-15*.

Palavras-chave: *Colletotrichum lindemuthianum*, gene Andino, *Phaseolus vulgaris* L., controle genético.

ABSTRACT

GONÇALVES, Aline Maria Orbolato, M.Sc., Universidade Estadual de Maringá, February, 2010. **Genetic characterization of anthracnose resistance in common bean Corinthiano cultivar.** Adviser: Dr^a. Maria Celeste Gonçalves Vidigal. Committee Member: Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.

The use of resistant cultivars is one of the most efficient methods to control common bean anthracnose, a fungal disease caused by *Colletotrichum lindemuthianum*. Thus, it is important a continuing search for new resistance sources. The present study had as objective to characterize Corinthiano Andean cultivar genetic resistance to *C. lindemuthianum*, 8, 89 and 2047 races by conducting resistance inheritance and allelism tests. In order to obtain F₂ populations Corinthiano cultivar was crossed with Michelite, Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TO, TU, AB 136, G 2333, Jalo Listras Pretas (JLP), Jalo Vermelho (JV), BAT 93, Ouro Negro, AND 277, Pitanga, SEL 1308 cultivars and H1 line. Inheritance test in F₂ population from cross between Corinthiano (R) x Cornell 49-242 (S) cultivars, inoculated with race 2047, revealed a segregation fitted 3R:1S ratio, indicating the presence of a dominant gene in Corinthiano cultivar. Allelism tests demonstrated that this gene is independent from previous characterized ones, Co-1, Co-1⁴, Co-3, Co-3³, Co-4, Co-4², Co-6, Co-7, Co-10, Co-11, Co-12, Co-13 and the gene present in the Pitanga cultivar. It was concluded that Corinthiano possesses a new Andean gene of resistance against anthracnose, and authors propose this one should be named Co-15.

Keywords: *Colletotrichum lindemuthianum*, Andean gene, *Phaseolus vulgaris* L., genetic control.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum, espécie *Phaseolus vulgaris* L., pertence à classe Dicotyledoneae e à família Fabaceae (CRONQUIST, 1988). Apresenta como centros de origem e de domesticação a América Central (Mesoamericano) e os Andes (Andino). A diferenciação entre os centros de origem tem sido demonstrada por meio de características morfológicas, tipos de faseolina, isoenzimas e de marcadores moleculares (GEPTS, 1988; SINGH et al., 1991a; HALEY et al., 1994).

Essa espécie apresenta grande importância socioeconômica, principalmente para os países da América Latina e África, destacando-se como importante fonte de proteína e fibra, enriquecendo a dieta de milhões de pessoas (FAO, 2007). No cenário mundial, o Brasil é o segundo maior produtor de feijão, contribuindo com 17% da produção. A Índia destaca-se como o maior produtor, com 3,9 milhões de toneladas na safra de 2008, ou seja, 19% da produção mundial. Brasil e Índia, juntamente com Myanmar, EUA, México e China, são responsáveis por 65% da produção mundial de feijão (FAO, 2009).

Essa contribuição brasileira poderia ser ainda maior, caso não houvesse alguns fatores que contribuem para a baixa produtividade como, por exemplo, o uso de sementes com origem e qualidade desconhecidas, a implantação da cultura em solos com acidez elevada, a predominância de cultivos associados a outras culturas, a população de plantas inadequadas, aplicação insuficiente de fertilizantes, e a alta sensibilidade a pragas e doenças, sendo que os organismos fitopatogênicos são os grandes responsáveis por perdas significativas nas lavouras de feijoeiro, chegando, muitas vezes, a inviabilizar a cultura em determinadas regiões.

Dentre os patógenos que afetam a cultura de feijoeiro comum, o *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo & Magnus) Lams.- Scriber, agente causal da antracnose, é um dos mais severos organismos causadores de doenças fúngicas em feijoeiro (AUGUSTIN e COSTA, 1971). Esta doença pode ocasionar perda total em lavouras sob condições de temperaturas amenas (18 a 22° C) e umidade elevada (CHAVES, 1980; KELLY et al., 1994),

principalmente se o estabelecimento da doença ocorrer ainda na fase vegetativa.

Os sintomas podem ser observados em toda a parte aérea da planta e em todos os estádios de desenvolvimento, sendo visualizados nas folhas, caules, vagens e sementes. Além de diminuir o rendimento da cultura, a antracnose deprecia a qualidade do produto, por ocasionar manchas nos grãos, tornando-os impróprios para o consumo (CHAVES, 1980).

A obtenção e a utilização de cultivares que apresentam resistência genética às diversas raças do patógeno é o método mais efetivo e econômico para o controle da antracnose (MAHUKU e RIASCOS, 2004), tanto pela redução nos custos de produção, como pela diminuição dos danos causados ao ambiente.

Atualmente já foram identificados 14 genes e quatro séries alélicas, que conferem resistência à antracnose no feijoeiro comum, os quais foram designados pelos símbolos *Co-1* à *Co-13*. Dos genes identificados, alguns deles não estão presentes no grupo das cultivares diferenciadoras, as quais foram padronizadas por Pastor-Corrales (1991). É o caso de *Co-1*⁴ (ALZATE MARIN et al., 2003a), *Co-3*² (FOUILLLOUX, 1979), *Co-4*² (YOUNG et al., 1998; AWALE e KELLY, 2001), *Co-7* (YOUNG et al., 1998), *Co-3*³ (GEFFROY et al., 1999; ALZATE-MARIN et al., 2007), *Co-10* (ALZATE-MARIN et al., 2003b), *Co-12* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008a) e *Co-13*, (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2009), presentes nas cultivares AND 277, México 227, SEL 1308, MSU 7, BAT 93, Ouro Negro, Jalo Vermelho e Jalo Listras Pretas, respectivamente.

A busca por novas fontes de resistência ao *C. lindemuthianum* é de extrema importância para o melhoramento genético do feijoeiro, principalmente pela ampla variabilidade que o patógeno apresenta. Essa variabilidade ocasiona contínuas quebras de resistência em muitas cultivares com um único gene, e muitas vezes o mesmo confere resistência apenas a algumas raças do patógeno, sendo facilmente quebrada com o aparecimento de novas raças (MAHUKU e RIASCOS, 2004).

Dentre os genes citados, dez são de origem mesoamericana e apenas três de origem Andina (KELLY e VALLEJO, 2004; GONÇALVES-VIDIGAL et

al., 2007), sendo eles o *Co-1* (MCROSTIE, 1919), *Co-12* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008a) e o *Co-13* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2009). Desse modo, cabe ressaltar a importância da busca de novas fontes de resistência de origem andina.

Estudos preliminares desenvolvidos no Nupagri (Núcleo de Pesquisa Aplicado à Agricultura), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM), com diversas cultivares tradicionais de feijoeiro comum, coletadas junto a pequenos agricultores do Estado do Paraná, mostraram que a cultivar andina Corinthiano é resistente à raça 2047 de *C. lindemuthianum*, sugerindo que esta possui gene ou alelo diferente daqueles previamente caracterizados.

Tendo em vista a importância em descobrir novos genes ou alelos de resistência à antracnose, para posterior inclusão em programas de melhoramento de feijoeiro, o presente estudo teve como objetivo caracterizar geneticamente a resistência da cultivar de origem andina Corinthiano ao patógeno *C. lindemuthianum*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

O feijoeiro comum, espécie *Phaseolus vulgaris* L., pertence à classe Dicotyledoneae, subclasse Rosidaeae, ordem Fabales e família Fabaceae (Leguminosae) (CRONQUIST, 1988). Apresenta dois centros de origem: a América Central ou centro Mesoamericano (possivelmente o México) e os Andes ou centro Andino, provavelmente a Colômbia, Peru e Equador (BARROS et al., 2000).

Os genótipos que pertencem ao grupo Mesoamericano possuem, como características, sementes pequenas, de coloração preta, marrom-clara, tipo mulatinho e com faseolina do tipo S (GEPTS e BLISS, 1986). Já os feijões do grupo Andino possuem sementes graúdas, de tipos variados como Jalo, Pintado e outros e com faseolina tipos T, C, H e A (GEPTS, 1984).

De acordo com Singh et al. (1991a), para cada grupo gênico mesoamericano e andino, podem ser distinguidas três raças de acordo com as diferenças das plantas, morfologia das sementes, adaptações e hábitos de crescimento.

O feijoeiro é uma planta autógama, que se reproduz por autofecundação, devido ao mecanismo de cleistogamia, com apenas 5% de fecundação cruzada (VIEIRA et al., 2005), e herbácea, com hábito de crescimento determinado (ereto, terminando em inflorescência) ou indeterminado (nunca termina em inflorescência) (CIAT, 1974).

Os grãos constituem-se em um dos produtos agrícolas de maior importância econômica no Brasil e no mundo, por ser fonte protéica e energética, principalmente para as classes de rendas mais baixas (VIEIRA, 1988; BORÉM e CARNEIRO, 1998), além de apresentarem alguns componentes que tornam seu consumo vantajoso do ponto de vista nutricional, tais como: elevado teor de lisina, fibra alimentar, alto conteúdo de carboidratos complexos e a presença de vitaminas do complexo B (MESQUITA, 2005).

Os principais países produtores de feijoeiro comum são: Índia, Brasil, China, Mianmar, México e Estados Unidos, responsáveis por 65% da produção mundial, sendo que, destes países, o Brasil é o segundo maior produtor de feijão, com 17% do total produzido no mundo. O maior produtor mundial desta leguminosa é a Índia, com 3,9 milhões de toneladas na safra de 2008, perfazendo 19% da produção mundial (FAO, 2009). Além disso, os principais produtores são também os maiores consumidores, fazendo com que o excedente a ser exportado seja muito pequeno.

No Brasil, esta planta é cultivada em todo o território, sendo que os três maiores produtores dessa leguminosa são os Estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia que, juntos, respondem em média por 48,2% da produção nacional (CONAB, 2008). Estima-se que a produção nacional de feijão, na safra 2009/2010, será de aproximadamente 3,6 milhões de toneladas, superando em 4,4% a safra 2008/2009 (3,5 milhões de toneladas). Esse aumento na produção deve-se principalmente ao aumento das chuvas, sobretudo no Estado do Paraná (CONAB, 2010).

A região Sul, compreendida pelos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, constitui-se na maior região produtora, contribuindo com aproximadamente 30% da produção nacional. Destes 30%, o Estado do Paraná é responsável por 23% da produção total brasileira, ocupando a posição de maior produtor nacional de feijão, cultura que ocupa lugar de destaque, estando na quarta posição em área plantada no Estado (CONAB, 2008). O destaque da cultura do feijoeiro na agricultura paranaense pode estar relacionado à boa qualidade e produtividade da cultura (778 mil toneladas em 2008), com aumento em 1,5%, em relação à de 2007 (766,8 mil toneladas) e à capacidade em se realizarem três safras de feijoeiro durante o ano de cultivo (SEAB, 2008).

A semeadura da cultura é dividida em três safras ao longo do ano: safra das águas, safra da seca e safra outono-inverno. A primeira delas corresponde à maior área plantada, tendo seu cultivo no período de agosto a novembro e sendo bastante predominante na Região Sul. Na safra da seca, que tem ocorrência de janeiro a março e abrange a maioria dos Estados

produtores, o que se pode observar é a utilização de modernas tecnologias durante o cultivo. Já a terceira safra tem seu cultivo nos meses de abril a junho e este é mais comum nas regiões Centro-oeste e Sudeste, isto porque as condições climáticas desta época limitam o plantio em algumas outras regiões (SEAB, 2005).

O cultivo do feijoeiro em várias épocas do ano pode ser vantajoso, porém apresenta alguns fatores que podem interferir na qualidade fisiológica, sanitária e nutricional da cultura, afetando, conseqüentemente, a comercialização final do produto (BIANCHINI et al., 1989). Segundo Arf et al. (1997), isto ocorreria, principalmente, devido à sensibilidade às variações climáticas, além da baixa produtividade, que poderia ser influenciada pelo uso de sementes com origem e qualidade desconhecidas, devido à implantação da cultura em solos com acidez elevada, à predominância de cultivos associados com outras culturas, à população de plantas inadequadas, aplicação insuficiente de fertilizantes, e devido à alta sensibilidade a pragas e doenças, sendo que os organismos fitopatogênicos são os grandes responsáveis por perdas significativas nas lavouras de feijoeiro, chegando muitas vezes a inviabilizar a cultura em determinadas regiões.

A antracnose é uma das doenças fúngicas mais severas que infectam o feijoeiro (AUGUSTIN e COSTA, 1971) e a utilização de cultivares resistente é o meio mais efetivo e econômico de controle, uma vez que dispensa o uso de defensivos agrícolas (MAHUKU e RIASCOS, 2004).

2.2. A antracnose do feijoeiro comum

A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo & Magnus) Lams.- Scriber, foi descrita pela primeira vez por Saccardo & Magnus, em 1878, segundo Zaumeyer e Thomas (1957), na Alemanha. É uma das doenças de maior importância em todo o mundo e especialmente prejudicial em regiões tropicais e subtropicais (MÉNDEZ-VIGO et al., 2005). No Brasil, assume grande importância por ser capaz de infectar a planta durante as três épocas de cultivo do feijoeiro, sendo frequente nos principais Estados produtores de feijão: São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa

Catarina, Paraná, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Espírito Santo, Alagoas, Sergipe e Paraíba (RAVA et al. 1994a). A disseminação do patógeno ocorre sob temperaturas amenas, podendo ocasionar perda total em lavouras com temperaturas de 18 a 22 °C e umidade elevada (CHAVES, 1980; KELLY et al., 1994), além de ser abundante a esporulação do fungo nas vagens, em temperaturas de 14 a 18°C (ZAUMEYER e THOMAS, 1957).

O *C. lindemuthianum* é um patógeno necrotrófico, sobrevivendo de uma safra para outra, como micélio dormente no interior das sementes, ou na forma de esporos em restos culturais, promovendo assim sua disseminação a longas distâncias e às gerações seguintes (VIEIRA, 1988). Na disseminação a curtas distâncias, destacam-se os respingos de água da chuva, vento, insetos, animais, homem e implementos agrícolas que entram em contato com as plantas infectadas (KIMATI, 1980).

Os sintomas desta enfermidade podem ser observados nas folhas, caules, vagens e sementes, sendo que, nas folhas, os sintomas são primeiramente visualizados na face abaxial, mais especificamente caracterizados por necroses nas nervuras centrais e secundárias que posteriormente se transformam em manchas cloróticas que culminam em ressecamento total da folha (KIMATI, 1980). Já no caule e pecíolos as lesões são alongadas, escuras e, às vezes, deprimidas, podendo apresentar cancrios e estrangulamento da planta no decorrer do desenvolvimento da lesão (CHAVES, 1980; ABREU, 2007).

Nas vagens, as lesões são arredondadas, escuras, deprimidas, de tamanho variável e com o centro claro, sendo delimitadas por um anel negro, um pouco saliente, circundado por um bordo de cor café avermelhado (CHAVES, 1980) com o progresso da doença, geralmente as vagens murcham e secam (CIAT, 1981; VIEIRA et al., 1998). As sementes infectadas apresentam cancrios, cuja coloração varia de amarela, café-escura a negra (CHAVES, 1980). Esses sintomas depreciam a qualidade do produto, por ocasionar manchas no grão, tornando-o impróprio para o consumo, além de as sementes contaminadas apresentarem a capacidade de transmitir o fungo quando utilizadas em safras seguintes.

Estudos diversos mostram que a alta incidência de antracnose está diretamente relacionada à produtividade de grãos, e isso pôde ser evidenciado por Abreu et al. (2003) em seus trabalhos, onde foi constatado que, sob alta severidade da doença, a produtividade de grãos torna-se ótimo critério seletivo para a identificação de famílias resistentes, ou seja, famílias mais produtivas foram mais resistentes ao patógeno prevalente na região. Resultados semelhantes foram obtidos por Singh et al. (1991b), quando avaliaram a eficiência da seleção para produtividade de grãos e resistência a antracnose e mancha-angular, verificando que a seleção para resistência permitiu a manutenção das plantas mais produtivas.

O emprego de cultivares resistentes é considerado a medida mais eficiente e econômica, uma vez que dispensa o uso de defensivos agrícolas. As reduções de aplicações de defensivos podem significar menores danos ambientais, além de diminuir consideravelmente o custo final de produção da lavoura (MAHUKU e RIASCOS, 2004). No entanto, existe um fator limitante ao uso de cultivares resistentes à antracnose, risco esse que estaria relacionado à ampla variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum*. Sendo assim, com o surgimento de novas raças, torna-se fundamental identificá-las para permitir o direcionamento dos programas de melhoramento genético (SOMAVILLA e PRESTES, 1998; BIGIRIMANA e HÖFTE, 2001).

2.3. Variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum*

O *C. lindemuthianum* pertence à classe dos Deuteromicetos (fungos imperfeitos), ordem Melanconiales, família Melanconiaceae (KIMATI, 1980; RAVA et al., 1994b); em seu estado teleomórfico, é conhecido como *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld. & Schrenk f. sp. phaseoli (SUTTON, 1992). Este organismo é encontrado na natureza apenas em seu estado anamórfico, que é considerado um agente causal da antracnose do feijoeiro (RAVA, 1994b), além de se caracterizar por uma ampla variabilidade patogênica (BALARDIN et al., 1997; MAHUKU e RIASCOS, 2004; RAVA et al., 1994b; ANDRADE et al. 1999; THOMAZELLA et al. 2002a; ALZATE-MARIN e

SARTORATO, 2004; TALAMINI et al. 2004; DAMASCENO e SILVA et al. 2007).

A ampla variabilidade do *C. lindemuthianum* ocasiona contínuas quebras de resistência nas cultivares comerciais de feijoeiro comum (MAHUKU e RIASCOS, 2004). Isso, porque muitas cultivares apresentam um único gene de resistência, gene esse, que confere resistência apenas a algumas raças do patógeno, sendo facilmente quebrada com o aparecimento de novas raças.

Os primeiros estudos sobre a variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum* (Saccardo & Magnus) Lams.- Scriber conduzidos por Barrus (1911, 1918) nos Estados Unidos, possibilitaram a identificação das primeiras raças fisiológicas deste patógeno, alfa e beta. Uma terceira raça isolada da variedade White Imperial, a qual se mostrava resistente à raça alfa e imune à raça beta, foi descrita por Burkholder (1918, 1923), e passou a ser denominada gama. Alguns anos depois, Andrus e Wade (1942), identificaram a quarta raça do patógeno, sendo denominada de raça delta.

Posteriormente, trabalhos conduzidos no México por Yerkes Jr. e Ortiz (1956) utilizando as cultivares diferenciadoras americanas Michelite, Perry Marrow e Michigan Dark Red Kidney, constataram a presença de três grupos de raças desconhecidas, e que foram denominados Mexicano I, II e III. Mais tarde, com a utilização de outras cinco cultivares mexicanas (Negro 150, Negro 152, Amarillo 155, Bayo 164 e Canário 101) foram identificadas dez raças locais. Essas raças receberam a denominação de MA-1 a MA-6 pertencentes ao Grupo Mexicano I; MA-7 do grupo Mexicano II e, MA-8 a MA-10 do Grupo Mexicano III.

No ano de 1958, Yerkes Jr. Identificou diferentes raças de *C. lindemuthianum* e as denominou de MA-11, MA-12 e MA-13, pertencentes ao grupo alfa. A identificação das raças PV₆, PV₁₀, E8b, I₄, L₁ e L₅, conduzida por Bannerot (1965), demonstrou que as mesmas eram correspondentes às raças alfa, beta, gama, delta e épsilon, respectivamente.

No Brasil, Kimati (1966), citado por Paradela Filho e Pompeu (1975), foi o primeiro a estudar a variabilidade desse fungo no Estado de São Paulo. Neste estudo, houve a identificação das raças alfa, delta, grupo mexicano II e

uma quarta que poderia ser a delta ou uma nova raça, pois as reações nas diferenciadoras divergiam-se quando eram provenientes de locais diferentes (Cornell, Beltsville).

A existência do grupo Alfa no Estado do Paraná foi verificada por Araújo (1973). Em Minas Gerais, Oliari et al. (1973), reuniram raças fisiológicas de *C. lindemuthianum* nos grupos Alfa, Mexicano II, Brasileiro I e II. Neste mesmo ano, Oliveira et al. (1973) registraram a ocorrência dos Grupos Alfa, Beta, Mexicano I e Brasileiro I, a partir de materiais coletados nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Hubbeling (1976), citado por Schnock et al. (1975), identificou a raça lambda como sendo do Grupo Delta, originada de uma mutação da raça alfa. Krüger et al. (1977) descreveram a raça capa, que era previamente conhecida como ebnet (devido ao seu local de origem). Fouilloux (1975) descreveu a raça alfa-Brasil incluindo-a no grupo Alfa, porém em 1979 passou a ser conhecida por lambda mutante. Tu (1984) identificou no Canadá a raça épsilon.

Menezes (1985) analisou 201 isolados oriundos de 16 Estados brasileiros, os quais foram classificados em nove raças fisiológicas. Trabalhando com os mesmos isolados, Menezes e Dianese (1988) utilizaram as cultivares Michelite, Aguille Vert, Dark Red Kidney, Widusa, Imuna, BO 22, Sanilac, Cornell 49-242, Kaboon, TO, PI 207262 e México 222, o que possibilitou identificar nove raças de *C. lindemuthianum*, sendo que as raças zeta, eta, teta e mu eram consideradas novas.

No México, de acordo com Pastor-Corrales (1988), a identificação de raças seguiu o mesmo sistema proposto por Yerkes Jr. e Ortiz (1956). Desta forma, foram identificadas as raças alfa, beta e gama, além do grupo Mexicano I, Mexicano II, Mexicano III, grupo Alfa e Mexicano IV.

Paradela Filho et al. (1991) estudaram 112 isolados de *C. lindemuthianum*, dos quais foram identificadas 17 raças fisiológicas do fungo. Dentre essas raças, quatro eram conhecidas (BA-1 e BA-2, do Grupo Alfa; BA-4, do Grupo Brasileiro; e BA-9 do Grupo Mexicano I) e as outras 13 eram raças novas (cinco do Grupo Alfa; cinco do Grupo Brasileiro; uma do Grupo Delta e duas do Grupo Mexicano I), sendo as raças do Grupo Alfa denominadas de

alfa-4, alfa-5, alfa-6, alfa-7 e alfa-8. No Grupo Brasileiro, as raças novas foram designadas de BA-11 a BA-15. Para a identificação das raças foram utilizadas as cultivares diferenciadoras Michelite, Dark Red Kidney e Perry Marrow, além de outras cinco: Emerson 847, *Phaseolus aborigineus* 283, Costa Rica 1031, Rico 23 e Cornell 49-242, adotando-se dois níveis de reação: resistência e suscetibilidade.

Em trabalhos conduzidos com linhagens de *C. lindemuthianum*, Tu (1994) verificou diferentes reações das cultivares diferenciadoras em relação à raça alfa. Essas reações eram similares às observadas para a raça alfa-Brasil, relatando, assim, o primeiro registro desta raça no Canadá.

A utilização de distintos conjuntos de cultivares diferenciadoras de feijão dificultou a comparação dos resultados obtidos pelos pesquisadores em várias regiões. Segundo Paradela Filho et al. (1991), a partir da descrição do grupo Brasileiro I, esgotou-se a possibilidade de identificação de novos grupos com base na reação apenas das cultivares diferenciadoras Michelite, Perry Marrow e Dark Red Kidney, o que demonstrou a necessidade de utilizar-se um número maior de cultivares. Os mesmos autores demonstraram a necessidade de utilização de um maior número de variedades neste tipo de estudo, já que, depois da descoberta do Grupo Brasileiro I, a possibilidade de identificação de novos grupos, com base apenas nas diferenciadoras Michelite, Perry Marrow e Dark Red Kidney, ficou restrita.

Pastor-Corrales (1991) propôs a utilização de um grupo de cultivares, em ordem pré-estabelecida, e de um sistema binário proposto por Habgood (1970) que facilitasse o trabalho para a designação das raças, como forma de padronizar a nomenclatura das mesmas. Para tanto, foi proposto o uso de 12 variedades diferenciadoras pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1990), onde cada variedade recebeu um valor 2^{n-1} . O valor 2 representa o número de classes de reações consideradas (resistente ou suscetível) e n é função da ordem das diferenciadoras (Quadro 1).

A adoção deste processo de padronização permitiu a comparação dos dados de diferentes grupos de pesquisa (MAHUKU e RIASCOS, 2004). Essa equivalência entre o sistema de denominação clássico e o sistema de

classificação binário foi mostrado por Rava et al. (1994a) (Quadro 2).

Esse processo de padronização, além de facilitar a identificação de novas raças, também permitiu que estudos com a variabilidade de *C. lindemuthianum* fossem mais difundidos.

Quadro 1 – Cultivares diferenciadoras utilizadas na classificação de raças de *C. lindemuthianum* em feijoeiro comum utilizando o sistema binário proposto por Habgood (1970)

Cultivares diferenciadoras	Valor binário	Valor numérico (2^{dn-1})
1. Michelite	2^0	1
2. Michigan Dark Red Kidney	2^1	2
3. Perry Marrow	2^2	4
4. Cornell 49-242	2^3	8
5. Widusa	2^4	16
6. Kabbon	2^5	32
7. México 222	2^6	64
8. PI 207262	2^7	128
9. TO	2^8	256
10. TU	2^9	512
11. AB 136	2^{10}	1024
12. G 2333	2^{11}	2048

Atualmente foram identificadas aproximadamente 114 raças do patógeno em todo o mundo (BALARDIN et al. 1997; THOMAZELLA et al., 2002b; MAHUKU e RIASCOS, 2004; GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008b; SANSIGOLO et al. 2008; ISHIKAWA et al., 2008). No Brasil, já foram identificadas mais de 50 raças de *C. lindemuthianum* (RAVA et al. 1994a; THOMAZELLA et al. 2002b; ALZATE-MARIN e SARTORATO, 2004; TALAMINI et al. 2004; DAMASCENO e SILVA et al. 2007).

O Estado do Paraná tem apresentado destaque quanto à variabilidade das raças de *C. lindemuthianum*. Rava et al. (1994a) identificaram neste Estado, no período de 1989 a 1992, diferentes raças de *C. lindemuthianum*, sendo elas, raças 55, 64, 65, 81, 89, 95, 102 e 453. Carneiro (1999), neste

mesmo Estado, em 70 isolados coletados, identificou as raças 65, 69, 73, 81, 87, 89 e 342.

Quadro 2 - Correspondência das denominações das diferentes raças do *C. lindemuthianum* segundo o sistema binário de classificação das raças fisiológicas e grupos do sistema clássico de nomenclatura (RAVA et al., 1994a)

Grupo	Raças Fisiológicas	
	Diferentes autores	Sistema Binário
Alfa	Alfa - Brasil	89
	Alfa - Brasil – Widusa (R)	73
	Alfa - Brasil – Widusa (R); TU (S)	585
	Épsilon – México 222 (S)	65
	Épsilon – Kaboon (S); México 222 (S)	97
	Eta	81
Gama	Gama	102
Delta	Delta	23
	Delta – Widusa (R)	7
	Lambda	55
	Lambda – México 222 (S)	119
	Capa – Widusa (R), México 222 (S)	79
	Capa – México 222 (S)	95
	Um	87
	Mu – TO (S)	343
Mexicano I	Mexicana 1 – Cornell 49-242.(S)	8
	Mexicana 1 – México 222 (S)	64
	Mexicana 1 – Cornell 49-242 (S); México 222 (S)	72
Mexicano III	Mexicana 2	67
	Mexicana 2 – Cornell 49-242 (S)	75
	Mexicana 2 – Widusa (S)	83
	Mexicana 2 - TO (S)	339
Brasileiro	Brasileira 1	101
	Brasileira 1	117
	Zeta – Widusa (R); México 222 (S)	453

* R= Resistente; S= Suscetível

Thomazella et al. (2002b) em seus trabalhos de caracterização das raças de *C. lindemuthianum* no Estado do Paraná, identificaram as raças 7, 31, 65, 69, 73, 81, 87, 89 e 95, sendo que pela primeira vez foi constatada a ocorrência das raças 7, 31, 69, 73 e 87. Sansigolo et al. (2008), estudando oito regiões produtoras de feijoeiro comum no estado do Paraná, caracterizou, a partir de isolados coletados, diferentes raças de *C. lindemuthianum*, tendo identificado, pela primeira vez, sete novas raças desse patógeno, a saber: raças 10, 11, 17, 26, 27, 75 e 83. Neste mesmo trabalho, os autores verificaram que as oito regiões amostradas apresentaram grande variabilidade patogênica do fungo e que, de todas as raças caracterizadas, as raças 73 e 89 foram as mais frequentes. Dessa forma, comprova-se a necessidade periódica de verificação da variabilidade patogênica de *C. lindemuthianum* nas regiões produtoras de feijoeiro comum.

De todas as raças de *C. lindemuthianum* identificadas no mundo inteiro, uma que tem recebido destaque maior é a 2047, identificada na Costa Rica e considerada uma das raças de maior virulência já identificadas até hoje.

2.4. Resistência genética à antracnose

O controle da antracnose pode ser obtido por meio de um conjunto de medidas culturais, químicas e genéticas, executadas de forma integrada e com caráter preventivo (Rey et al., 2005). Porém, a obtenção e a utilização de cultivares que apresentam resistência genética às diversas raças do patógeno é o método mais efetivo e econômico para o controle desta doença (ZAUMEYER e THOMAS, 1957; MAHUKU et al., 2002).

Burkholder (1918) realizou o primeiro estudo sobre a herança da resistência ao patógeno causador da antracnose no feijoeiro e, através desse estudo, foi possível identificar a presença de um gene dominante, presente na cultivar Wells Red Kidney, que governava a resistência, denominado de gene A, atualmente conhecido como *Co-1*, constatado pela primeira vez na cultivar Michigan Dark Red Kidney por McRostie (1919), conferindo resistência à raça alfa.

Mastenbroek (1960) determinou que a cultivar Cornell 49-242, originária da Venezuela, possuía um gene dominante, denominado *Are*, que conferia resistência a todas as raças conhecidas na época (alfa, beta, gama e delta), sendo este de extrema importância para muitos programas de melhoramento genético. Posteriormente, Menezes e Dianese (1988) relataram que esse gene conferia resistência também às raças épsilon, zeta, eta, teta, lambda e mu.

O primeiro patótipo, capaz de “quebrar” a resistência desse gene, foi identificado na França por Fouilloux (1976), citado por Rava et al. (1994a), correspondendo a um isolado da raça alfa, remetido do Brasil, sendo o mesmo denominado de alfa-brasil. Posteriormente, surgiram as raças capa e iota (MENEZES, 1985; RAVA et al., 1993) que também quebraram a resistência do gene *Are* (*Co-2*). Este gene foi extensivamente utilizado em programas de melhoramento do feijoeiro comum na Europa e no Novo Mundo (VIEIRA, 1988).

Em 1969, na Europa, Bannerot, citado por Fouilloux (1975, 1976, 1979), utilizando as linhagens mexicanas México 222 e México 227, identificou um gene dominante e designou-o como *Mexique 1* (*Co-3*). Esse gene mostrou-se diferente e independente do gene *Are* (*Co-2*). Em 1976, Hallard e Trebuchet, citados por Vieira (1983) demonstraram que há uma série alélica no loco *Mexique 1* (*Co-3*): o alelo *Mexique 1a* (*Co-3²*). Esse alelo confere resistência a todas as raças, com exceção da raça Alfa-Brasil.

Fouilloux (1979) verificou que a cultivar TO apresentava um gene dominante e independente dos demais conhecidos anteriormente, e o denominou de *Mexique 2* (*Co-4*). Este gene confere resistência às raças alfa, beta, gama, delta, épsilon, lambda, capa e alfa-brasil. Outro gene foi descrito pelo autor, presente na cultivar TU e foi denominado *Mexique 3* (*Co-5*) (Fouilloux, 1976).

A cultivar AB 136 constitui-se numa das fontes de resistência para o agente causador da antracnose, *C. lindemuthianum*. Essa cultivar foi avaliada em relação a isolados provenientes da Colômbia e apresentou reação intermediária a um isolado, sendo resistente a quatro isolados (SCHWARTZ et

al., 1982). Esse gene foi denominado de Q (Co-6) por Gonçalves-Vidigal (1994).

No Estado do Paraná, Menezes e Dianese (1988) avaliaram o comportamento das variedades comerciais e as linhagens de feijão: Rio Negro, Iapar 20, Tarumã, Evolutie, AB 136, A 321, A 373, A 381, G 2338, G 2641 e G 3367. Neste estudo, verificaram que as mesmas eram resistentes às raças alfa, delta, épsilon, zeta, eta, teta, capa, lambda e mu.

Balardin e Pastor-Corrales (1990), utilizando as raças alfa, alfa-Brasil, teta, capa, lambda, delta, zeta, C 236 e épsilon kenia, verificaram que a cultivar diferenciadora Cornell 49-242 foi suscetível às raças alfa-Brasil e capa. Por sua vez, Kaboon foi suscetível à raça lambda e as cultivares PI 207262 e TO apresentaram resistência intermediária à raça zeta. Em relação às raças inoculadas, verificou-se que as cultivares TU, AB 136 e G 2333 foram resistentes a todas.

A cultivar AB 136 foi estudada por Rava et al. (1994a) e mostrou-se excelente fonte de utilização, pois foi resistente a 25 raças de *C. lindemuthianum* coletadas no Brasil. Pastor-Corrales et al. (1994) avaliando a resistência de cultivares diferenciadoras à 380 isolados de *C. lindemuthianum*, verificaram que a cultivar G 2333 foi resistente a todos os isolados testados.

Em outros estudos, foi relatado que a cultivar G 2333 possui três genes de resistência, sendo eles: os alelos *Co-4²*, identificado por Young et al. (1998) e Silvério et al. (2002); o gene *Co-7* relatado por Young et al. (1998) e Poletine et al. (2000) e *Co-5²* descrito por Vallejo e Kelly (2009). As cultivares de feijoeiro comum Cornell 49-242, México 222, TO e TU, as quais possuem, respectivamente, os genes *Are*, *Mexique 1*, *Mexique 2* e *Mexique 3*, de acordo com a nova nomenclatura, foram renomeados: *Co-2*, *Co-3*, *Co-4* e *Co-5*, respectivamente.

Atualmente já foram identificados 14 genes e quatro séries alélicas, que conferem resistência à antracnose no feijoeiro comum, os quais foram designados pelos símbolos *Co-1* (MCROSTIE, 1919), *Co-1²* (MELOTTO e KELLY, 2000), *Co-1³* (MELOTTO e KELLY, 2000), *Co-1⁴* (ALZATE MARIN et al., 2003a), *Co-1⁵* (GONÇALVES-VIDIGAL e KELLY, 2006), *Co-2*

(MASTENBROEK, 1960), *Co-3* (BANNEROT, 1965), *Co-3²* (FOUILLOUX, 1979), *Co-4* (FOUILLOUX, 1976; 1979), *Co-4²* (YOUNG et al., 1998), *Co-4³* (ALZATE-MARIN et al., 2007), *Co-5* (YOUNG et al., 1998), *Co-5²* (VALLEJO e KELLY, 2009), *Co-6* (SCHWARTZ et al., 1982; GONÇALVES-VIDIGAL, 1994; KELLY e YOUNG, 1996), *Co-7* (PASTOR-CORRALES, et al., 1994; YOUNG et al., 1998), *co-8* (ALZATE-MARIN et al., 1997), *Co-9* recentemente renomeado *Co-3³* (GEFFROY et al., 1999; RODRIGUES-SUÁREZ et al., 2004; MENDEZ-VIGO et al., 2005; ALZATE-MARIN et al., 2007), *Co-10* (ALZATE-MARIN et al., 2003b), *Co-11* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2007), *Co-12* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008a) e *Co-13* (Gonçalves-Vidigal et al., 2009).

O alelo que tem recebido maior destaque, devido à sua ampla base genética de resistência, é o *Co-4²*. Esse alelo está presente nas cultivares G 2333 e SEL 1308). Esse alelo, presente na linhagem SEL 1308 tem controlado cerca de 97% de todas as raças do patógeno. Por sua vez, a cultivar diferenciadora G 2333, possuidora dos alelos *Co-4²*, *Co-5²* e *Co-7*, confere resistência a todas as raças descritas (Young et al., 1998).

Dos genes citados, 10 são de origem mesoamericana e, por sua vez, apenas três são de origem andina, sendo eles *Co-1* (MCROSTIE, 1919), *Co-12* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008a) e *Co-13* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2009).

2.5. Genes de Resistência ao *C. lindemuthianum*

Locus *Co-1* ('A') – O gene *Co-1*, presente na cultivar diferenciadora Michigan Dark Red Kidney, foi descoberto por Mc Rostie (1919) e por muito tempo esse locus foi considerado a única fonte de resistência andina à antracnose. Apresenta uma série alélica denominada *Co-1²* (MELOTTO e KELLY, 2000), *Co-1³* (MELOTTO e KELLY, 2000), *Co-1⁴* (ALZATE-MARIN et al. 2003b) e *Co-1⁵* (GONÇALVES-VIDIGAL e KELLY, 2006), sendo que estes alelos estão presentes, respectivamente, nas cultivares Kaboon, Perry Marrow, AND 277 e Widusa.

Locus Co-2 ('Are') – O gene Co-2, nomeado anteriormente por 'Are', foi identificado em 1960 por Mastenbroek e está presente na cultivar mesoamericana Cornell 49-242.

Locus Co-3 ('Mexique 1') – Esse gene foi identificado por Bannerot, em 1965, na cultivar mesoamericana México 222. Apresenta dois alelos, identificados como Co-3², presente na cultivar México 227 (FOUILLLOUX, 1979) e o Co-3³, designado anteriormente por Co-9, que está presente na cultivar BAT 93 (GEFFROY et al., 1999; RODRIGUES-SUÁREZ et al., 2004; MENDEZ-VIGO et al., 2005; ALZATE-MARIN et al., 2007), além de estar presente na cultivar diferenciadora PI 207262.

Locus Co-4 ('Mexique 2') – O gene Co-4 é encontrado na cultivar diferenciadora TO (FOUILLLOUX, 1976 e 1979). Apresenta dois alelos, sendo eles identificados como Co-4² que está presente na cultivar diferenciadora G 2333 e na linhagem SEL 1308, além do Co-4³, presente em PI 207262. A resistência conferida pelo loco Co-4 e seus alelos tem provado ser eficaz contra um grande número de isolados latino-americanos de *C. lindemuthianum*, tornando-se uma importante fonte de resistência para os programas de melhoramento genético do feijoeiro (FOUILLLOUX, 1979; PASTOR-CORRALES, 1994; YOUNG e KELLY, 1996).

Locus Co-5 ('Mexique 3') – Conhecido anteriormente por Mexique 3, o gene Co-5 foi identificado inicialmente na cultivar diferenciadora TU, originária do cruzamento de Tenderette x México. Posteriormente foi detectado na cultivar diferenciadora G 2333, além da cultivar SEL 1360 (FOUILLLOUX 1976, 1979; YOUNG et al., 1998). Recentemente, o alelo desse gene, Co-5², foi descrito por Vallejo e Kelly (2009), estando o mesmo presente na cultivar G 2333.

Locus Co-6 – Esse gene está presente na cultivar diferenciadora AB 136 e foi identificado por (SCHWARTZ et al., 1982; GONÇALVES-VIDIGAL, 1994; KELLY e YOUNG, 1996)

Locus Co-7 – Está presente nas cultivares G 2333, MSU-7.1 e na linhagem H1 (YOUNG et al., 1998; KELLY e VALLEJO, 2004; PEREIRA e SANTOS, 2004).

Locus co-8 – Dentre os genes que conferem resistência à antracnose, identificados até o momento, o gene *co-8* é o único recessivo. Esse gene foi descrito por Alzate-Marin et al. (2001) e está presente na cultivar diferenciadora AB 136.

Locus Co-10 – O gene *Co-10* está presente na variedade Ouro Negro e foi descrito por Alzate-Marin et al., (2003b).

Locus Co-11 – Esse gene foi identificado por Gonçalves-Vidigal et al., (2007) e está presente na cultivar diferenciadora Michelite.

Locus Co-12 – O gene *Co-12* foi descrito por Gonçalves-Vidigal (2008a) e está presente na cultivar andina Jalo Vermelho. Essa cultivar foi identificada como a segunda fonte andina de resistência à antracnose, coletada no Estado do Paraná.

Locus Co-13 – Gene identificado na cultivar andina Jalo Listras Pretas por Gonçalves-Vidigal et al. (2009), elevando para três o número de genes de resistência andinos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Cultivar de feijoeiro comum Corinthiano

Em estudos preliminares desenvolvidos no Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri), com diversas cultivares tradicionais de feijoeiro comum, coletadas junto a pequenos agricultores no Noroeste do Estado do Paraná, pelo Engenheiro Agrônomo Rodrigo Garcia¹, a cultivar de feijoeiro comum Corinthiano apresentou relevante destaque.

Essa cultivar apresenta sementes graúdas, com coloração bastante peculiar, dividida em preto e branco, como mostrado na Figura 1. Para a diferenciação entre cultivares andinas e mesoamericanas são utilizadas algumas características, tais como: diferenças morfológicas (tamanho e coloração da semente), tipo de crescimento, tipos eletroforéticos de faseolina (Tipo S e T), Isoenzimas e “*Restriction Fragment Length Polymorphism*” (RFLP) (SICARD et al., 1997).

Na cultivar Corinthiano, o peso médio de 100 sementes foi de 40g., Segundo Singh et al. (1991a). Sementes com peso igual e/ou acima do obtido são classificadas como de origem andina. A origem de Corinthiano pôde ser melhor evidenciada no teste de caracterização do tipo de faseolina, realizando-se a extração de DNA (AFANADOR et al., 1993) e a reação de PCR (*Polymerase Chain Reaction*), utilizando-se o protocolo proposto por Kami et al. (1995). Com o teste, confirmou-se que a faseolina presente nessa cultivar é do tipo T, ou seja, faseolina característica de espécies de feijoeiro oriundas do centro andino (GEPTS, 1984). De acordo com a classificação proposta por Singh et al. (1991a), a cultivar andina Corinthiano pertence à raça *Peru*, pois apresenta sementes grandes, com formato oval e alongado, hábito de crescimento indeterminado tipo IV, além de faseolina tipo T.

¹ †*In Memoriam*



Figura 1 - Cultivar de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Corinthiano.

No Quadro 3, podem ser observadas outras características importantes da cultivar Corinthiano, que auxiliam num programa de melhoramento que envolva cruzamentos com outras cultivares.

Quadro 3 - Características da cultivar andina de feijoeiro comum Corinthiano

Características	Cultivar Corinthiano
Cor de flor	Rósea
Cor da semente	Branco e preto
Brilho da semente	Opaco
Cor de vagem	Vermelha com listras violetas
Cor de caule	Verde
Hábito de crescimento	Indeterminado Tipo IV
Época de florescimento	30 a 35 dias

Em inoculações com as raças 2, 8, 23, 64, 65, 89, 73, 2047 de *C. lindemuthianum*, a cultivar Corinthiano mostrou-se resistente às raças 8, 89 e 2047. Principalmente por sua resistência à raça 2047, considerada uma das raças de maior virulência, e por se tratar de uma cultivar andina, torna-se de extrema importância a caracterização genética dessa cultivar para posterior

inclusão da mesma em programas de melhoramento de feijoeiro que visem resistência à antracnose.

3.2. Local do experimento

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Biologia Molecular do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri) – (latitude 23° 26'8"S e longitude 51° 53'42"), do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

3.3. Obtenção de gerações segregantes

Para obtenção de gerações segregantes, foram realizados cruzamentos entre a cultivar Corinthiano e oito cultivares diferenciadoras, a saber: Michelite, Michigan Dark Red Kidney (MDRK), Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TO, TU, AB 136, G 2333. Além destas, também foram realizados cruzamentos entre Corinthiano e outras cultivares que apresentam genes de resistência ao *C. lindemuthianum*, sendo elas: Jalo Listras Pretas (JLP), Jalo Vermelho (JV), BAT 93, Ouro Negro, AND 277, Pitanga e as linhagens SEL 1308 e H1 (Figura 2). Todas as cultivares utilizadas neste estudo foram obtidas do Banco de Germoplasma do Feijoeiro (BGF) do Nupagri. O Quadro 4 apresenta algumas características das cultivares e linhagens utilizadas no presente trabalho.

Os progenitores utilizados nesse estudo foram semeados em vasos de polietileno (com capacidade de 5 dm³), contendo substrato à base de turfa + fertilizantes (NPK) e foram deixados para germinar em condições de casa de vegetação, realizando-se irrigações diárias, com o objetivo de manter o solo próximo da sua capacidade de campo.

A fim de favorecer o desenvolvimento das plantas, foram efetuadas adubações nitrogenadas via líquida (ocasião da emergência), e adubação potássica antes do florescimento.



Figura 2 - Sementes das cultivares de feijoeiro comum utilizadas no estudo: (1) Michelite, (2) MDRK, (3) Cornell 49-242, (4) México 222, (5) PI 207262, (6) TO, (7) TU, (8) AB 136, (9) G 2333, (10) JLP, (11) JV, (12) BAT 93, (13) Ouro Negro, (14) AND 277, (15) SEL 1308, (16) H1 e (17) Pitanga.

Quadro 4 - Característica das cultivares diferenciadoras, outras cultivares e linhagens de feijoeiro comum (*P. vulgaris*) utilizadas neste estudo

Cultivares e Linhagens	Valor Binário ²	Pool Gênico	Hábito de Crescimento	Tamanho das sementes	Cor de sementes	Cor de Flor	Genes de Resistência	Referências
Michelite	1	MA ¹	Indeterminado	Pequena	Branca	Branca	Co-11	Gonçalves-Vidigal et al. (2007)
MDRK	2	Andina	Determinado	Graúda	Vermelha	Rósea	Co-1	McRostie (1919); Vallejo e Kelly (2008)
Cornell 49-242	8	MA	Indeterminado	Pequena	Preta	Violeta	Co-2	Mastenbroek (1960)
México 222	64	MA	Determinado	Intermediária	Branca	Branca	Co-3	Bannerot (1965)
PI 207262	128	MA	Indeterminado	Pequena	Bege	Branca	Co-4 ³ , Co-3 ³	De Arruda et al. (2000); Alzate-Marin et al. (2007)
TO	256	MA	Determinado	Intermediária	Marrom com listras escuras	Branca	Co-4	Fouilloux (1979); Awale e Kelly (2001)
TU	512	MA	Indeterminado	Pequena	Preta	Violeta	Co-5	Fouilloux (1976, 1979)
AB 136	1024	MA	Indeterminado	Pequena	Vermelha	Branca	Co-6, co-8	Alzate-Marin et al. (2001b), Schwartz et al. (1982)
G 2333	2048	MA	Indeterminado	Pequena	Vermelha	Rósea	Co-4 ² , Co-5, Co-5 ² , Co-7	Young et al. (1998), Vallejo e Kelly (2009)

¹MA= Mesoamericano ²Valor binário utilizado para classificar as raças de *C. lindemuthianum* (PASTOR-CORRALES, 1991)

Cont.

Cultivares e Linhagens	Valor Binário ²	Pool Gênico	Hábito de Crescimento	Tamanho das sementes	Cor de sementes	Cor de Flor	Genes de Resistência	Referências
BAT 93	-	MA	Indeterminado	Pequena	Bege	Branca	Co-3 ³	Geffroy et al. (1999)
Ouro Negro	-	MA	Indeterminado	Pequena	Preta	Branca	Co-10	Alzate-Marin et al. (2003b)
AND 277	-	Andino	Indeterminado	Graúda	Rajado de Vermelho	Rósea	Co-1 ⁴	Alzate-Marin et al. (2003a)
JLP	-	Andina	Indeterminado	Graúda	Bege com listras pretas	Violeta	Co-13	Gonçalves-Vidigal et al. (2009)
JV	-	Andina	Determinado	Graúda	Vermelha	Rósea	Co-12	Gonçalves-Vidigal et al. (2008a)
H1	-	MA	Indeterminado	Pequena	Bege	Branca	Co-7	Pereira e Santos (2004) Awale e Kelly (2001); Young et al. (1998)
SEL 1308	-	MA	Indeterminado	Pequena	Preta	Rósea	Co-4 ²	
Pitanga	-	Andina	Indeterminado	Graúda	Vermelha	Violeta	?	
Corinthiano	-	Andina	Indeterminado	Graúda	Preta e Branca	Violeta	?	

¹MA= Mesoamericano ²Valor binário utilizado para classificar as raças de *C. lindemuthianum* (PASTOR-CORRALES, 1991)

As adubações foram realizadas com nitrogênio na forma de sulfato de amônio (50g de sulfato de amônio 2 litros de água⁻¹), aplicando-se 250 mg de N em 50 mL de água.vaso⁻¹. Além disso, foi fornecido também potássio na forma de cloreto de potássio (14g K₂O 2 litros de água⁻¹).

Durante o período de floração, foram efetuados os cruzamentos, principalmente no horário da manhã (06h30m às 08h30m) e final da tarde (16 h às 18 h), com uso de pinças esterilizadas, com a cultivar Corinthiano utilizada tanto como progenitor feminino como masculino, sendo que posteriormente identificou-se cada cruzamento.

A partir destes cruzamentos, obtiveram-se os híbridos F₁. As sementes F₁ foram semeadas e, por meio de autofecundação, geradas as famílias F₂ (Figura 3 e 4) e estas, posteriormente, foram utilizadas nas inoculações com as raças de *C. lindemuthianum*.

3.4. Raças de *C. lindemuthianum* utilizadas no trabalho

As raças de *C. lindemuthianum*, utilizadas no presente estudo, foram: 8, 89 e 2047 e os inóculos das raças foram obtidos da Micoteca do Nupagri. Segundo Rava et al. (1994a), a raça 8 pertence ao grupo Mexicano; é compatível com a cultivar Cornell 49-242 e foi utilizada na inoculação das populações F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano e as demais cultivares que apresentam reação de resistência a ela. A raça 89, pertencente ao grupo Alfa, foi identificada por Rava et al. em 1994, no Estado do Paraná. Posteriormente, outros autores a identificaram neste mesmo Estado, sendo esta considerada uma das mais frequentes (CARNEIRO, 1999; THOMAZELLA et al., 2002b; SANSIGOLO et al., 2008). Esta raça também foi utilizada nos cruzamentos entre Corinthiano e as cultivares que apresentaram reação de resistência à mesma. A raça 2047 de *C. lindemuthianum* é considerada uma das raças de maior virulência, sendo a cultivar Corinthiano resistente à mesma.

A obtenção da confirmação dos dados coletados foi realizada através do teste de alelismo (para os cruzamentos em que ambas as cultivares eram resistentes) e do teste de herança da resistência (para o cruzamento apresentando reações de resistência e suscetibilidade entre as cultivares).



Figura 3 – Cruzamentos entre a cultivar de feijoeiro comum Corinthiano e as cultivares Michelite, MDRK, Cornell 49-242, México 222, PI 207262, TO, TU, AB 136, com a obtenção das populações F₁ e F₂.

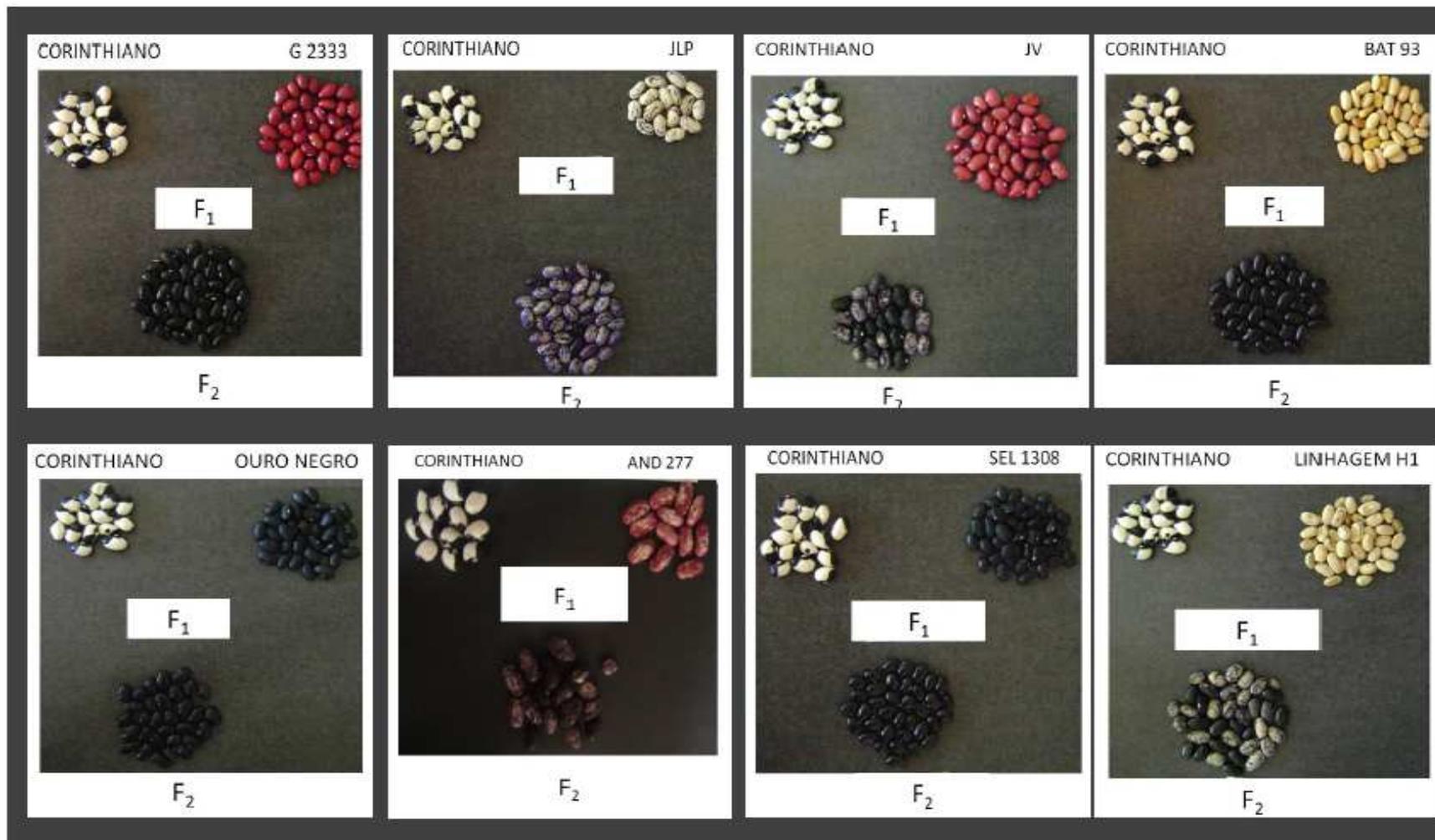


Figura 4 – Cruzamentos entre a cultivar de feijoeiro comum Corinthiano e as cultivares G 2333, JLP, JV, BAT 93, Ouro Negro, AND 277, SEL 1308 e H1, com a obtenção das populações F₁ e F₂.

3.5. Teste de Herança da resistência

O teste de herança da resistência foi aplicado ao cruzamento entre a cultivar Corinthiano e a cultivar diferenciadora Cornell 49-242 utilizando a raça 2047 de *C. lindemuthianum*, onde a primeira cultivar apresentava reação de resistência à raça e a segunda de suscetibilidade à mesma raça. Esse teste objetivou indicar quantos genes atuaram na reação de resistência da cultivar Corinthiano à raça de *C. lindemuthianum*.

3.6. Teste de Alelismo

O teste de alelismo foi aplicado aos cruzamentos, onde ambas as cultivares envolvidas apresentavam reação de resistência às raças 8, 89 e 2047 (Quadro 5). Com este teste, foi possível avaliar a independência do gene presente na cultivar Corinthiano, dos genes previamente caracterizados.

3.7. Avaliação da suscetibilidade e resistência

3.7.1. Plantio das populações

As sementes F_2 obtidas, foram semeadas em bandejas plásticas (0,45 x 0,30 x 0,08 metros), contendo substrato à base de turfa. Foram semeadas aproximadamente 100 sementes de cada cruzamento, exceto do cruzamento entre Corinthiano x G 2333, no qual foram utilizadas 256 sementes. As bandejas foram mantidas em condições de casa de vegetação até o surgimento total do primeiro trifólio; posteriormente foram aclimatadas em ambiente controlado por aproximadamente 1 hora e, em seguida, procedeu-se à inoculação.

3.7.2. Preparo do inoculo

O preparo do inoculo seguiu a metodologia proposta por Cárdenas et al. (1964), que consiste na multiplicação dos esporos de cada patótipo do *C.*

lindemuthianum em tubos de ensaio contendo vagens esterilizadas (autoclavadas 2 vezes de 20 min. a 120°C) e parcialmente imersas em meio com ágar-água. A repicagem do fungo nas vagens foi feita em câmara de fluxo laminar devidamente esterilizado e, após as mesmas, foram incubadas em BOD (Biochemical Oxygen Demand) a $\pm 20^{\circ}\text{C}$ por 14 dias, para posterior inoculação.

Quadro 5 - Cruzamento entre cultivares, para obtenção dos híbridos, e comportamento em relação às três raças fisiológicas do *C. lindemuthianum*

Cruzamentos	Reação	Raça inoculada
Corinthiano x Michelite	R x R	8
Corinthiano x MDRK	R x R	8
Corinthiano x México 222	R x R	8
Corinthiano x PI 207262	R x R	8
Corinthiano x TO	R x R	8
Corinthiano x TU	R x R	8
Corinthiano x AB136	R x R	8
Corinthiano x BAT 93	R x R	8
Corinthiano x H1	R x R	8
Corinthiano x Ouro Negro	R x R	89
Corinthiano x JLP	R x R	89
Corinthiano x JV	R x R	89
Corinthiano x G 2333	R x R	2047
Corinthiano x AND 277	R x R	2047
Corinthiano x Pitanga	R x R	2047
Corinthiano x SEL 1308	R x R	2047

R = Resistente e S = Suscetível

3.7.3. Inoculação

Decorrido o período necessário para o desenvolvimento do fungo, foi realizada a retirada das vagens de cada tubo, com o auxílio de uma pinça esterilizada, para um Becker contendo água destilada autoclavada que, logo em seguida, foi filtrada através de uma dupla camada de gaze, dando origem a uma suspensão de esporos. Para cada raça do patógeno, foram realizadas cinco contagens com o auxílio do hematocítômetro (câmara de Neubauer-Preciss). Após a contagem, a suspensão de esporos foi ajustada à concentração de $1,2 \times 10^6$ esporos mL^{-1} de água destilada autoclavada.

A inoculação da suspensão de esporos nas plantas procedeu-se por meio de um compressor elétrico de ar tipo De Vilbiss, número 15, a partir da adaptação do método empregado por Cárdenas et al. (1964). As plantas inoculadas foram mantidas em câmara de nevoeiro por 72 horas, a uma temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$, com luminosidade controlada (12 horas de iluminação de 680 lux/12 horas de escuro). Após o período de incubação, as bandejas foram transferidas para mesas com temperatura $22 \pm 2^\circ\text{C}$, sob luz artificial, onde permaneceram até as avaliações.

Essa metodologia foi primeiramente utilizada nas doze cultivares diferenciadoras para antracnose, a fim de se confirmar os fenótipos de virulência das raças 8, 89 e 2047 (PASTOR-CORRALES, 1988; MAHUKU e RIASCOS, 2004). Após a confirmação das raças, essas foram inoculadas nas respectivas populações F_2 de cada cruzamento para posterior avaliação dos resultados.

3.7.4. Método de avaliação dos sintomas

Aos dez dias após a inoculação, foi efetuada a avaliação visual dos sintomas, utilizando a escala de notas de 1 a 9 (VAN SCHOONHOVEN e PASTOR-CORRALES, 1987). As plantas, que não apresentavam sintomas ou poucas lesões na nervura principal e secundária das folhas, receberam notas de 1 a 3 e foram consideradas resistentes, enquanto as que apresentavam notas de 4 a 9 foram consideradas suscetíveis.

3.7.5. Análise estatística dos dados

A partir dos dados obtidos pelas segregações mendelianas dos fenótipos de resistência e suscetibilidade, com o auxílio do recurso computacional do Programa Genes (Cruz, 2001), realizou-se a análise genético-estatística pelo teste do qui-quadrado (χ^2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de Herança da resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum*

O teste de herança da resistência tem como finalidade mostrar quantos genes atuam na reação de resistência da cultivar Corinthiano ao patógeno *C. lindemuthianum*. Para isso, a escolha dos parentais é de fundamental importância, tendo sido utilizada, para este teste, a cultivar diferenciadora mesoamericana, Cornell 49-242. Esta cultivar é uma das mais antigas fontes de resistência à antracnose, apresentando um amplo espectro de resistência (VIEIRA, 1988), porém, em relação à raça 2047, apresenta reação de suscetibilidade. A raça 2047 foi escolhida para esse teste por ser considerada uma das mais severas e também pela resistência que a cultivar Corinthiano apresenta em relação à mesma.

O Quadro 6 apresenta o resultado do teste de herança entre as cultivares Corinthiano e Cornell 49-242 e o resultado do teste qui-quadrado, para a análise da probabilidade da hipótese da presença do gene.

Quadro 6 - Teste de Herança da resistência entre as cultivares de feijoeiro comum Corinthiano x Cornell 49-242

Cruzamento	Raça Inoculada	Geração F ₂				
		Plantas Observadas		Relação Esperada	χ^2	Probabilidade (%)
		R	S	R : S		
Corinthiano x Cornell 49-242	2047	136	45	3 : 1	0,002	96,58

Diante disso, observa-se que a segregação na população F₂ do cruzamento entre as cultivares Corinthiano e Cornell 49-242 foi ajustada à razão 3R:1S, confirmando que a resistência à raça 2047 de *C. lindemuthianum* é conferida por um gene dominante.

A cultivar Mesoamericana Cornell 49-242 apresenta o gene *Co-2* (MASTENBROEK, 1960) e este gene não confere resistência à raça 2047 de *C. lindemuthianum*. Diante da segregação obtida, fica evidente que o gene dominante observado encontra-se presente na cultivar Corinthiano. Em estudos utilizando a cultivar Cornell 49-242, como um dos parentais, Gonçalves-Vidigal e Kelly (2006) obtiveram resultados semelhantes na caracterização da cultivar Widusa, quando a população foi inoculada com a raça 73 de *C. lindemuthianum*. Neste estudo de herança da resistência, a segregação também foi ajustada a razão de 3R:1S, demonstrando a presença de um único gene dominante presente em Widusa. Com a finalidade de caracterizar geneticamente a cultivar Jalo Listras Pretas, Gonçalves-Vidigal et al. (2009) também obtiveram resultados similares ao presente estudo quando o cruzamento foi realizado com o mesmo parental (Cornell 49-242), mostrando a presença de um único gene presente na cultivar Jalo Listras Pretas.

De acordo com o teste qui-quadrado aplicado aos dados obtidos nesse cruzamento, pôde-se comprovar a hipótese da presença de um único gene dominante, presente na cultivar Corinthiano.

4.2. Teste de Alelismo

Os testes de alelismo têm como objetivo avaliar a independência do gene presente na cultivar Corinthiano em relação aos genes previamente descritos na literatura. Deste modo foram utilizadas três raças de *C. lindemuthianum*, sendo elas: raças 8, 89 e 2047. As raças 8 e 89 são importantes pois fazem parte das 50 raças do patógeno já identificadas no Brasil (RAVA et al. 1994a; THOMAZELLA et al. 2002b; ALZATE-MARIN e SARTORATO, 2004; TALAMINI et al. 2004; GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008b; DAMASCENO e SILVA et al. 2007). Em estudos realizados no estado do Paraná por Sansigolo et al. (2008), a raça 89 foi considerada uma das mais freqüentes. No estado de São Paulo, segundo Carbonell et al. (1999), essa raça é considerada a mais agressiva. Já a raça 2047, identificada na Costa Rica, tem recebido maior destaque, sendo considerada uma das raças de

maior virulência já identificadas até o presente momento. No entanto, não há registro de identificação da mesma no Brasil.

O Quadro 7 apresenta os resultados das segregações das populações F₂ obtidas dos cruzamentos entre duas cultivares resistentes (R x R) para a realização do teste de alelismo. Estes testes foram realizados nos cruzamentos entre a cultivar Corinthiano e as cultivares Michelite, Michigan Dark Red Kidney, México 222, PI 207262, TO, TU, AB 136, BAT 93, Ouro Negro, Jalo Listras Pretas, Jalo Vermelho, G 2333, AND 277, Pitanga, SEL 1308, e na linhagem H1. Observou-se que todas as segregações ajustaram-se à razão de 15R:1S.

Quadro 7 - Teste de alelismo na população F₂ dos cruzamentos entre as cultivares de feijoeiro comum inoculadas com as raças 8, 89 e 2047

Cruzamentos	Raças	Geração F ₂				
		Plantas Observadas		Relação Esperada	χ^2	Probabilidade (%)
		R	S	R : S		
Corinthiano x Michelite	8	93	6	15 : 1	0,006	93,80
Corinthiano x MDRK	8	93	7	15 : 1	0,096	75,67
Corinthiano x México 222	8	87	6	15 : 1	0,006	93,60
Corinthiano x PI 207262	8	92	7	15 : 1	0,114	73,58
Corinthiano x TO	8	83	5	15 : 1	0,048	82,57
Corinthiano x TU	8	94	6	15 : 1	0,011	91,77
Corinthiano x AB 136	8	92	6	15 : 1	0,003	95,84
Corinthiano x BAT 93	8	94	7	15 : 1	0,078	77,75
Corinthiano x H1	8	94	6	15 : 1	0,011	91,77
Corinthiano x Ouro Negro	89	81	5	15 : 1	0,028	86,73
Corinthiano x JLP	89	93	6	15 : 1	0,006	93,80
Corinthiano x JV	89	89	6	15 : 1	0,001	97,89
Corinthiano x G 2333	2047	238	18	15 : 1	0,267	60,56
Corinthiano x AND 277	2047	56	4	15 : 1	0,018	89,39
Corinthiano x SEL 1308	2047	94	6	15 : 1	0,011	91,77
Corinthiano x Pitanga	2047	30	2	15 : 1	0,000	100,0

A população F_2 do cruzamento entre Corinthiano x Michelite (Figura 5), inoculada com a raça 8, apresentou segregação 15R:1S, indicando a ação de dois genes dominantes com probabilidade de 94%, sendo que, um deles está presente na cultivar Corinthiano e o outro em Michelite *Co-11* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2007). Gonçalves Vidigal et al. (2008a) utilizando a variedade diferenciadora Michelite, no cruzamento com a cultivar andina Jalo Vermelho, alcançou a mesma segregação, 15R:1S, com probabilidade de 78%.

A segregação obtida no cruzamento de Corinthiano x MDRK (Figura 5), inoculado com a raça 8 de *C. lindemuthianum*, foi de 15R:1S, indicando a novamente a ação de dois genes dominantes, neste caso com probabilidade de 76%. Pode-se dizer então que o gene presente em Corinthiano é independente do gene *Co-1* (MCROSTIE, 1919), presente em MDRK. Em estudos com a cultivar Ouro Negro, Alzate Marin et al. (2003c) alcançaram uma segregação na razão 15R:1S, no cruzamento de Ouro Negro x MDRK, numa probabilidade de 14%. A cultivar andina MDRK faz parte das cultivares diferenciadoras propostas por Pastor-Corrales (1991), sendo o gene *Co-1*, o primeiro de origem andina, identificado (MCROSTIE, 1919).

Nas gerações F_2 dos cruzamentos de Corinthiano x México 222 ($p = 0,94$), Corinthiano x PI 207262 ($p = 0,74$) e Corinthiano x BAT 93 ($p = 77,75$), inoculados com a raça 8 (Figura 5), as segregações ajustaram-se à razão de 15R:1S. Portanto, o gene presente em Corinthiano difere do gene *Co-3* (BANNEROT, 1965) presente em México e do alelo *Co-3³* presente em PI 207262 e em BAT 93 (GEFFROY et al., 1999; RODRIGUES-SUÁREZ et al., 2004; MENDEZ-VIGO et al., 2005; ALZATE-MARIN et al., 2007).

Apesar de PI 207262 apresentar dois alelos de resistência ao patógeno (*Co-3³* e *Co-4³*), o alelo *Co-4³* não atua no processo de resistência à raça 8 de *C. lindemuthianum*, sendo o *Co-3³* o único responsável por conferir essa resistência (MARCONDES, 2007). Resultado similar a esse teste foi obtido por Gonçalves-Vidigal et al. (2009) nos cruzamentos entre Jalo Listras Pretas e as cultivares México 222 ($p = 0,94$), PI 207262 ($p = 0,73$) e BAT 93 ($p = 0,62$), alcançando uma segregação de 15R:1S, quando inoculados com as raças 9 e

73. Neste estudo foi evidenciado que o gene presente em Jalo Listras Pretas também diferia do Co-3 e do Co-3³.

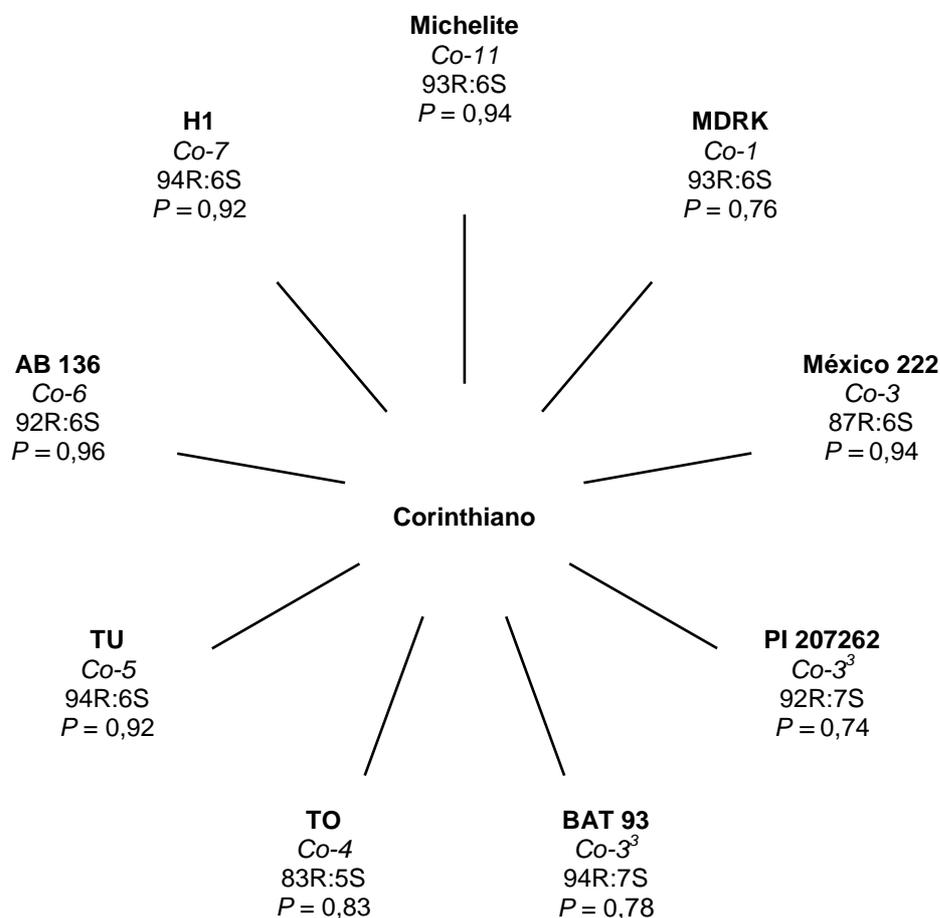


Figura 5 - Teste de Alelismo nas populações F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano e as cultivares Michelite, MDRK, México 222, PI 207262, BAT 93, TO, TU, AB 136 e H1, inoculadas com a raça 8 de *C. lindemuthianum*.

Ressalta-se que o alelo Co-3³, caracterizado anteriormente e denominado de Co-9 tem apresentado um amplo espectro de resistência em relação às raças caracterizadas como de origem andina (KELLY e VALLEJO, 2004).

A segregação obtida no cruzamento entre Corinthiano e TO (Figura 5), inoculado com a raça 8, ajustou-se à razão de 15R:1S, indicando novamente a ação de dois genes dominantes, sendo um deles pertencente à Corinthiano, diferindo do *Co-4* (FOUILLLOUX, 1976 e 1979) presente na cultivar TO. O cruzamento de Corinthiano x TU (Figura 5) também inoculado com a raça 8 de *C. lindemuthianum*, apresentou a segregação que se ajustou à razão de 15 plantas resistentes: 1 suscetível. Este fato evidencia a independência do gene presente em Corinthiano em relação ao *Co-5* presente na cultivar TU originalmente identificado por Fouilloux 1976, 1979 e Young et al., 1998).

As gerações F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano x AB 136 e Corinthiano x H1 (Figura 5), ambos inoculados com a raça 8 de *C. lindemuthianum*, apresentaram segregação ajustadas à razão de 15R:1S, com probabilidade de 94% e 92%, respectivamente. Essa segregação indica que o gene de resistência de Corinthiano é independente do gene *Co-6* presente em AB 136 (SCHWARTZ et al., 1982; GONÇALVES VIDIGAL, 1994; YOUNG e KELLY 1996b) e do gene *Co-7* de H1 (PASTOR-CORRALES, et al., 1994; YOUNG et al., 1998).

No cruzamento entre Corinthiano x Ouro Negro (Figura 6), a população F₂ apresentou uma segregação que se ajustou à razão de 15R:1S, quando inoculada com a raça 89 do patógeno. Portanto a cultivar Corinthiano possui um gene que difere do *Co-10* da cultivar Ouro Negro (ALZATE-MARIN et al., 2003b).

Conforme pode ser observado na Figura 6, as populações F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano x Jalo Vermelho e Corinthiano x Jalo Listras Pretas, inoculadas com a raça 89 de *C. lindemuthianum* também segregaram na razão de 15R:1S. Esse resultado mostra que o gene presente na cultivar Corinthiano é independente dos genes *Co-12* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2008a) e *Co-13* (GONÇALVES-VIDIGAL et al., 2009).

Ressalta-se que os genes *Co-12* e *Co-13* são de relevada importância, uma vez que antes de suas caracterizações, apenas o *Co-1* da cultivar MDRK era considerado como de origem andina.

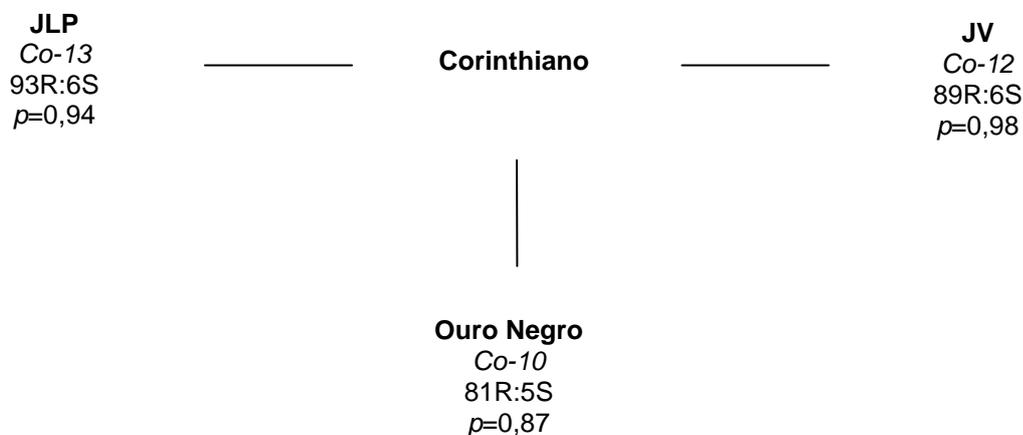


Figura 6 - Teste de Alelismo nas populações F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano e as cultivares Ouro Negro, Jalo Vermelho e Jalo Listras Pretas, inoculadas com a raça 89 de *C. lindemuthianum*.

Nos testes de alelismo envolvendo os cruzamentos entre Corinthiano x SEL 1308 e Corinthiano x G 2333 (Figura 7), a segregação ajustou-se a uma razão de 15R:1S, o que demonstra a ação de dois genes dominantes de resistência à raça 2047 de *C. lindemuthianum*. Assim sendo, o gene identificado na cultivar Corinthiano é independente do alelo *Co-4*² (AWALE e KELLY, 2001; YOUNG et al., 1998), presente em ambas as cultivares testadas. Apesar de, a cultivar G 2333, apresentar três alelos de resistência ao patógeno (*Co-4*², *Co-5*² e *Co-7*) (YOUNG et al. 1998; VALLEJO e KELLY, 2009), apenas o gene *Co-4*² confere resistência à raça 2047 de *C. lindemuthianum*. Além disso, o mesmo tem recebido grande destaque, pois possui ampla base genética de resistência (YOUNG et al., 1998).

A geração F₂ dos cruzamentos entre Corinthiano x AND 277 e Corinthiano x Pitanga apresentaram segregações que se ajustaram à razão de 15R:1S (Figura 7). Esse resultado mostra novamente a independência do gene de Corinthiano, diferindo do *Co-1*⁴ que se encontra na cultivar AND 277 (ALZATE-MARIN et al., 2003a) e do gene presente na cultivar Pitanga. O gene recentemente caracterizado na cultivar Pitanga, assume elevada importância,

pois aumenta para quatro o número de genes andinos com resistência ao *C. lindemuthianum*.

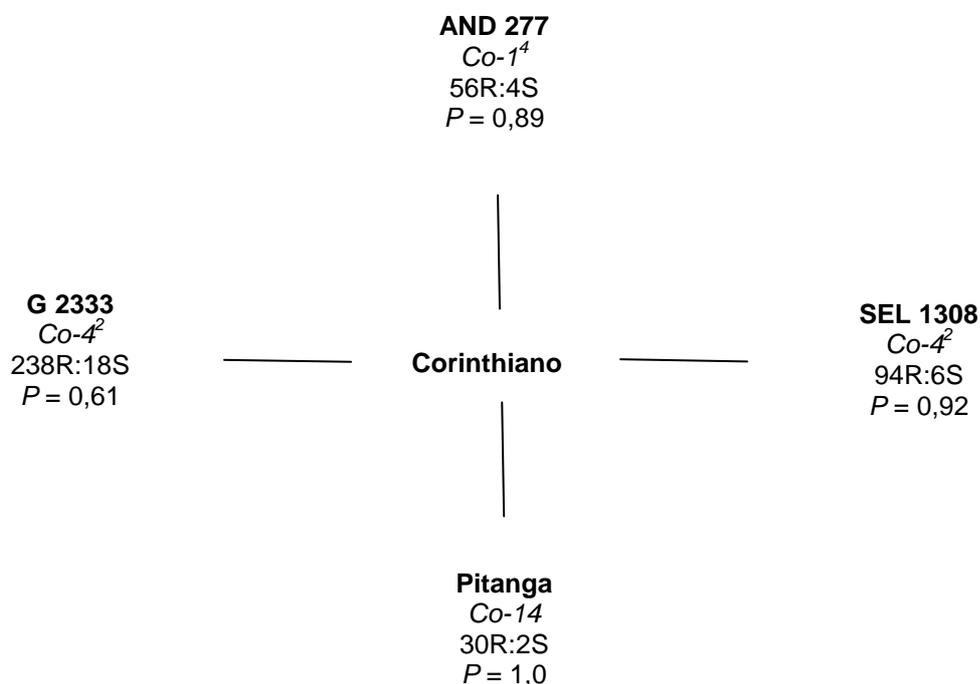


Figura 7 - Teste de Alelismo nas populações F_2 dos cruzamentos entre Corinthiano e as cultivares SEL 1308 e G 2333, inoculadas com a raça 2047 de *C. lindemuthianum*.

De acordo com os dados apresentados, a cultivar de feijoeiro comum Corinthiano, coletada em fazendas de pequenos agricultores do estado do Paraná, apresentou em todos os testes de alelismo segregações que se ajustaram à razão de razão 15R:1S. Esses resultados indicam que a cultivar Corinthiano possui um gene dominante segregando independentemente daqueles previamente caracterizados: $Co-1$, $Co-1^4$, $Co-3$, $Co-3^3$, $Co-4$, $Co-4^2$, $Co-5$, $Co-6$, $Co-7$, $Co-10$, $Co-11$, $Co-12$, $Co-13$ e do gene presente em Pitanga.

Portanto a cultivar Corinthiano constitui-se em importante fonte de resistência à antracnose, portadora de um novo gene andino o qual será designado pelo símbolo $Co-15$ e futuramente utilizado em programas de melhoramento do feijoeiro que visem resistência à doença.

Os testes de herança e de alelismo reforçam a hipótese de que apenas um único gene dominante na cultivar Corinthiano confere resistência às raças 8, 89 e 2047 de *C. lindemuthianum*, e que o gene é independente de outros genes andinos e mesoamericanos de resistência previamente relatados. Os autores propõem que o gene dominante de resistência, que confere à antracnose na cultivar Corinthiano, ser nomeado de *Co-15*.

Os resultados obtidos são especialmente relevantes em programas de melhoramento que possuem como objetivo a piramidação de genes Andinos e Mesoamericanos que conferem resistência a raças distintas de *C. lindemuthianum*. A piramidação de genes é uma estratégia para desenvolver cultivares com resistência durável (YOUNG e KELLY, 1996). Além disso, o surgimento de novas raças do patógeno pode ser retardado pelo uso de cultivares resistentes, contendo genes com efeitos importantes. Segundo Van Der Plank (1984), a base para essa estabilidade da resistência é a diminuição da virulência do patógeno em hospedeiro que possui um certo número de genes de forma a prevalecer a resistência da cultivar. Como resultado, uma abordagem possível, a fim de manter a resistência durável por um longo período de tempo, seria a introgressão de genes de resistência de várias fontes para uma mesma cultivar.

Os dados obtidos na presente pesquisa permitem que os melhoristas de feijoeiro comum possam transferir este gene Andino de resistência à antracnose para cultivares comerciais, dando a oportunidade de melhorar a eficácia da resistência à antracnose em feijoeiro por meio da piramidação de genes Andinos e Mesoamericanos em programas de melhoramento.

5. CONCLUSÕES

No teste de herança da resistência, a segregação obtida no cruzamento entre Corinthiano x Cornell 49-242 ajustou-se à razão de 3R:1S, indicando a presença de um gene dominante, presente na cultivar andina Corinthiano.

Nos testes de alelismo as segregações verificadas nas populações F₂ se ajustaram à razão de 15R:1S, demonstraram que o gene dominante presente em na cultivar Corinthiano é independente dos genes presentes nas cultivares testadas. Portanto esse gene andino difere dos previamente caracterizados e os autores propõem o símbolo *Co-15* para nomear o novo gene andino presente na cultivar Corinthiano.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A.F.B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras, na região sul de Minas Gerais**. 2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasSulMG/index.htm>>. Acesso em: 3 set. 2007.

ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, F.M.A.; MENDONÇA, H.A. Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 363-369, 2003.

AFANADOR, L.K.; HALEY, S.D.; KELLY, J.D. Adoption of a “miniprep” DNA extraction method for RAPD marker analysis in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 36, p. 10-11, 1993.

ALZATE-MARIN, A.L., K.S. DE ALMEIDA, E.G. DE BARROS; M.A. MOREIRA, M.A. Identification of a recessive gene conferring resistance to anthracnose in common bean lines derived from the differential cultivar AB 136. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.44, p.117-118, 2001.

ALZATE-MARIN, A.L.; ARRUDA, K.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M. A. Allelism studies for anthracnose resistance genes of common bean cultivar and 277. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v.46, p. 173-174, 2003a.

ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.R.; ARRUDA, K.M.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Characterization of the anthracnose resistance gene present in Ouro Negro (Honduras 35) common bean cultivar. **Euphytica**, v. 133, p. 165-169, 2003b.

ALZATE-MARIN, A.L.; SARTORATO, A. Analysis of the pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 47, p. 241-242, 2004.

ALZATE-MARIN, A.L., K.A. DE SOUZA, M.G.M. SILVA, E.J. OLIVEIRA, M.A. MOREIRA; E.G. BARROS. Genetic characterization of anthracnose resistance genes *Co-4³* and *Co-9* in common bean cultivar tlanepantla 64 (PI 207262). **Euphytica**, v. 154:1-8, 2007.

ANDRADE, E.M.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A. Variabilidade patogênica de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões brasileiras. In: VI RENAPE - REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Salvador, 1999. **Resumos Expandidos...**, p. 242-244, 1999.

ANDRUS, C.F.; WADE, B.L. **The factorial interpretation of anthracnose resistance in beans**, p. 1-29, 1942.

ARAÚJO, I.D. de. Identificação da raça alfa do *Colletotrichum lindemuthianum* e a reação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 8, p. 159-162, 1973.

ARF, O. et al. Efeito de diferentes espaçamentos e densidades em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) adubado de acordo com a área e a população de plantas. **Científica**, v. 25, p. 45-57, 1997.

AUGUSTIN, E.; COSTA, J.G.C. Fontes de resistência a duas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* no melhoramento do feijoeiro no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.6, p. 265-272, 1971.

AWALE, H.E.; KELLY, J.D. Development of SCAR markers linked to *Co-4²* gene in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 44, p. 119-120, 2001.

BALARDIN, R.S.; JAROSZ, M.; KELLY, J.D. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central, and North America. **Phytopathology**, v. 87 p. 1184-1191, 1997.

BALARDIN, R.S.; PASTOR-CORRALES, M.A. Reação de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* a nove raças de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, p. 269-273, 1990.

BANNEROT, H. Résultats de l' infection d'une collection de haricots par six races physiologiques d'antracnose. **Ann. de Amélior. des Plantes**, v. 15, p. 201-222, 1965.

BARROS, B. de C.; OLIVEIRA, S.H.F.de; LEITE, L.G.; ITO, M.F.; CAMPOS, T.B. de; OLIVEIRA, C.M.G.de, SANAZZARO, A.M.; CASTRO, J.L.de; PINZAN, N.R. **Feijoeiro: Manejo integrado de pragas e doenças das culturas**, 2000. 90p.

BARRUS, M.F. Variation of varieties of beans in their susceptibility to anthracnose. **Phytopathology**, v. 1, p. 190-199, 1911.

BARRUS, M.F. Varietal susceptibility of beans to strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Brit et Cav. **Phytopathology**, v. 8, p. 589-614, 1918.

BIANCHINI, A.; MENEZES, J.R, de; MARINGONI, A.C. Doenças e seu controle. In: CARVALHO, S.M. de. **O Feijão no Paraná**, 1989. 303p.

BIGIRIMANA, J.; HÖFTE, M. Bean anthracnose: inoculation methods and influence of plant stage on resistance of *Phaseolus vulgaris* cultivars. **Journal of Phytopathology**, v. 149, p. 403-408, 2001.

BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA Jr., T.J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**, p.14-53, 1998.

BURKHOLDER, W.H. The production of an anthracnose resistant White Marrow bean. **Phytopathology**, v. 8, p. 353-359, 1918.

BURKHOLDER, W.H. The gamma strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Brit et Cav. **Phytopathology**, v. 13, p. 316-323, 1923.

CARBONELL, S. A. M.; ITO, M. F.; POMPEU, A. S.; FRANCISCO, F. G.; RAVAGNANI, S.; ALMEIDA, A. L. L. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* e reação de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 24, p. 60-65, 1999.

CÁRDENAS, F.; ADAMS, M.W.; ANDERSEN, A. The genetic system for reaction of field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to infection by three physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Euphytica**, v. 13, p. 178-186, 1964.

CARNEIRO, S.M. Physiological races *Colletotrichum lindemuthianum* in Parana State-Brazil. **Summa Phytopathologica**, v. 25, p. 275-278, 1999.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **Bean production Systems**, p. 112-151, 1974.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **La antracnosis del frijol y su control.**, v. 27, 1981. (CIAT - Série 04SB-06.08).

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). **Annual Report Bean Program.**, 1990.

CHAVES, G. La Antracnosis. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (eds.). **Problemas de producción del frijol; enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***, p.37-53, 1980.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Quarto levantamento de avaliação da safra 2006/2007.** 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4levsafra.pdf>>. Acesso em nov. 2008.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/4graos_07.01.19.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2010.

CRONQUIST, A. **Devolution and classification of flowering plants**, 1988. 555p.

CRUZ, C.D. **Aplicativo computacional em genética e estatística**, 2001. 648p.

DAMASCENO E SILVA, K.J.; SOUZA, E.A.; ISHIKAWA, F.H. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from the State of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Phytopathology**, v.155, p. 241-247, 2007.

DE ARRUDA, M.C.C.; ALZATE-MARIN, A.L.; CHAGAS, J.M.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Identification of random amplified polymorphic DNA markers linked to the *Co-4* resistance gene to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean. **Phytopathology**, v. 90, p. 758-761, 2000.

FAO - **Faostat database gateway**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 23 jul. 2007.

FAO - **Faostat database gateway**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 01 dez. 2009.

FOUILLOUX, G. L'antracnose du haricot: etude des relations entre les pathotypes anciens et nouveaux. Etude de nouvelles sources de resistance totale. In: Reunion Eucarpia Haricot, 1975, Versailles. **Proceedings...**, p. 81-92, 1975.

FOUILLOUX, G. Bean anthracnose. New genes of resistance. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 19, p. 36-37, 1976.

FOUILLOUX, G. New races of bean anthracnose and consequences on our breeding programs. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DISEASES OF TROPICAL FOOD CROPS. Louvain la Neuve, 1979. **Proceedings...**, p. 221-235, 1979.

GEFFROY, V.; DELPHINE, S.; OLIVEIRA, J. C. F.; SÉVIGNAC, M.; COHEN, S.; GEPTS, P.; NEEMA, C.; LANGIN, T.; DRON, M. Identification of an ancestral resistance gene cluster involved in the co evolution process between *Phaseolus vulgaris* and its fungal pathogen *Colletotrichum lindemuthianum*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 12, p. 774-784, 1999.

GEPTS, P. Enhanced available methionine concentration associated with higher phaseolin levels in common bean seeds. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 69, p. 47-53, 1984.

GEPTS, P.; BLISS, F. A. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. **Economic Botany**, v. 40, p. 469-478, 1986.

GEPTS, P. A Middle American and an Andean common bean gene pool. In: P. GEPTS (Ed.). **Genetic resources of *Phaseolus* beans; their maintenance, domestication, and utilization**. London: Kluwer, p. 375-390, 1988.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.G. **Herança da resistência às raças alfa, delta e capa de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1994. 52f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento)- Departamento de Agronomia, UFV, Viçosa, MG, 1994.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; KELLY, J.D. Inheritance of anthracnose resistance in the common bean cultivar Widusa. **Euphytica**, v. 151, p. 411-419, 2006.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; SILVA, C.R.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; KVITSCHAL, M.V. Allelic relationships of anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) resistance in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Michelite and the proposal of a new anthracnose resistance gene, Co-11. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, p. 589-593, 2007.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; LACANALLO, G.F.; VIDIGAL FILHO; P.S. A new gene conferring resistance to anthracnose in Andean common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Jalo Vermelho. **Plant Breeding**, v. 127, p. 592-596, 2008a.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; THOMAZELLA, C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; KVITSCHAL, M.V.; ELIAS, H. T. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates using differential cultivars of common bean in Santa Catarina state, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 883-888. 2008b.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO; P.S.; MEDEIROS, A.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. Common bean landrace Jalo Listras Pretas is the source of a new Andean anthracnose resistance gene. **Crop Science**, v. 49, p. 133-138, 2009.

HABGOOD, H. Designation of physiological races of plant pathogens. **Nature**, v. 227, p. 1267-1269, 1970.

HALEY, S.D.; MIKLAS, P.N.; AFANADOR, L.; KELLY, J.D. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker variability between and within gene pools of common bean. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 122-125, 1994.

HUBBELING, N. Selection for resistance to anthracnose particularly in respect to the "ebnet" race of *Colletotrichum lindemuthianum*. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 19, p. 49-50, 1976.

ISHIKAWA, F.H.; SOUZA, E.A.; DAVIDE, L.M.C. Genetic variability within isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* belonging to race 65 from the state of Minas Gerais, Brazil. **Biologia**, v. 63, p. 156-161, 2008.

KAMI, J.A.; VELASQUEZ, V.B.; DEBOUCK, D.G.; GEPTS, P. Identification of presumed ancestral DNA sequences of phaseolin in *Phaseolus vulgaris*. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v. 92, p. 1101-1104, 1995.

KELLY, J.D.; AFANADOR, L.; CAMERON, L.S. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Michigan and implications in dry bean resistance breeding. **Plant Disease**, v. 78, p. 892-894, 1994.

KELLY, J.D.; YOUNG, R.A. Proposed symbols for anthracnose resistance genes. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 39, p. 20-24, 1996.

KELLY, J.D.; VALLEJO, V. A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. **Hortscience**, v. 39, p. 1196-1207, 2004.

KIMATI, H. **Algumas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et. Magn.) Scrib. que ocorrem no Estado de São Paulo**. 1966. 28 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1966.

KIMATI, H. Doenças do feijoeiro – *Phaseolus vulgaris*. In: GALLI, F (eds). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**, p. 297-318, 1980.

KRÜGER, J.; HOFFMANN, G.M.; HUBBELING, N. The Kappa race of *Colletotrichum lindemuthianum* and sources of resistance to anthracnose in *Phaseolus* beans. **Euphytica**, v. 26, p. 23-25, 1977.

MAHUKU, G.S.; JARA, C.E.; CAJIAO, C.; BEEBE, S. Sources of resistance to *C. lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. **Plant Disease**, v. 86, p. 1383-1387, 2002.

MAHUKU, G. S.; RIASCOS, J. J. Virulence and molecular diversity within *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Andean and Mesoamerican bean varieties and regions. **European Journal of Plant Pathology**, v. 110, p. 253-263, 2004.

MARCONDES, E.H.K. **Seleção de linhagens de feijoeiro com tipo de grão carioca e com os alelos Co-4 e Co-5 de resistência a antracnose.** 2007. 48f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007.

MASTENBROEK, C. A breeding program for resistance to anthracnose in dry shell haricot beans, based on a new gene. **Euphytica**, v. 9, p. 177-184, 1960.

McROSTIE, G.P. Inheritance of anthracnose resistance as indicated by a cross between a resistant and a susceptible bean. **Phytopathology**, v. 9, p. 141-148, 1919.

MELOTTO, M.; KELLY, J.D. An allelic series at the Co-1 locus for anthracnose in common bean of Andean origin. **Euphytica**, v. 116, p. 143-149, 2000.

MÉNDEZ-VIGO, B.; RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C.; PAÑEDA, A.; FERREIRA, J.J.; GIRALDEZ, R. Molecular markers and allelic relationships of anthracnose resistance gene cluster B4 in common bean. **Euphytica**, v. 141, p. 237-245, 2005.

MENEZES, J.R. **Variabilidade Patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. em *Phaseolus vulgaris* L.** 1985. 65p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Brasília: Universidade de Brasília, 1985.

MENEZES, J.R.; DIANESE, J.C. Race characterization of Brazilian isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* and detection of resistance to anthracnose in *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 78, p. 650-655, 1988.

MESQUITA, F.R. **Linhagens de feijão: composição química e digestibilidade protéica.** 2005. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

OLIARI, L.; VIEIRA, C.; WILKINSON, R.E. Physiologic races of *Colletotrichum lindemuthianum* in the state of Minas Gerais, Brazil. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 870-872, 1973.

OLIVEIRA, E.A.; ANTUNES, I.F.; COSTA, J.G.C. da. Bean anthracnose race survey in South Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 16, p. 42-43, 1973.

PARADELA FILHO, O.; POMPEU, A.S. Ocorrência do Grupo Brasileiro I de *Colletotrichum lindemuthianum* da antracnose do feijoeiro no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v.1, p. 195-198, 1975.

PARADELA FILHO, O.; ITO, M.F.; POMPEU, A.S. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 17, p. 181-187, 1991.

PASTOR-CORRALES, M.A. Variación patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum*, el agente causal de la Antracnosis del fríjol y una propuesta para su estandarización. In: PASTOR-CORRALES, M.A. (ed). **La Antracnosis del Frijól común, *Phaseolus vulgaris*, em América Latina**, documento de trabajo nº 113 (pp 212-239) programa de Frijól, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colômbia, 1988.

PASTOR-CORRALES, M.A. Estandarización de variedades diferenciales y de designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology**, v. 8: 694p. , 1991.

PASTOR-CORRALES, M.A.; ERAZO, O.A.; ESTRADA, E.I.; SINGH, S.P. Inheritance of anthracnose resistance in common bean accession G 2333. **Plant Disease**, v. 78, p. 959-962, 1994.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B. Genetic constitution of anthracnose resistance in common bean lines. **Crop Breeding an Applied Biotechnology**, v. 4, p. 422-426, 2004.

POLETINE, J.P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SCAPIM, C. A.; SILVÉRIO, L.; THOMAZELLA, C. Inheritance of resistance to races 69 and 453 of *Colletotrichum lindemuthianum* in the Common bean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 43, p. 479-485, 2000.

RAVA, C.A.; MOLINA, J.; KAUFFMANN, M.; BRIONES, I. Determinacion de razas fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* en Nicaragua. **Fitopatologia Brasileira**, v. 18, p. 388-391, 1993.

RAVA, C.; PURCHIO, A.; SARTORATO, A. Caracterização de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* que ocorrem em algumas regiões produtoras de feijoeiro comum. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 167-172, 1994a.

RAVA, A. C.; SARTORATO, A. Antracnose. *In*: Rava, A. C.; Sartorato, A. (eds) *Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle*. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília. p.17-40, 1994b.

REY, M.S.; BALARDIN, R.S.; PIEROBOM, C.R. Reação de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) a patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 1, p. 113-116, 2005.

RODRÍGUEZ-SUÁREZ, C., PAÑEDA, A.; FERREIRA, J.J.; GIRALDEZ, R. Allelic relationships of anthracnose resistance gene cluster B4 in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 47, p. 145-146, 2004.

SANSIGOLO, A.L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; KVITSCHAL, M.V.; SOUZA, L.L. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Paraná State, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 51, p. 192-193, 2008.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO-
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Situação da Agropecuária Paranaense**. 2005. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/seab/>. Acesso em: 23 jul. 2007.

SEAB - SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO—
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. **Situação da Agropecuária
Paranaense**. 2008. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/seab/>. Acesso em: 10
set. 2008.

SCHNOCK, M.G.; HOFFMANN, G.M.; KRÜGER, J. A new physiological strain
of *Colletotrichum lindemuthianum* infecting *Phaseolus vulgaris* L. **Horticultural
Science**, v. 10, p. 140-140, 1975.

SCHWARTZ, H. F.; PASTOR-CORRALES, M.A.; SINGH, S. P. New sources of
resistance to anthracnose and angular leaf spot of beans (*Phaseolus vulgaris*
L.). **Euphytica**, v. 3, p. 741-754, 1982.

SICARD, D.; MICHALAKIS, Y.; DRON, M.; NEEMA, C. Genetic diversity and
pathogenic variation of *Colletotrichum lindemuthianum* in the three centers of
diversity of its host, *Phaseolus vulgaris*. **Phytopathology**, v. 87, p. 807-813,
1997.

SILVÉRIO, L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; BARELLI,
M.A.A.; THOMAZELLA, C.; NUNES, W.M.C. Genetic resistance to
Colletotrichum lindemuthianum race 2047 in G 2333. **Annual Report of the
Bean Improvement Cooperative**, v. 45, p. 74-75, 2002.

SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Races of common bean (*Phaseolus
vulgaris*, *Fabaceae*). New York. **Economic Botany**, v. 45, p. 379-396, 1991a.

SINGH, S.P.; PASTOR-CORRALES, M.A.; MOLINA, A.; URREA, C.; CAJIAO,
C. Independent, alternate, and simultaneous selection for resistance to
anthracnose and angular leaf spot and effects on seed yield in common bean
(*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant Breeding**, v. 106, p. 312-318, 1991b.

SOMAVILLA, L.L.; PRESTES, A.M. Reação de cultivares de feijoeiro a alguns
patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p.
290-299, 1998.

SUTTON, B. C. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: Bailey, J. A.; Jeger, M.J. (eds.) *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. CAB International, Wallingford. p.1-26, 1992.

TALAMINI, V.; SOUZA, E.A.; POZZA, E.A.; CARRIJO, F.R.F. Identificação de raças patogênicas de *Colletotrichum lindemuthianum* a partir de isolados provenientes de regiões produtoras de feijão comum. **Summa Phytopathologica**, v. 30, p. 371-375, 2004.

THOMAZELLA, C.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SAKIYAMA, N.S.; BARELLI, M.A.A.; SILVÉRIO, L. Genetic variability among *Colletotrichum lindemuthianum* races using RAPD markers. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 45, p. 44-45, 2002a.

THOMAZELLA, C.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; NUNES, W.M.C.; VIDA, J.B. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* races in Paraná state, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, p. 55-60, 2002b.

TU, J.C. Occurrence and characterization of the epsilon race of bean anthracnose in Ontario. **Plant Disease**, v. 68, p. 69-70, 1984.

TU, J.C. Occurrence and characterization of the alpha-Brazil race of bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Ontario. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 16, p. 129-131, 1994.

VALLEJO, V. and KELLY, J.D. Molecular tagging and characterization of alleles at the *Co-1* anthracnose resistance locus in common. ICFAI Univ. J. **Genetics & Evolution** v. 1, p. 7-20, 2008.

VALLEJO, V. and J. D. KELLY. New insights into the anthracnose resistance of common bean landrace G 2333. **The Open Horticulture Journal**, v. 2, p. 29-33. 2009.

VAN DER PLANK, J.E.. 1984. **Disease resistance in plants**. Academic Press, New York, 1984.

VAN SCHOONHOVEN, A.; PASTOR-CORRALES, M.A. **Standard system for the evaluation of bean gemplasm**, 1987. 54 p.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do Feijoeiro**. Viçosa: Imprensa universitária da UFV, 1983. p. 231.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1988. 231 p.

VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**, 1998. 596 p.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P.; CARNEIRO, J.E.S. Melhoramento do feijão. In: Borém, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**, p.225-274, 2005.

YERKES Jr., W.D.; ORTIZ, M.T. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in México. **Phytopathology**, v. 46, p. 564-567, 1956.

YERKES Jr., W.D. Additional new races of *Colletotrichum lindemuthianum* in México. **Plant Disease Reporter**, v. 42, p. 329-329, 1958.

YOUNG, R. A.; KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, v. 80, p. 650-654, 1996.

YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. RAPD Markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. **Crop Science**, v. 37, p. 940-946, 1997.

YOUNG, R.A.; MELOTTO, M.; NODARI, R.O.; KELLY, J.D. Marker-assisted dissection of the oligogenic anthracnose resistance in the common bean cultivar, "G 2333". **Theoretical and Applied Genetics**, v. 96, p. 87-94, 1998.

ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. Washington, USDA, 1957. p. 5-15 (Technical Bulletin, 868).

