

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO

RAFHAEL FELIPIN AZEVEDO

**Caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* em
feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) coletados no estado do
Mato Grosso**

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO - 2013

RAFHAEL FELIPIN AZEVEDO

Caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) coletados no estado do Mato Grosso

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do Título de Mestre.

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

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO - 2013

PÁGINA DESTINADA À FOLHA DE APROVAÇÃO. ENCONTRA-SE
NA SECRETARIA DO PGM

A Deus, acima de tudo.

Aos meus pais Osvaldo Soares de Azevedo e Maria Lucirlei Felipin Azevedo.

Aos meus irmãos Wagner Felipin Azevedo, Leticia Felipin Azevedo e Daylana Felipin Azevedo.

A minha namorada Helluany Maria Leite Rondon.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre iluminar meu caminho, pela força e fé, que me fortalecem frente a todos os obstáculos da vida.

À Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade concedida à realização deste curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

À professora doutora Maria Celeste Gonçalves Vidigal, pela orientação, ensinamentos, confiança e amizade.

Ao professor doutor Pedro Soares Vidigal Filho, pela co-orientação, apoio e incentivo.

À doutora Giselly Figueiredo Lacanallo, pela co-orientação, amizade, estímulo e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À doutora Marilda Pereira Caixeta, pela amizade, estímulo e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos secretários do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Francisco José da Cruz e Maria Valquíria Magro, pelos favores prestados, pela atenção e paciência.

Aos amigos de todas as horas: Alex Henrique Tiene Ortiz, Giseli Valentini, Leonel Domingos Moiana, Noimilto Nicolau Augusto Mindo, Sandra Aparecida de Lima Castro, Rafael Tessaro Coelho, Claudete Rosa da Silva, Caius Ziliani, Vanesca Priscila Camargo Rocha e demais colegas do curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento pela ajuda e incentivos nos momentos difíceis.

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

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

BIOGRAFIA

RAFHAEL FELIPIN AZEVEDO, filho de Osvaldo Soares de Azevedo e Maria Lucirlei Felipin Azevedo, nasceu em 27 de julho de 1986, em Cuiabá, estado do Mato Grosso.

Concluiu o Ensino Fundamental, em dezembro de 2001, no Colégio Salesiano São Gonçalo, na cidade de Cuiabá, estado do Mato Grosso.

Concluiu o Ensino Médio, em dezembro de 2004, no Colégio Salesiano São Gonçalo, na cidade de Cuiabá, estado do Mato Grosso.

Em dezembro de 2010 diplomou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Em março de 2011, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, estado do Paraná, Brasil, oferecido pela Universidade Estadual de Maringá.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos gerais da cultura do feijão comum (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	4
2.2. Antracnose do feijão comum	5
2.3. Variabilidade patogênica do <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	10
2.4. Denominação das raças de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Coleta das amostras	24
3.2. Semeadura	26
3.3. Isolamento do <i>C. lindemuthianum</i>	26
3.4. Multiplicação do inóculo	28
3.5. Inoculação e incubação	28
3.6. Avaliação dos sintomas	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Raças de <i>C. lindemuthianum</i> identificadas em Mato Grosso	31
4.2. Reação de compatibilidade das cultivares diferenciadoras	38
5. CONCLUSÕES	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

RESUMO

FELIPIN-AZEVEDO, Raphael, M. Sc. Universidade Estadual de Maringá, março de 2013. **Caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) coletados no estado do Mato Grosso.** Professora orientadora: Maria Celeste Gonçalves Vidigal. Professores conselheiros: Pedro Soares Vidigal Filho e Giselly Figueiredo Lacanallo.

O monitoramento de raças fisiológicas do patógeno *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose em feijão comum, é uma importante ferramenta para os programas de melhoramento, uma vez que facilita a identificação de fontes de resistência genética para o efetivo controle desta doença. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar isolados de *C. lindemuthianum* coletados em lavouras de feijão comum no estado do Mato Grosso. Trinta isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* testados nas 12 cultivares diferenciadoras do *Phaseolus vulgaris* L., permitiram a identificação de 10 raças de *C. lindemuthianum*, 1, 8, 9, 10, 24, 64, 65, 72, 73 e 81. Ressalta-se que este é o primeiro relato das raças 1, 8, 9, 10, 24, 64, 72 e 73 de *C. lindemuthianum* no Mato Grosso e o primeiro registro da raça 24 no mundo. Houve maior frequência das raças 64, 65 e 81. Todos os isolados foram incompatíveis com as cultivares Perry Marrow, Kaboon, PI 207262, TO, TU, AB 136 e G 2333. Alguns isolados não só infectaram a cultivares de origem Mesoamericana, mas também aquelas de origem Andina. As cultivares Perry Marrow, Kaboon, PI 207262, TO, TU, AB 136 e G 2333 constituem-se em importantes fontes de resistência a serem utilizadas em programas de melhoramento do feijão comum, visando o controle da antracnose no estado do Mato Grosso.

Palavras-chave: Dinâmica populacional, fitopatógeno, monitoramento de raça.

ABSTRACT

FELIPIN-AZEVEDO, Raphael, M. Sc. Universidade Estadual de Maringá, March 2013. **Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) collected in Mato Grosso state.** Adviser: Maria Celeste Gonçalves Vidigal. Committe Members: Pedro Soares Vidigal Filho and Giselly Figueiredo Lacanallo.

The monitoring of physiological races of *Colletotrichum lindemuthianum*, which causes anthracnose in common beans, is an important tool for breeding programs, since it facilitates identification of genetic sources of resistance to the effective control of this disease. Therefore, this study aimed to characterize isolates of *C. lindemuthianum* collected in common bean crops in the state of Mato Grosso. Thirty isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* tested on 12 differential cultivars of *Phaseolus vulgaris* L., allowed the identification of 10 races of *C. lindemuthianum*, 1, 8, 9, 10, 24, 64, 65, 72, 73 and 81. It is noteworthy this is the first report of the races 1, 8, 9, 10, 24, 64, 72 and 73 *C. lindemuthianum* in Mato Grosso and the first record of 24 race in the world. There was a higher frequency of the races 64, 65 and 81. All isolates were incompatible with the cultivars Perry Marrow, Kaboon, PI 207262, TO, TU, AB 136 and G 2333. Some isolated not only infected the Mesoamerican origin of cultivars, but also those of Andean origin. Cultivars Perry Marrow, Kaboon, PI 207262, TO, TU, AB 136 and G 2333 constitute important sources of resistance to be used in common bean breeding programs for the control of anthracnose in the state of Mato Grosso.

Keywords: Population dynamics, plant pathogen, race monitoring.

1. INTRODUÇÃO

Os grãos de feijão comum representam uma importante fonte proteica na dieta humana dos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, particularmente nas Américas e no leste e sul da África (Yokoyama, 2003).

No Brasil, o feijão comum é cultivado durante todo o ano, em pequenas, médias e grandes propriedades com a utilização de diferentes níveis tecnológicos (Pinheiro e Faria, 2005).

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e consumidores de feijão, onde a produção brasileira no ano agrícola de 2011/12 foi de aproximadamente 3,43 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 3,25 milhões de hectares (FAO, 2013). O estado do Mato Grosso, produziu cerca de 224,4 mil toneladas, sendo o quinto maior produtor nacional de feijão comum (Conab, 2013).

O feijão comum é uma cultura que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas, permitindo seu cultivo em várias épocas do ano, em quase todos os estados brasileiros, fato este que possibilita a constante oferta do produto no mercado (Yokoyama et al., 1996; Vieira et al., 1999). Entretanto, esta ampla adaptabilidade tem favorecido o surgimento de pragas e de doenças que afetam a produtividade da cultura (Vieira et al., 1998).

Dentre as doenças do feijão comum, a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc & Magnus) Briosi e Cavara, é uma das mais importante, uma vez que sob condições favoráveis pode ocasionar perdas totais nas lavouras, principalmente se o estabelecimento da doença ocorrer ainda na fase vegetativa (Chaves, 1980; Kelly et al., 1994).

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).

No entanto, 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 et al., 2002), tanto pela redução nos custos de produção como também pela diminuição dos danos causados ao ambiente.

O *Colletotrichum lindemuthianum* é um fungo que apresenta ampla variabilidade patogênica, a qual proporciona contínuas quebras de resistência em cultivares comerciais de feijão comum, dificultando assim, a elaboração de estratégias efetivas para o controle da antracnose (Menezes e Dianese, 1988; Pastor-Corrales et al., 1993; Balardin et al., 1999; Melotto e Kelly, 2000; Nunes et al., 2011).

A determinação da variabilidade do *C. lindemuthianum* é necessária para que se possa explorar a resistência dos genótipos disponíveis na adoção de um sistema de rotação de cultivares resistentes às raças (Somavilla e Prestes, 1999). Neste sentido, muitos trabalhos têm sido desenvolvidos (Barrus, 1918; Rava et al., 1994; Pastor-Corrales, 1995; Balardin e Kelly, 1997; Balardin et al., 1997; Young e Kelly, 1996a; Kelly e Miklas, 1998; Thomazella et al., 2002a; Ishikawa et al., 2005; Rey et al., 2005; Damasceno e Silva et al., 2007; Sansigolo et al., 2008; Nunes et al., 2011).

Para tanto, a metodologia de identificação de raças do *C. lindemuthianum* por meio da inoculação de um conjunto universal de cultivares diferenciadoras (CIAT, 1990), associado a um sistema binário de nomenclatura proposto por Habgood (1970) tem sido um método frequentemente utilizado pelos pesquisadores.

Até o momento mais de 200 raças de *C. lindemuthianum* foram identificadas em todo mundo (Balardin e Kelly, 1997; Mahuku e Riascos, 2004; Abud et al., 2011; Nunes et al., 2011).

No Brasil, aproximadamente 57 raças já foram identificadas (Rava et al., 1994; Andrade et al., 1999; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Talamini et al., 2004; Damasceno e Silva et al., 2007; Sansigolo et al., 2008; Gonçalves-Vidigal et al., 2008; Abud et al., 2011; Nunes et al., 2011).

O estado do Mato Grosso apesar da expressiva produção no âmbito nacional ainda possui baixa produtividade (1.392 kg ha^{-1}), quando comparada à produtividade dos principais países produtores, principalmente devido à ocorrência de estiagem, uso de sementes de baixa qualidade e aparecimento de doenças, dentre as quais a antracnose (Conab, 2013). No estado, o monitoramento das raças do *C. lindemuthianum*, ainda é pouco estudado.

Desta forma, o estudo da variabilidade do fungo pode direcionar os programas de melhoramento no Mato Grosso a fim de se obter cultivares resistentes proporcionando o aumento da produtividade da cultura no estado.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar isolados de *C. lindemuthianum* coletados em regiões produtoras de feijão comum do estado do Mato Grosso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

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

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma planta que pertence à família Leguminosae, sub família Papilionoideae, ordem Rosales e gênero *Phaseolus* (Cronquist, 1988). É uma espécie predominantemente autógama, domesticada há mais de sete mil anos em dois principais centros de origem: a Mesoamérica (México e América Central) e a região Andina (Ansari et al., 2004).

Os centros de origem do feijão comum foram determinados de acordo com os diferentes tipos eletroforéticos de faseolina, características morfológicas, isoenzimas e estudos evolutivos com base em vários marcadores moleculares. Desse modo, no centro de origem Mesoamericano, predominam germoplasmas de grãos pequenos (<20g 100⁻¹ sementes) e faseolina do tipo S. No sul dos Andes (Andinos) têm-se os feijões de sementes graúdas (>40g 100⁻¹ sementes) e faseolina do tipo T (e possivelmente as dos tipos A, C e H) (Gepts, 1988; Singh et al., 1991; Haley et al., 1994; Gepts et al., 2008; Burle et al., 2010). Estudos realizados por Singh et al. (1991) e Beebe et al. (2000) demonstraram maior variabilidade genética no conjunto gênico Mesoamericano quando comparado ao conjunto gênico Andino.

O feijão comum destaca-se nos hábitos alimentares, sendo a leguminosa mais consumida mundialmente e uma das principais fontes de proteínas, carboidratos, vitaminas e fibras (Del Peloso et al., 2003). Além da sua relevância na dieta do brasileiro, o feijão é um dos produtos agrícolas de maior importância socioeconômica, por ser cultivado em grandes áreas e por empregar elevada mão de obra durante seu ciclo (Vieira et al., 1999).

Essa cultura apresenta uma ampla adaptação edafoclimática, a qual permite seu cultivo durante todo o ano, em vários estados brasileiros, com os mais variáveis níveis tecnológicos, o que possibilita constante oferta do produto no mercado. Além disso, a produção desta leguminosa pode ocorrer em diversos ecossistemas tropicais e temperados, em monocultivo e/ou consorciado de plantas inter e intraespecíficos (Yokoyama, 1996; Vieira et al., 1999; Borém e Carneiro, 2006).

A produção nacional do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) na safra 2012/2013 foi de 2,83 milhões de toneladas, destacando-se como o terceiro maior

produtor mundial dessa cultura, logo após Myanmar e Índia (FAO, 2013). Dentre as regiões produtoras de feijão, a Centro Oeste constituída pelos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e pelo Distrito Federal, contribui com 20,8% (Conab, 2013) da produção nacional. O estado do Mato Grosso destaca-se como o quinto maior produtor nacional e o primeiro da região Centro Oeste, com uma produção de 285,9 mil toneladas em uma área plantada de 205,4 mil hectares, resultando numa produtividade de 1.392 kg ha⁻¹ (Conab, 2013).

Mesmo se destacando entre os principais produtores mundiais, a produtividade brasileira ainda é considerada baixa, uma vez que a sua produção não é suficiente para atender a demanda interna (Conab, 2013). Essa baixa produtividade é atribuída a vários fatores, como a incidência de doenças, a ocorrência de pragas, as deficiências nutricionais e períodos de estiagens (Schwartz e Pastor-Corrales, 1989; Conab, 2013). Dentre esses fatores a ocorrência de enfermidades destaca-se entre os mais importantes, sendo a antracnose cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc.) Scrib, uma das doenças de maior importância desta cultura.

2.2. Antracnose do feijão comum

A transmissibilidade do patógeno por meio das sementes, as perdas econômicas proporcionadas pela doença e a ocorrência nas três épocas de cultivo qualificam a antracnose como uma das doenças fúngicas foliar mais importante do feijão comum (Carbonell et al., 1999; Rey et al., 2005). A antracnose é uma doença de caráter cosmopolita com ocorrência mais severa em locais onde há predominância de temperaturas amenas e alta umidade (Walker, 1952; Vieira, 1967). As temperaturas superiores a 25°C e inferior a 14°C limitam tanto a infecção quanto o desenvolvimento do fungo. Além disso, a esporulação é abundante em temperaturas de 14 a 18°C nas vagens (Zaumeyer e Thomas, 1957; Pastor-Corrales e Tu, 1989; Abreu et al., 2008).

A disseminação deste patógeno ocorre tanto a curtas distâncias (por meio de respingos de chuvas, ventos, implementos agrícolas, insetos e vários outros agentes) quanto à longa distância (por sementes infectadas). Do ponto de vista epidemiológico, a utilização de sementes infectadas representa a maior fonte de inóculo (Damasceno e Silva et al., 2007). Além disso, a ampla distribuição da

antracnose no Brasil é facilitada pelo livre comércio de grãos entre os estados e também pela sua reutilização em plantios futuros em uma mesma área (Thomazella et al., 2002a e Alzate-Marin et al., 2003).

O *Colletotrichum lindemuthianum*, agente causal da antracnose, foi primeiramente descrito por Saccardo e Magnus em 1878 como *Gloeosporium lindemuthianum*, de acordo com as coletas realizadas por Lindemuth em Bonn, Alemanha (Zaumeier e Thomas, 1957). Posteriormente, em 1888, Scribner ao verificar a presença de setas, estruturas filamentosas produzidas entre os conidióforos e as margens dos acérvulos, transferiu-o para o gênero *Colletotrichum* (Barrus, 1921).

O *C. lindemuthianum* pertence à classe dos Deuteromicetos (fungos imperfeitos), ordem Melanconiales, família Melanconiaceae (Kimati, 1980; Vale e Zambolin, 1997), apresentando duas fases reprodutivas, sendo uma delas assexuada ou imperfeita e outra sexuada ou perfeita.

Durante a fase assexuada, o *C. lindemuthianum* produz conídios num corpo de frutificação denominado acérvulo (Sutton, 1992). As hifas no micélio apresentam-se septadas e ramificadas, com coloração variando de hialina à quase negra (Walker, 1959). Os conídios são hialinos, unicelulares, podendo ser oblongos, circulares e a esporulação é abundante quando em condições favoráveis à ocorrência da doença, formando uma massa de conídios de coloração rosada (Chaves, 1980). Por ocasião da germinação, um conídio pode emitir um ou mais tubos germinativos ou continuar crescendo, proporcionando a formação de hifas e micélio (Roca, 2002). Além disso, quando em condições favoráveis, germinam de seis a nove horas após o contato inicial com o hospedeiro. O tubo germinativo é formado, em seguida o opressório e, subsequentemente, penetram mecanicamente pela cutícula e epiderme do mesmo. O aparecimento de sintomas pode ser observado a partir do sexto dia após o início da infecção (Kimati et al., 1997).

A fase sexuada *Glomerella cingulata* f. (Stonem Spaulde & V. Schrenk) sp. *phaseoli*, é muito difícil de ser encontrada na natureza. Entretanto, Damasceno e Silva et al. (2007) identificaram pela primeira vez a forma sexual na natureza no estado de Minas Gerais.

Por sua vez, a forma sexual já foi obtida tanto por indução (Kimati e Galli, 1990), quanto por desenvolvimento espontâneo (Mendes-Costa e Souza, 2005). Os esporos sexuais ou ascósporos são resultantes dos processos de plasmogamia

(fusão celular), seguido de cariogamia (fusão nuclear) e divisão meiótica, os quais são produzidos dentro de uma estrutura em forma de saco conhecida como asco. Os ascos localizam-se nos corpos de frutificação denominados peritécios, os quais possuem formato ovalado (Kimati et al., 1997).

McDonald e Linde (2002) evidenciaram que os patógenos que apresentam os dois ciclos sexuais possuem uma vantagem sobre os patógenos com somente um ciclo sexual ou assexual. Isso ocorre devido a muitas combinações novas de alelos produzidas, e as mutações que podem ser recombinadas em muitos arranjos genéticos diversificados durante o ciclo sexual, resultando, portanto em uma maior variabilidade genética.

O *C. lindemuthianum* é um patógeno necrotrófico, sobrevivendo de uma safra para outra como micélio dormente no interior das sementes ou em restos culturais na forma de esporos, por isso as sementes contaminadas externamente por conídios, ou internamente pelo micélio dormente, constituem a mais importante via de disseminação a longa distância (Kimati, 1980; O'Connell et al., 2000).

Os sintomas podem ser observados em todas as partes aéreas da planta e em todos os estádios fenológicos (Sartorato et al., 2003), sendo visualizados no hipocótilo, pecíolo, caule, folhas, vagens e sementes (Kimati, 1980). Além de diminuir o rendimento da cultura, a antracnose deprecia a qualidade do produto por ocasionar manchas nos grãos (Figura 1), tornando-os impróprios para o consumo (Alzate-Marin et al., 2003).



Fonte: Nupagri, 2012.

Figura 1 - Grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) com incidência de antracnose.

Nas folhas, os sintomas (Figura 2) são visualizados na face abaxial, surgindo em seguida, nas nervuras primárias e secundárias caracterizadas por lesões necróticas de coloração marrom-escuras. Posteriormente, estas manchas dão origem a regiões cloróticas que culminam no ressecamento da folha, reduzindo a área foliar da planta, afetando a fotossíntese (Embrapa, 2012).



Fonte: Nupagri, 2012.

Figura 2 - Sintomas da antracnose presente nas folhas do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.).

Nas vagens (Figura 3) as lesões são mais facilmente visualizadas, onde os sintomas se apresentam de forma arredondada, deprimida, de tamanho variável e com o centro claro sendo delimitadas por um anel negro, um pouco saliente, rodeado por um bordo de cor café avermelhado. Algumas vagens podem chegar a murchar e seca (Chaves, 1980; Kimati, 1980; Pastor-Corrales e Tu, 1989; Embrapa, 2012).

As lesões produzidas no caule e nos pecíolos são alongadas (Figura 4), escuras, elípticas e às vezes deprimidas, podendo apresentar cancos e estrangulamento da planta no decorrer do desenvolvimento da lesão (Chaves, 1980; Abreu, 2005; Embrapa, 2012). O patógeno pode afetar as sementes e, ao atravessar o tegumento, produzir desde uma leve descoloração até lesões nos tecidos dos cotilédones. As lesões são cancos ligeiramente deprimidos e de tamanho variado. As sementes infectadas são geralmente descoloridas, podendo apresentar cancos

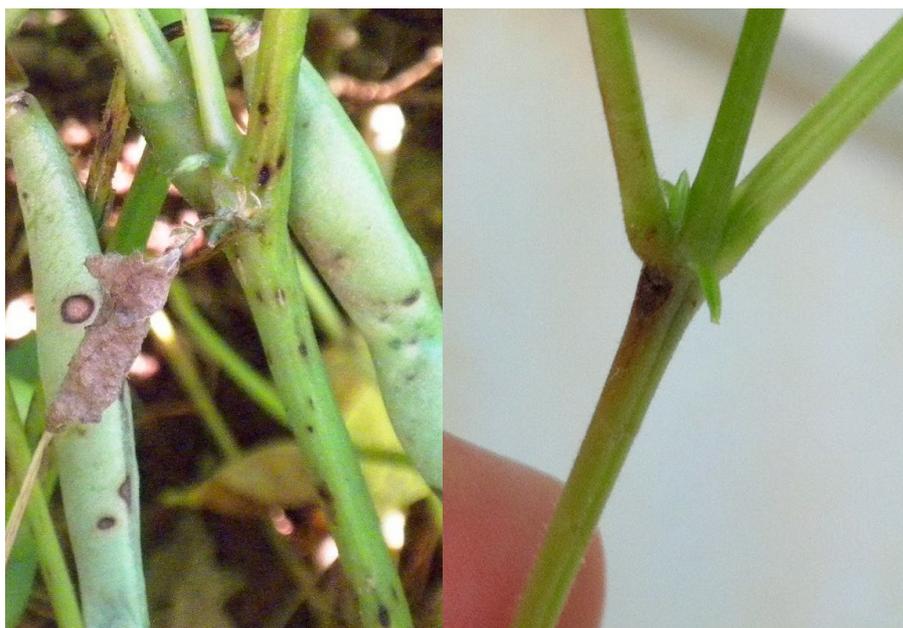
cuja coloração varia de amarela a café-escura a negra (Zaumeyer e Thomas, 1957; Chaves, 1980; Embrapa, 2012).



Fonte: Nupagri, 2012.

Figura 3 - Vagens com lesões que caracterizam os sintomas de antracnose.

Por outro lado, nas sementes que possuem tegumento negro, estes sintomas são mais difíceis de serem observados.



Fonte: Nupagri, 2012.

Figura 4 - Pecíolos com lesões que caracterizam os sintomas da antracnose.

Diversas estratégias podem ser utilizadas com a finalidade de controlar a antracnose, tais como o uso de sementes sadias, uso de produtos químicos (fungicidas), rotação de culturas, porém 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 um menor nível de dano ambiental, além de diminuir consideravelmente o custo final de produção da lavoura (Mahuku e Riascos, 2004).

O principal fator limitante no controle da antracnose do feijão comum é a ampla variabilidade genética do *C. lindemuthianum*, uma vez que apresenta um grande número de raças nas regiões produtoras dessa cultura (Carbonell et al., 1999; Rava et al., 1994; Talamini et al., 2004). A determinação da variabilidade deste patógeno em uma população é necessária para que se possa explorar a resistência dos genótipos disponíveis na adoção de um sistema de rotação de cultivares resistentes as raças (Somavilla e Prestes, 1998; Rodríguez-Guerra et al., 2003).

2.3. Variabilidade patogênica do *Colletotrichum lindemuthianum*

O fator limitante para o controle da antracnose no feijão está relacionado à ampla variabilidade do fungo causador, ou seja, à existência de um elevado número de raças fisiológicas do *C. lindemuthianum*. Em adição, há o surgimento de novas raças, o que justifica a importância de se identificar essas raças para se direcionar os programas de melhoramento (Somavilla e Prestes, 1998; Bigirimana e Höfte, 2001).

A frequência de raças do *C. lindemuthianum* no mundo varia, havendo predominância em países como Nicarágua, México e Estados Unidos das raças mais complexas, tais como a 264, 320, 1608, 1545, 2047, enquanto que no Brasil há um predomínio das raças mais simples, como, por exemplo, a 65 (Thomazella et al., 2002a). Esta variação pode ser devido ao material utilizado e as diferentes práticas agrícolas de cada região (González et al., 1998).

Em todo o mundo, foram identificados mais de 200 raças do *C. lindemuthianum* (Balardin e Kelly, 1997; Mahuku e Riascos, 2004; Abud et al., 2011; Nunes et al., 2011). No Brasil, de 1994 a 2011, já foram identificadas mais de 57 raças fisiológicas do *C. lindemuthianum* (1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 17, 23, 26, 27, 31,

55, 64, 65, 67, 69, 71, 72, 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 86, 87, 89, 93, 95, 96, 97, 101, 102, 105, 109, 111, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 137, 193, 217, 249, 320, 321, 337, 339, 342, 343, 453, 585, 593) nas diversas regiões produtoras de feijão comum, sendo as raças 64, 65, 73, 81, 87 e 89 as de maior frequência no país (Rava et al., 1994; Balardin e Kelly, 1997; Andrade et al., 1999; Carbonell et al., 1999; Somavilla e Preste, 1999; Sartorato, 2002; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Ishikawa et al., 2005; Damasceno e Silva et al., 2007; Silva et al., 2007; Gonçalves-Vidigal et al., 2008a; Sansigolo et al., 2008; Abud et al., 2011; Nunes et al., 2011).

Tal variabilidade tem sido atribuída a diferentes mecanismos, tais como a recombinação sexual, a heterocariose, a mutação, a parassexualidade, os fatores citoplasmáticos, os transposons e o polimorfismo cromossômico (Rava et al., 1994; Sartorato, 2002; Damasceno e Silva et al., 2007). Diversos estudos têm mostrado que o ciclo parassexual apresenta importância na ampliação da variabilidade patogênica do *C. lindemuthianum*. (He et al., 1998; Roca et al., 2003; Rodríguez-Guerra et al., 2003; Damasceno e Silva et al., 2007; Gonçalves-Vidigal et al., 2008b). Na forma assexual, a ampliação da variabilidade é muitas vezes realizada por meio de anastomoses entre hifas. Anastomoses são fusões entre as células, onde ocorre a transferência de citoplasma e, conseqüentemente, do material genético. Logo, essas fusões são encontradas em muitos estágios do ciclo de vida do *C. lindemuthianum* (Glass et al., 2004).

Desta forma, a grande variabilidade do *C. lindemuthianum* ocasiona contínuas quebras de resistência nas cultivares comerciais de feijão comum (Mahuku e Riascos, 2004). Isso porque muitas cultivares apresentam um único gene de resistência, o qual confere resistência apenas a algumas raças do patógeno, sendo facilmente superada através do aparecimento de novas raças.

O sucesso do desenvolvimento das cultivares resistentes à antracnose depende da compreensão dos níveis de variabilidade entre e dentro das populações do patógeno (Rodríguez-Guerra et al., 2003). Assim, o estudo da variabilidade é de fundamental importância para a realização de trabalhos que visem o controle da doença.

O estudo da variabilidade genética de *C. lindemuthianum*, iniciou-se em 1911, por Barrus, o qual identificou duas raças distintas do patógeno, que foram denominadas Alfa e Beta, iniciando assim, a utilização das letras gregas para

identificar as raças fisiológicas do patógeno. Tal diferenciação foi realizada com base na resposta das cultivares diferenciadoras americanas Michelite, Perry Marrow e Dark Red Kidney, as quais se comportavam de maneira diferente quando inoculadas com isolados de diferentes procedências.

Burkholder (1923) utilizando as mesmas diferenciadoras descreveu a terceira raça determinada como Gama. Em 1931, na Alemanha, Pesuer citado por Pastor-Corrales (1988), caracterizou 14 raças fisiológicas as quais foram designadas de A a E, de G a N e X, sendo posteriormente diferenciadas por Schreiber (1932) em três grupos principais, quais sejam, Alfa, Beta e Gama.

A quarta raça fisiológica do patógeno foi identificada na Carolina do Norte alguns anos após por Andrus e Wade (1942), sendo denominada como raça Delta.

A reação de patogenicidade das cultivares diferenciadoras, a estas quatro raças, pode ser vista no Quadro 1 (Goth e Zaumeyer, 1965).

Quadro 1 - Reação das cultivares diferenciadoras do feijão comum a quatro raças do *C. lindemuthianum* (Goth e Zaumeyer, 1965)

Cultivares	Reação à Raça*			
	Alfa	Beta	Gama	Delta
Michelite	S	R	R	S
Dark Red Kidney	R	S	S	S
Perry Marrow	R	R	S	S
Sanilac	R	R	R	S
Cornell 49-242	R	R	R	R
Emerson 51-2	R	S	R	S

* R=Resistente; S=Suscetível.

Os trabalhos conduzidos por Yerkes Jr. e Ortiz (1956) no México utilizando as cultivares diferenciadoras americanas Michelite, Perry Marrow e Dark Red Kidney, constataram a presença de três grupos de raças desconhecidas, os quais foram denominados de Mexicano I, II e III.

Algum tempo depois, os mesmos autores, utilizando cinco cultivares diferenciadoras mexicanas (Negro 150, Negro 152, Amarillo 155, Bayo 164 e

Canário 101) identificaram dez raças locais, denominadas de MA-1 a MA-10, sendo que as seis primeiras raças (MA-1 a MA-6) foram classificadas como pertencentes ao Grupo Mexicano I, MA-7 ao Grupo Mexicano II e, MA-8 a MA-10 ao Grupo Mexicano III.

Yerkes Jr. (1958), utilizando diferentes isolados do *C. lindemuthianum*, relatou a existência de três novas raças que se comportavam como Alfa em diferenciadoras americanas, no entanto apresentavam um comportamento distinto frente às cultivares mexicanas. O autor identificou as raças e as denominou de MA-11, MA-12 e MA-13, pertencentes ao grupo alfa.

Blondet em 1963, na França, caracterizou a raça Épsilon enquanto que na Austrália, Cruickshank (1966) identificou as raças 1, 2 e 3. Outros estudos realizados por Schnock et al. (1975), relataram a raça Ebnet (devido ao seu local de origem), que posteriormente foi nomeada de Capa (Krüger et al., 1977). Fouilloux (1975) identificou a raça Alfa-Brasil. A raça Lambda foi descrita pela primeira vez por Hubbeling (1976), que se originou da mutação da raça Alfa, originalmente conhecida como Alfa 5N. Posteriormente, Fouilloux (1979) relatou a raça Lambda mutante. Tu (1984) identificou a raça Épsilon no Canadá.

No Brasil, Kimati (1966), foi o primeiro a relatar a ocorrência do *C. lindemuthianum* no estado de São Paulo, tendo sido identificada na ocasião a existência das raças Alfa, Delta, o grupo Mexicano II, e uma quarta raça que poderia ser a Delta, ou uma nova raça, dúvida que teve origem nas diferenciadoras americanas oriundas de locais diferentes (Cornell, Beltsville). Neste mesmo período, a partir de isolados coletados no Rio Grande do Sul, foram identificadas as raças Alfa e Beta (Augustin e Costa, 1971).

Araújo (1973), relatou a ocorrência do grupo alfa no estado do Paraná, no mesmo ano, foi identificado um novo grupo de raças que foi nomeado como Grupo Brasileiro I, por Oliveira et al. (1973) no Estado do Rio Grande do Sul, por Oliari et al. (1973) no estado de Minas Gerais, e por Paradela Filho e Pompeu (1975) no estado de São Paulo.

Sendo assim, com a descoberta do Grupo Brasileiro I, a possibilidade de identificação de novos grupos de raças tendo como base apenas as três cultivares diferenciadoras (Michelite, Dark Red Kidney e Perry Marrow) e avaliando em dois níveis de reações (resistente e suscetível), foi considerada restrita. Assim, tornou-se

necessária a utilização de um maior número de cultivares para a caracterização de raças de *C. lindemuthianum* (Paradela Filho et al., 1991).

Devido a essa limitação, Oliari et al. (1973), e Pio Ribeiro e Chaves (1975), passaram a utilizar as cultivares Emerson 847, *Phaseolus aborigineus* 283 e Costa Rica 1031, além das quatro diferenciadoras americanas, surgindo assim a identificação de raças que foram denominadas de BA-1 a BA-10, provenientes da subdivisão dos grupos alfa, mexicanos e brasileiros (Quadro 2).

Quadro 2 - Raças de *C. lindemuthianum* identificadas por Oliari et al., (1973) e Pio Ribeiro e Chaves (1975)

Cultivares	Grupos e raças*									
	Alfa		Brasil I		Brasil II	Mex I	Mex. II			Delta
	BA-1	BA-2	BA-4	BA-5	BA-3	BA-9	BA-6	BA-7	BA-8	BA-10
Michelite	S	S	S	S	S	R	S	S	S	S
MDRK	R	R	R	R	R	R	S	S	S	S
Perry Marrow	R	R	S	S	R	R	R	R	R	S
Emerson 847	R	R	S	S	S	R	S	S	R	S
<i>P. aborigineus</i> 283	S	R	R	S	S	R	S	S	S	R
Costa Rica1031	S	S	S	S	S	S	S	R	R	S
Cornell 49-242	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

* R=Resistente; S=Suscetível.

No estado do Paraná, Menezes et al. (1982) utilizando as cultivares diferenciadoras Michelite, Arguille Vert, Dark Red Kidney, Sanilac, Imuna B022, Widusa, Kaboon, Cornell 49-242 e TO, relataram a presença das raças Alfa, Delta, Épsilon, Capa e Lambda, e também observaram que a cultivar TO apresentou reação de compatibilidade às referidas raças.

O estudo de 201 isolados provenientes de 16 estados brasileiros propiciou a Menezes (1985), a identificação de nove raças: Alfa, Delta, Épsilon, Eta, Mu, Teta, Lambda, Capa e Zeta (Quadro 3).

Outro estudo, utilizando os mesmos isolados juntamente com as cultivares Michelite, Aguille Vert, Dark Red Kidney, Widusa, Imuna, BO 22, Sanilac, Cornell 49-242, Kaboon, TO, PI 207262 e México 222, realizado por Menezes e Dianese (1988) relataram a presença das raças Alfa, Delta, Épsilon, Capa e Lambda no Brasil. Além

disso, as quatro raças, ainda desconhecidas e consideradas novas, foram identificadas como sendo, Zeta, Eta, Teta e Mu.

Quadro 3 - Distribuição quantitativa das raças fisiológicas de *C. lindemuthianum* por estado (Menezes, 1985)

Estado	Nº de Isolados	Raças								
		Alfa	Delta	Epsílon	Zeta	Eta	Teta	Capa	Lambda	Mu
RS	20	14	3							3
SC	25	16	3	3				1		2
PR	43	18	7	9	5	3		1		
SP	20	12	2	4				1		1
RJ	3	2		1						
ES	15	9	1	2	3					
MG	27	15	5	2			3		1	1
MS	5	4	1							
MT	3	3								
GO	10	7	2			1				
DF	21	14	1			6				
BA	5	3	1	1						
SE	1	1								
AL	1	1								
PA	1	1								
RO	1	1								

Paradela Filho et al. (1991), utilizando 112 isolados do *C. lindemuthianum*, identificaram 17 raças fisiológicas do fungo, dentre as quais, quatro já eram conhecidas, sendo elas: BA-1 e BA-2 (Grupo Alfa), BA-4 (Grupo Brasileiro) e BA-9 (Grupo Mexicano I), sendo que as demais foram descritas pela primeira vez. Cinco raças do Grupo Alfa foram identificadas e denominadas como Alfa-4, Alfa-5, Alfa-6, Alfa-7 e Alfa-8 (Quadro 4); cinco do Grupo Brasileiro, designadas de BA-11 a BA-15 (Quadro 5); uma do Grupo Delta e duas do Grupo Mexicano I (Quadro 6).

O primeiro registro da raça Alfa no Canadá foi efetuado por Tu (1994), quando utilizou culturas puras do *C. lindemuthianum*, verificando as diferentes

reações das cultivares diferenciadoras, sendo que elas foram similares as observadas para a raça Alfa-Brasil. Em sequência, Rava et al. (1994), avaliando 118 isolados do patógeno, obtiveram 25 patótipos pertencentes aos grupos Alfa, Delta, Gama, Mexicano I, Mexicano II e Brasileiro I.

Quadro 4 - Reações das cultivares diferenciadoras às raças BA-1 e BA-2 e a cinco novas raças do Grupo Alfa do *C. lindemuthianum* e número de isolados encontrados para cada raça (Paradela Filho et al., 1991)

Cultivares	Grupo Alfa						
	BA-1	BA-2	Alfa 4	Alfa 5	Alfa 6	Alfa 7	Alfa 8
Michelite	S	S	S	S	S	S	S
Dark Red Kidney	R	R	R	R	R	R	R
Perry Marrow	R	R	R	R	R	R	R
Emerson 847	R	R	S	R	R	S	R
<i>P. aborigineus</i> 283	S	R	R	R	R	R	R
Costa Rica 1031	S	S	S	R	S	R	R
Rico 23	-	-	S	S	R	S	R
Cornell 49-242	-	-	R	R	R	R	R
Nº isolados	1	34	1	34	3	1	1

R=resistente; notas de 0 a 2; S=suscetível; notas de 3 a 4.

Kelly et al. (1994), utilizaram quatro isolados do *C. lindemuthianum* coletados em Michigan e Dakota do Norte, a partir de sementes produzidas em Michigan no ano de 1993. Após o estudo, demonstraram que três destes isolados eram similares, sendo classificados como raça 73 (semelhante à raça alfa-Brasil encontrada em Ontário). E o outro isolado foi classificado como a raça 7, sendo semelhante à raça Delta, também encontrada em Ontário no ano de 1976.

De acordo Bigirimana e Höfte (2001), o maior fator limitante para o controle da antracnose no feijoeiro é a existência de uma enorme variabilidade de raças de *C. lindemuthianum*. E, desta forma, a teoria do gene a gene, segundo a qual para cada gene de resistência, existe um gene que confere avirulência ao patógeno e vice-versa, pode ser um fator que dificulta o melhoramento da cultura, pois pode ser necessária a reunião de diversos genes para a obtenção da resistência completa ao patógeno.

Quadro 5 - Reações de cultivares diferenciadoras à raça BA-4 e a cinco novas raças do Grupo Brasileiro do *C. lindemuthianum* e o número de isolados encontrados para cada raça (Paradela Filho et al., 1991)

Cultivares	Grupo Brasileiro					
	BA-4	BA-11	BA-12	BA-13	BA-14	BA-15
Michelite	S	S	S	S	S	S
Dark Red Kidney	R	R	R	R	R	R
Perry Marrow	S	S	S	S	S	S
Emerson 847	S	S	R	R	R	R
<i>P. aborigineus</i> 283	R	R	R	R	R	R
Costa Rica 1031	S	R	S	R	R	S
Rico 23	-	R	R	R	S	S
Cornell 49-242	-	R	R	R	R	R
Nº isolados	15	5	1	2	2	1

R=resistente; notas de 0 a 2; S=suscetível; notas de 3 a 4.

Desta forma, a grande variabilidade do *C. lindemuthianum* resultou em contínua queda na resistência de cultivares comerciais (Mahuku e Riascos, 2004). Isso porque cultivares portadoras de um único gene de resistência controlam a doença por poucos anos, até o aparecimento de novas raças do patógeno. Por isso, um dos caminhos para tornar a resistência mais duradoura é a incorporação de diferentes tipos de genes de resistência em uma única cultivar (Castanheira et al. 1999), por meio de contínuas combinações genéticas (Kelly e Miklas, 1998).

Sicard et al. (1997) estudando a variabilidade genética de *C. lindemuthianum* em populações silvestres de feijão comum, coletados no centro de origem Sul Andino, observaram que a maioria dos isolados silvestres testados, provenientes da Argentina, foram virulentos apenas em cultivares Andinas dentre as 12 diferenciadoras utilizadas. Poucos isolados superaram os genes de resistência específicos e, sendo estes genes isolados de acessos de feijão comum coletados no centro Mesoamericana, sugeriram que o patógeno está adaptado especificamente a estes hospedeiros Andinos.

Balardin et al. (1997) identificou oito raças de *Colletotrichum lindemuthianum* provenientes de regiões produtoras de feijão do Rio Grande do Sul. As raças

identificadas, de acordo com a inoculação no conjunto diferenciador, foram 5, 17, 23, 31, 55, 65, 73 e 453.

Quadro 6 - Reações apresentadas pelas cultivares diferenciadoras à raça BA-9 (Grupo Mexicano I) e a três novas raças (duas do Grupo Mexicano I e uma do Grupo Delta) do *C. lindemuthianum* e o número de isolados para cada raça (Paradela Filho et al., 1991)

Cultivares	Grupo Mexicano I			Grupo Delta
	BA-9	Mex. I-2	Mex. I-3	Delta-2
Michelite	R	R	R	S
Dark Red Kidney	R	R	R	S
Perry Marrow	R	R	R	S
Emerson 847	R	R	R	S
<i>P. aborigineus</i> 283	R	R	R	R
Costa Rica 1031	S	R	R	R
Rico 23	-	S	R	S
Cornell 49-242	-	R	R	R
Nº isolados	1	8	1	1

R= resistente, notas de 0 a 2; S= suscetível, notas de 3 a 4.

Assim, pode-se observar que a resistência dos genes A, Are e Mexique I, presentes no conjunto diferenciador foi quebrada pelas raças identificadas. Os resultados evidenciaram ainda que as raças foram patogênicas a ambos os conjuntos gênicos representados pelas cultivares diferenciadoras. Esta característica é de isolados com reação típica mesoamericana, apresentando ampla patogenicidade sobre genes de resistência presentes no conjunto diferenciador (Pastor-Corrales, 1996).

A interação entre raças de *C. lindemuthianum* e genótipos pertencentes ao conjunto gênico Andino e ao Mesoamericano também foi estudada por Balardin e Kelly (1998). Esses autores estudaram 34 raças do patógeno, coletadas na Argentina, Brasil, Colômbia, República Dominicana, Honduras, México, Peru e Estados Unidos, as quais foram testadas em germoplasmas pertencentes aos conjuntos gênicos Mesoamericano e Andino. As raças isoladas de genótipos Mesoamericanos mostraram-se virulentas em germoplasmas de ambos os conjuntos

gênicos, enquanto que as raças de origem Andina foram virulentas apenas em germoplasma Andino.

A virulência reduzida de raças Andinas em cultivares Mesoamericanas indica a existência de fatores de virulência congruentes com a diversidade de *Phaseolus vulgaris*. A maioria das raças com reação Mesoamericana foram virulentas em germoplasma de ambos os conjuntos gênicos, enquanto que as raças Andinas mostraram-se altamente virulentas apenas em germoplasma de origem Andina. Dessa forma, as raças foram agrupadas de acordo com os conjuntos gênicos específicos, isto é, grupos de reação mesoamericana e andina.

Conforme Pastor-Corrales (1996) a preferência dos isolados de *C. lindemuthianum* de um grupo pelas cultivares do mesmo grupo, sugere um processo evolutivo separadamente para as regiões Mesoamericanas e Andinas e, este fato explica a presença de maior diversidade de fenótipos de virulência na América Central e no México em comparação aos Andinos, uma vez que evidências morfológicas e moleculares demonstram que a diversidade existente nos genótipos Mesoamericanos é maior do que os Andinos.

Com o decorrer do tempo inúmeros trabalhos de caracterização de raças de *C. lindemuthianum* foram sendo realizados pelo mundo e, passou haver a necessidade de uma padronização para essa classificação, pois o uso de cultivares distintas por diferentes pesquisadores em diferentes localidades dificultava a comparação dos resultados obtidos, tornando difícil uma avaliação da verdadeira dinâmica populacional do fungo.

2.4. Denominação das raças de *Colletotrichum lindemuthianum*

A classificação da variabilidade patogênica do *C. lindemuthianum* representada pelos grupos Alfa, Beta, Gama, Delta, Mexicano I, Mexicano II, Brasileiro I e Brasileiro II, assim como aquela baseada somente nas diferenciadoras Michelite, Perry Marrow e Michigan Dark Red Kidney dificultava a comparação dos resultados obtidos por diferentes pesquisadores em diferentes localidades, impossibilitando a verificação da real dinâmica populacional do patógeno, fazendo-se necessária a utilização de uma metodologia padrão para a identificação e a

denominação de raças do *C. lindemuthianum* (Chaves, 1980; Pastor-Corrales, 1991).

Diante disso, Pastor-Corrales (1991) propôs a utilização de um grupo de cultivares em uma ordem preestabelecida, e de um sistema binário proposto por Habgood (1970) que facilitasse o trabalho para a determinação das raças, como forma de padronizar a nomenclatura das mesmas. Para *Colletotrichum lindemuthianum* foi proposto o uso de 12 cultivares diferenciadoras pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), em 1990. Para tanto, cada cultivar diferenciadora recebeu um valor binário, qual seja, 2^{dn-1} . O valor 2 representa o número de classes de reações consideradas (resistente ou suscetível) e n é função da ordem das diferenciadoras. As reações de resistência ou suscetibilidade apresentadas pelas cultivares recebem respectivamente os valores zero e um (Quadro 7).

Quadro 7 – Cultivares diferenciadoras utilizadas na classificação de raças de *C. lindemuthianum* em feijão comum utilizando o sistema binário proposto por Habgood (1970)

Cultivares diferenciadoras	Valor binário	Valor numérico (2^{n-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. Kaboon	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

A denominação de uma nova raça se faz pela soma dos valores numéricos (2^{dn-1}) de cada diferenciadora suscetível ao isolado do patógeno (Quadro 8). Tal sistema tem sido utilizado até os dias atuais.

Quadro 8 - Exemplos da nomenclatura das raças fisiológicas do *C. lindemuthianum* pelo sistema binário proposto por Pastor-Corrales (1991)

Cultivares Diferenciadoras	Valor Binário ¹	Isolados			
		A	B	C	D
Michelite	1	R	S	S	S
Michigan Dark Red Kidney	2	R	R	R	R
Perry Marrow	4	R	R	R	R
Cornell 49-242	8	S	R	S	S
Widusa	16	S	S	R	R
Kaboon	32	R	R	R	R
México 222	64	R	S	R	S
PI 207262	128	R	R	R	R
TO	256	R	R	R	R
TU	512	R	R	R	R
AB 136	1024	R	R	R	R
G 2333	2048	R	R	R	R
Raça	-	24	81	9	73

¹Valor binário utilizado para classificar as raças do *C. lindemuthianum*. A designação das raças é obtida pela soma dos valores binários das cultivares diferenciadoras suscetíveis.

Estudos desenvolvidos por Rava et al. (1994) demonstraram a equivalência do sistema de denominação clássica das raças e do sistema de classificação binário (Quadro 9). A adoção deste processo de padronização permitiu a comparação dos dados de diferentes grupos de pesquisa (Mahuku e Riascos, 2004) e até o momento cerca de 200 raças do *Colletotrichum lindemuthianum* foram identificadas nas diversas regiões produtoras do mundo (Rava et al., 1993; Rava et al., 1994; Kelly et al., 1994; Balardin et al., 1997; González et al., 1998; Thomazella et al., 2002b; Mahuku e Riascos, 2004; Thomazella et al., 2005; Gonçalves-Vidigal et al., 2008a; Abud et al., 2011; Nunes et al., 2011).

Quadro 9 - Correspondência das denominações das diferentes raças do *C. lindemuthianum* segundo o sistema de classificação binária das raças fisiológicas e grupos do sistema clássico de nomenclatura (Rava et al., 1994)

Grupo	Raças Fisiológicas	
	Diferentes Autores	Sistema Binário
Alfa	Alfa-Brasil	89
	Alf-Brasil – Widusa (R)	73
	Alfa-Brasil – Widusa (R); TU (S)	585
	Epsilon – México 222 (S)	65
	Epsilon – 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 II	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.

Talamini et al. (2004) coletaram 43 isolados em regiões do Sul de Minas, Alto Paranaíba, Zona da Mata, Triângulo Mineiro, Goiás, Paraná e São Paulo. Destes isolados foram identificadas raças fisiológicas do *C. lindemuthianum*. Com base nas análises de inoculação com os materiais coletados, verificaram que no Sul de Minas Gerais predominavam as raças 65 e 89. Na Zona da Mata, predominavam as raças 337, 65, 87 e 81. No Triângulo Mineiro foram encontradas principalmente as raças 81 e 87. No Alto do Paranaíba, o único isolado encontrado foi o da raça 65. Em São Paulo, o único isolado coletado foi da raça 73 e, em Goiás, o isolado

avaliado pertencia à raça 593. Os pesquisadores observaram que as raças 65, 69, 73 e 81 apresentavam maior distribuição geográfica no Brasil.

Carbonell et al. (1999) demonstraram que as principais raças do patógeno encontradas no estado de São Paulo são a 31, 65 e 89, sendo a raça 89 a mais agressiva.

Após vários anos de estudos sobre o *C. lindemuthianum*, pôde-se verificar sua ampla variabilidade patogênica e a dificuldade que esta representa para o controle da antracnose quando se utiliza a resistência genética. Portanto, dentro das estratégias do manejo integrado de doenças, a resistência genética é considerada uma importante alternativa, por ser ecologicamente segura, além de contribuir para a manutenção da qualidade de vida (Costa e Rava, 2004).

Araya (2003) afirmou que as implicações genéticas da co-evolução em cada ambiente estão relacionadas aos diferentes mecanismos de patogenicidade (genes) apresentados pelas populações nativas ou emergentes do patógeno, uma vez que seus respectivos hospedeiros oferecem uma diversidade similar quanto aos genes de resistência.

Neste sistema é primordial conhecer as raças presentes para selecionar os materiais com resistência a essas raças e eventualmente iniciar a introgressão desses genes em cultivares comerciais. Desta forma, tornar-se-á possível a identificação de genótipos com resistência duradoura mediante a combinação de diversas fontes de resistência presentes no germoplasma de diferentes centros de domesticação do feijoeiro. Portanto, torna-se relativamente complexo o combate a esta doença.

Normalmente, o controle da antracnose do feijão pode ser alcançado pelo uso combinado de práticas culturais, produtos químicos, da resistência genética de cultivares às várias raças do patógeno através da piramidação de genes de interesse.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos durante o período de dezembro de 2011 a novembro de 2012, em casa de vegetação e no Laboratório de Melhoramento do Feijão Comum e de Biologia Molecular do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (Nupagri, latitude 23° 26'8"S e longitude 51° 53'42"), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

3.1. Coleta das amostras

As amostras de sementes, folhas, caules, vagens, com sintomas de antracnose foram coletadas em lavouras comerciais e familiares nas regiões produtoras de feijão comum no estado do Mato Grosso (Figura 5), no período de dezembro de 2011 a junho de 2012.

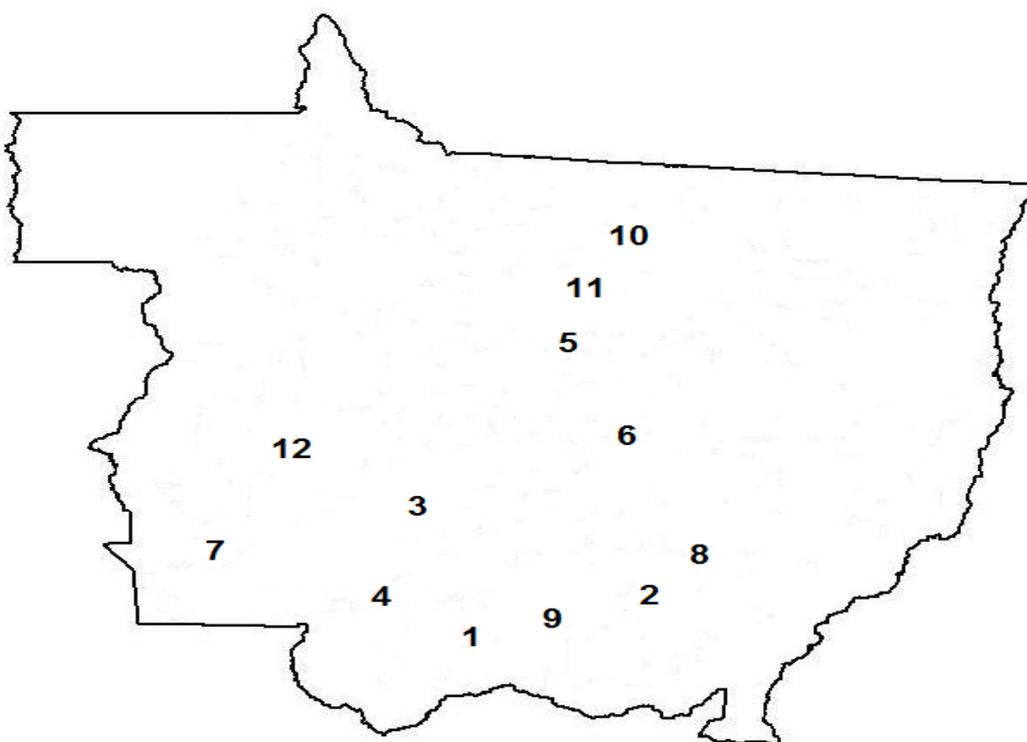


Figura 5 - Pontos de coleta do material vegetal infectado com antracnose no estado do Mato Grosso. 1, Barão de Melgaço; 2, Campo Verde; 3, Nobres; 4, Nossa Senhora do Livramento; 5, Nova Mutum; 6, Paranatinga; 7, Pontes e Lacerda; 8, Primavera do Leste; 9, Santo Antônio do Leverger; 10, Sinop; 11, Sorriso e 12, Tangará da Serra.

O material coletado foi devidamente identificado (Quadro 10) e acondicionado de forma a não haver deterioração. Os trabalhos de isolamento, inoculação e avaliação dos isolados foram realizados no Laboratório de Melhoramento do Feijão Comum e de Biologia Molecular do Nupagri.

Quadro 10 - Isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* coletados em lavouras das regiões produtoras de feijão comum do estado do Mato Grosso

Isolado	Cultivar	Município	Propriedade
1	Pitoco com rama	Nossa Senhora do Livramento	Fazenda Cavalo Branco
2	Pérola	Nova Mutum	Fazenda São Roque
3	Pérola	Santo Antônio do Leverger	Fazenda Miranda
4	BRS Esplendor	Sinop	Estação EMPAER
5	Pérola	Sinop	Fazenda JFJ
6	BRS Esplendor	Pontes e Lacerda	Fazenda Luar
7	Pérola	Pontes e Lacerda	Fazenda Rio Azul
8	Pérola	Pontes e Lacerda	Fazenda São José
9	BRS Esplendor	Primavera do Leste	Fazenda Filadélfia
10	Pérola	Sorriso	Fazenda Brilhante
11	Pitoco sem rama	Nossa Senhora do Livramento	Fazenda Cavalo Branco
12	Pitoco sem rama	Nossa Senhora do Livramento	Fazenda Saborosa
13	Pérola	Pontes e Lacerda	Fazenda Luar
14	Branquinho	Primavera do Leste	Fazenda Filadélfia
15	Pérola	Primavera do Leste	Fazenda Filadélfia
16	BRS Valente	Sinop	Estação EMPAER
17	Pérola	Nova Mutum	Fazenda São Roque
18	Pérola	Campo Verde	Fazenda Vale do Rio Manso
19	Pérola	Paranatinga	Fazenda Conceição
20	Pérola	Nobres	Fazenda Nossa Senhora Aparecida
21	Pérola	Barão de Melgaço	Fazenda Porto Brandão
22	Branquinho	Campo Verde	Fazenda Vale do Rio Manso
23	Branquinho	Campo Verde	Fazenda Santo Antônio
24	Pérola	Tangará da Serra	Fazenda Vale Formoso
25	Pérola	Barão de Melgaço	Fazenda Porto Brandão
26	BRS Esplendor	Campo Verde	Fazenda Santo Antônio
27	Pérola	Pontes e Lacerda	Fazenda Luar
28	Pérola	Nobres	Fazenda Nossa Senhora Aparecida
29	Pérola	Primavera do Leste	Fazenda São Miguel
30	Pérola	Primavera do Leste	Fazenda São Miguel

3.2. Semeadura

As sementes das cultivares diferenciadoras foram semeadas em bandejas plásticas com dimensões de 48 x 30 x 11 cm, contendo uma mistura de solo a base de turfa. A semeadura foi conduzida respeitando o valor binário das diferenciadoras para antracnose (Quadro 11). Essas bandejas foram mantidas em casa de vegetação até que a primeira folha trifoliolada estivesse completamente desenvolvida, aproximadamente 14 dias. Após este período, as bandejas contendo as plantas desenvolvidas foram transferidas para câmara de nevoeiro com temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ para posterior inoculação e identificação dos isolados de *C. lindemuthianum* (CIAT, 1990).

Quadro 11 – Características das doze cultivares diferenciadoras que foram utilizadas na identificação dos isolados do *C. lindemuthianum*

Cultivar	Conjunto Gênico ¹	Tamanho da Semente	Cor da Semente	Genes de Resistência
Michelite	MA	Pequena	Branca	Co-11
Michigan Dark Red Kidney	A	Graúda	Vermelha	Co-1
Perry Marrow	A	Graúda	Branca	Co-1 ³
Cornell 49-242	MA	Pequena	Preta	Co-2
Widusa	A	Intermediária	Branca	Co-1 ⁵
Kaboon	A	Graúda	Branca	Co-1 ²
México 222	MA	Intermediária	Branca	Co-3
PI 207262	MA	Pequena	Bege	Co-3 ³ ;Co-4 ³
TO	MA	Intermediária	Pintado	Co-4
TU	MA	Pequena	Preta	Co-5
AB 136	MA	Pequena	Vermelha	Co-6; co-8
G 2333	MA	Pequena	Vermelha	Co-3 ⁵ ;Co-4 ² ; Co-5 ²

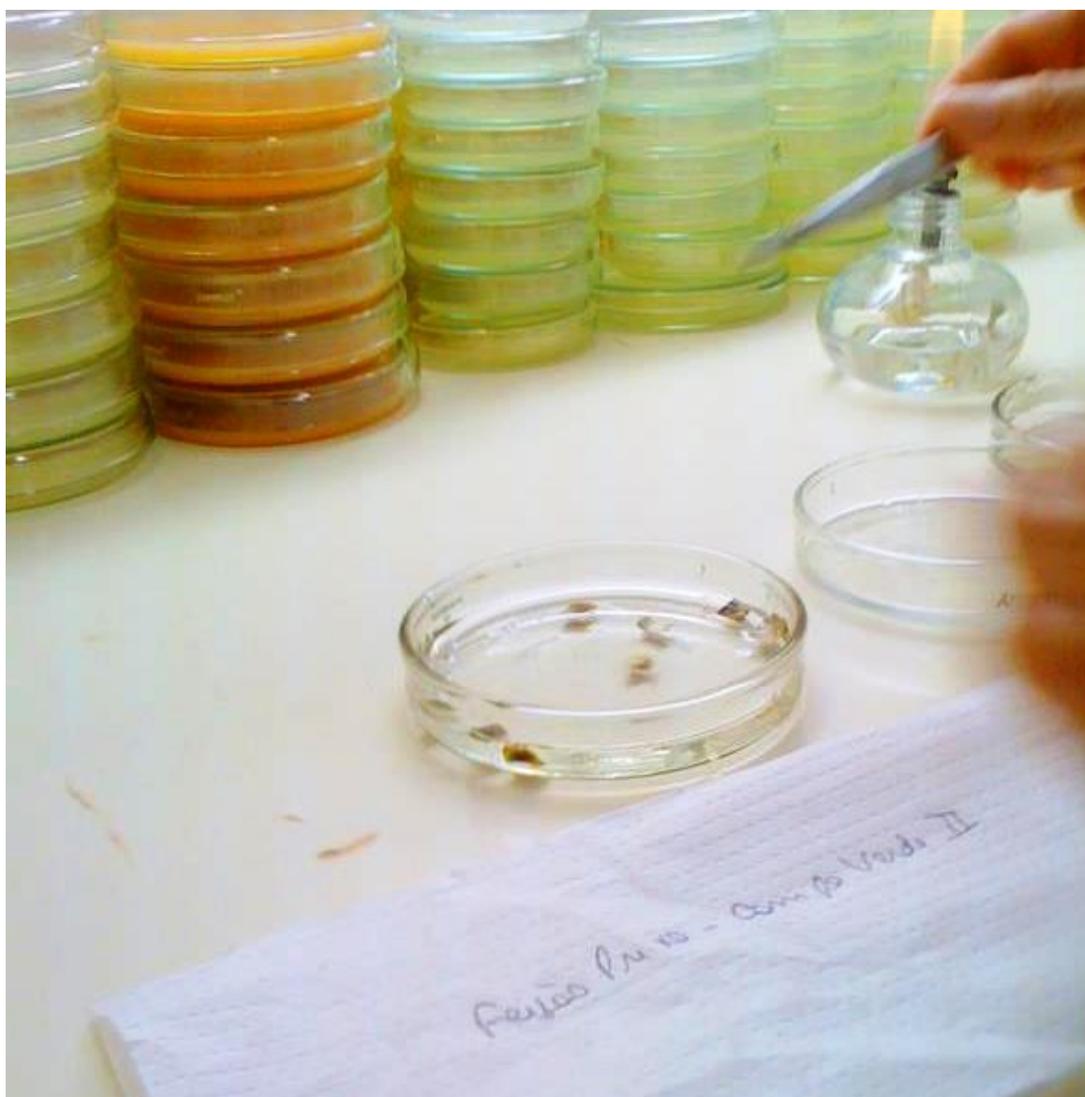
¹MA- conjunto gênico Mesoamericano; A- conjunto gênico Andino.

3.3. Isolamento do *C. lindemuthianum*

De acordo com a metodologia proposta por Mathur et al. (1950) os isolamentos do patógeno foram realizados a partir de lesões com sintomas de antracnose, presentes no material vegetal (folhas, caules, hastes e vagens), coletado a campo (Figura 6). Os materiais foram previamente desinfetados por meio

de imersão em solução de hipoclorito de sódio comercial (contendo 5% de cloro ativo), diluída na proporção de uma parte do produto para três partes de água esterilizada (1:3) por um minuto, e posterior imersão em álcool 70% por um minuto. Em seguida foi feita a lavagem em água esterilizada, sendo as vagens secas com papel toalha e transferidas para tubos de ensaios, previamente umedecidos com água esterilizada.

Os tubos de ensaios contendo as vagens assim tratadas, foram vedados com papel isofilme e mantidos por 48 h em câmara de crescimento (BOD), na ausência de luz e com temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$, formando uma câmara úmida para induzir a esporulação do patógeno sobre as lesões.



Fonte: Nupagri, 2012.

Figura 6 - Processo de isolamentos de material vegetal do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) oriundo do estado do Mato Grosso.

Os conídios, provenientes das esporulações, foram transferidos para placas de Petri com meio de cultura BDA + antibiótico (batata-dextrose-ágar + estreptomicina a 250 mg kg) por meio de agulha histológica flambada, em câmara de fluxo contínuo, previamente esterilizada com hipoclorito de sódio e álcool. As placas repicadas foram vedadas e incubadas em BOD para desenvolvimento do fungo.

Após o período de incubação, as placas foram examinadas para verificação do crescimento micelial. A seguir, pequenos discos com crescimento micelial, e diâmetro aproximado de 0,44 cm, foram transferidos para novas placas que continham meio BDA, sendo novamente incubados em câmara tipo BOD, a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

3.4. Multiplicação do inóculo

O preparo do inóculo seguiu a metodologia proposta por Cárdenas et al. (1964) que consiste na multiplicação dos esporos de cada isolado do *C. lindemuthianum* em tubos de ensaio contendo vagens (8 a 10 cm), parcialmente imersas (1 a 2 cm) em meio ágar-água esterilizadas em autoclave por 40 minutos a 120°C . Após a repicagem do isolado para as vagens, as mesmas foram incubadas por 15 dias a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, em câmara de crescimento (BOD), para esporulação do patógeno.

3.5. Inoculação e incubação

Decorrido o período necessário para o desenvolvimento do fungo (14 dias), foi realizada a retirada das vagens dos tubos. A seguir, com o auxílio de uma pinça, as vagens foram colocadas em um becker contendo água destilada esterilizada, dando origem a uma suspensão de esporos, que logo foi filtrada através de uma dupla camada de gaze, obtendo-se assim uma suspensão de esporos.

Na determinação da concentração de esporos de cada isolado do patógeno foram efetuadas cinco contagens em microscópio, com o auxílio do hematocitômetro (câmara de Neubauer-Preciss). Após a contagem, a suspensão de esporos foi

ajustada à concentração aproximada de $1,2 \times 10^6$ esporos mL⁻¹ de água destilada esterilizada.

A seguir, os isolados monospóricos foram separadamente inoculados nas 12 cultivares diferenciadoras do *C. lindemuthianum*, a fim de se obter os fenótipos de virulência dos isolados (Pastor-Corrales, 1988; Mahuku e Riascos, 2004). Esse processo foi realizado por meio de um atomizador De Vilbiss (número 15), adaptado com um reservatório para a suspensão de esporos, tanto na face abaxial quanto adaxial das folhas.

Após a inoculação, as plântulas foram mantidas na mesma câmara por 72 horas, controlando-se a luminosidade (12 h de iluminação de 680 lux / 12 h de escuro) e com aproximadamente 100% de umidade relativa. Posterior ao período de incubação, as plantas foram transferidas para bancadas, em ambiente apropriado, com temperatura de 20 ± 2 °C, sob luz artificial, onde permaneceram até a realização das avaliações (7 dias).

3.6. Avaliação dos sintomas

A avaliação visual dos sintomas em cada plântula foi realizada aproximadamente 10 dias após a inoculação, utilizando-se a escala de severidade proposta por Pastor-Corrales (1991), cujos valores variam de 1 a 9, em plantas individuais, conforme descrito abaixo:

1 - Ausência de sintomas;

2 - Até 1% da nervura apresentando manchas necróticas, perceptíveis somente na face inferior das folhas;

3 - Maior frequência de sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas;

4 - Até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis em ambas as faces das folhas;

5 - Maior frequência dos sintomas foliares descrita no grau anterior, até 3% das nervuras afetadas;

6 - Manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces das folhas, e presença de algumas lesões em talos, ramos e pecíolos;

7 - Manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido mesofílico adjacente, que se rompe. Presença de abundantes lesões no talo, ramos e pecíolos;

8 - Manchas necróticas em quase todas as nervuras, muito abundante em talos, ramos, pecíolos, ocasionando rupturas, desfolhação e redução do crescimento das plantas;

9 - Maioria das plantas mortas.

As plantas que receberam notas de 1 a 3 foram consideradas resistentes, enquanto que as plantas com notas de 4 a 9 foram consideradas suscetíveis. A fim de determinar as raças do *C. lindemuthianum*, foi utilizada a escala de valores binários de acordo com Pastor-Corrales (1991).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Raças de *C. lindemuthianum* identificadas em Mato Grosso

Os 30 isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* coletados nas 12 regiões produtoras do feijão comum do estado do Mato Grosso apresentaram diferentes padrões de virulência. Estes resultados permitiram a identificação de 10 raças fisiológicas diferentes, sendo elas: 1, 8, 9, 10, 24, 64, 65, 72, 73 e 81 (Quadro 12).

Quadro 12 - Reação das cultivares diferenciadoras aos 30 isolados de *C. lindemuthianum* provenientes de 12 regiões produtoras de feijão comum no estado do Mato Grosso e identificação das raças fisiológicas

Isolados	Municípios	Cultivares diferenciadoras ^{1/2/}												Raças
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	N. Sra. do Livramento	S	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	81
2	Nova Mutum	S	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	81
3	Sto. A. do Leverger	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
4	Sinop	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
5	Sinop	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
6	Pontes e Lacerda	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	24
7	Pontes e Lacerda	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	24
8	Pontes e Lacerda	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	24
9	Primavera do Leste	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	65
10	Sorriso	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	72
11	N. Sra. do Livramento	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	72
12	N. Sra. do Livramento	R	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	72
13	Pontes e Lacerda	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
14	Primavera do Leste	S	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	73
15	Primavera do Leste	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	1
16	Sinop	S	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	73
17	Nova Mutum	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
18	Campo Verde	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	1
19	Paranatinga	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	8
20	Nobres	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	8
21	Barão de Melgaço	S	R	R	S	R	R	S	R	R	R	R	R	73
22	Campo Verde	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	65
23	Campo Verde	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	65
24	Tangará da Serra	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	65
25	Barão de Melgaço	R	S	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	10
26	Campo Verde	S	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	81
27	Pontes e Lacerda	S	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	9
28	Nobres	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	64
29	Primavera do Leste	S	R	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	65
30	Primavera do Leste	S	R	R	R	S	R	S	R	R	R	R	R	81

1/ Cultivares diferenciadoras e respectivo valor binário: A, Michelite: 1; B, Michigan Dark Red Kidney: 2; C, Perry Marrow: 4; D, Cornell 49-242: 8; E, Widusa: 16; F, Kaboon: 32; G, México 222: 64; H, PI 207262: 128; I, TO: 256; J, TU: 512; K, AB 136: 1024 e L, G2333: 2048.

2/ S: Suscetível; R: Resistente.

As raças 64 e 65 foram as mais frequentes, correspondendo respectivamente, a 20 e 17% do total dos isolados analisados (Figura 7). A raça 64 foi caracterizada nos municípios de Santo Antônio do Leverger (um isolado), Sinop (dois isolados), Pontes e Lacerda (um isolado), Nova Mutum (um isolado) e Nobres (um isolado) (Quadro 13). Por sua vez, a raça 65 foi identificada nos municípios de Primavera do Leste (dois isolados), Campo Verde (dois isolados) e Tangará da Serra (um isolado) (Quadro 13).

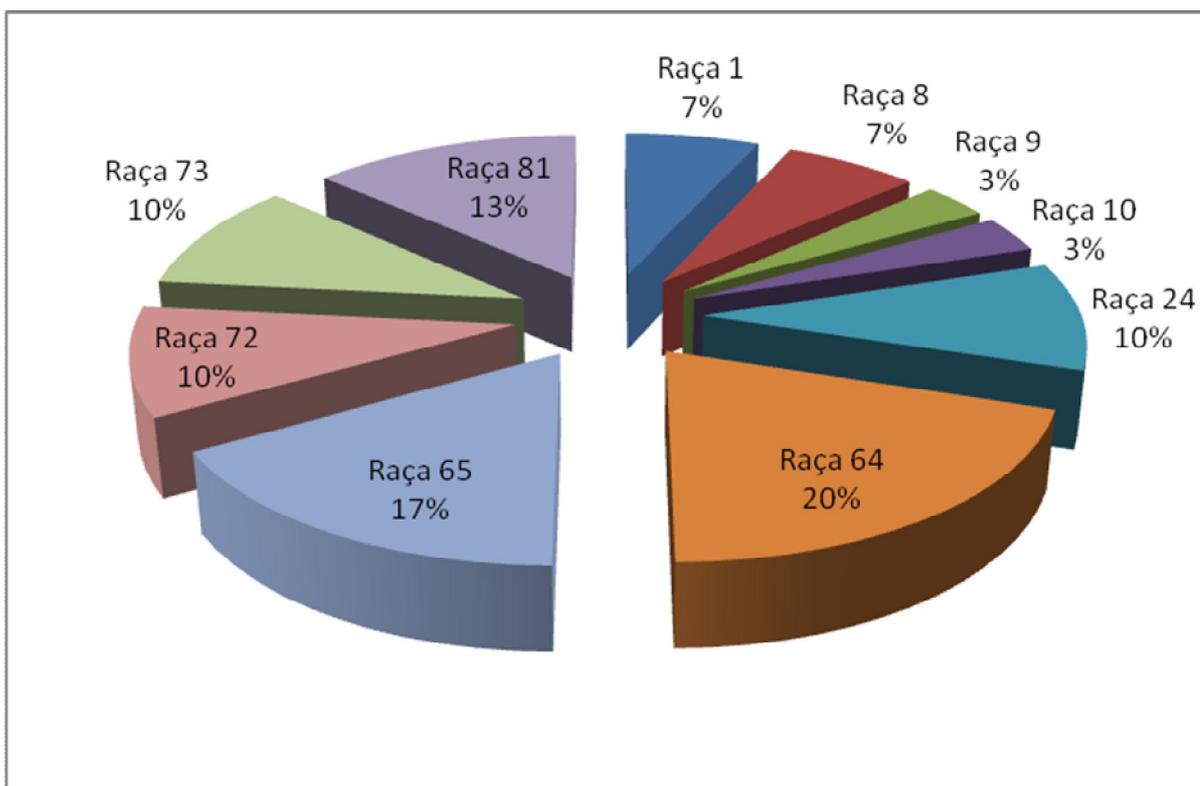


Figura 7 - Raças de *Colletotrichum lindemuthianum* e suas respectivas frequências obtidas a partir dos 30 isolados analisados.

A raça 64 é uma das mais incidentes no mundo, sendo amplamente distribuída nos países produtores de feijão comum (Rava et al., 1994; Alzate-Marin e Sartorato, 2004). Em 1994, Rava e colaboradores identificaram a raça 64 como pertencente ao Grupo Mexicano I, sendo compatível com a cultivar México 222. No Brasil, a raça 64 tem se destacado dentre as raças de maior frequência de ocorrência, com destaque para regiões produtoras do estado do Paraná (Menezes, 1985; Rava et al., 1994; Balardin et al., 1997; Carbonell et al., 1999; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Talamini et al., 2004; Ishikawa et al., 2005; Damasceno e Silva et al., 2007; Sansigolo et al., 2008).

Do mesmo modo, a raça 65 apresenta também uma das maiores incidências no Brasil, principalmente nos estados de Goiás, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Distrito Federal (Menezes, 1985; Carbonell et al., 1999; Thomazella et al. 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Damasceno e Silva et al., 2007; Gonçalves-Vidigal et al., 2008a). Conforme descrito na literatura, a raça 65 é pertencente ao grupo Alfa, que é o grupo das raças mais disseminadas no Brasil (Menezes e Dianese, 1988).

A raça 65 foi primeiramente reportada no estado do Mato Grosso, em 2009, em estudo conduzido por Gonçalves-Vidigal e colaboradores, com isolados provenientes do município de Primavera do Leste, importante região produtora de feijão comum do estado.

Balardin et al. (1997) identificaram a raça 65 de *C. lindemuthianum* e devido sua elevada incidência em vários países a denominaram como uma raça de ocorrência generalizada (que ocorre em vários locais do mundo), identificando-a de forma repetitiva principalmente em isolados provenientes do Brasil e dos Estados Unidos.

A raça 65 é considerada uma das mais disseminada no Brasil, e por muito tempo, os programas de melhoramento buscaram cultivares resistentes a essa raça fisiológica por meio da introgressão do gene antigamente designado como *ARE* (*Co-2*) e originalmente identificado na cultivar Cornell 49-242 (Chiorato et al., 2006).

A raça 81 foi a terceira mais frequente dentre os isolados analisados, correspondendo a 13% (Figura 7), sendo encontrada nos municípios de Primavera do Leste, Campo Verde, Nova Mutum e Nossa Senhora do Livramento, com um isolado em cada (Quadro 13). Segundo Alzate-Marin e Sartorato (2004) a raça 81 é uma das mais frequentes no Brasil, sendo identificada em vários estados, com destaque para o Paraná (Rava et al., 1994; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Abud et al., 2011).

Além do Paraná, esta raça também se encontra distribuída em vários outros estados brasileiros, dos quais se destacam Minas Gerais (Talamini et al., 2004; Damasceno e Silva, 2007); Bahia e Pernambuco (Rava et al., 1994), e São Paulo (Carbonell et al., 1999).

No Mato Grosso a raça 81 foi identificada pela primeira vez por Gonçalves-Vidigal et al., (2009), em estudos com isolados proveniente do município de Primavera do Leste. Abud et al. (2011) dentre os isolados avaliados no estado do

Mato Grosso do Sul, região central do Brasil, identificaram a raça 81, como sendo uma das mais frequentes cuja magnitude é de aproximadamente 45%.

Quadro 13 - Distribuição dos isolados do *Colletotrichum lindemuthianum* nas diferentes regiões produtoras do feijão comum do estado do Mato Grosso

Raça	Municípios*												Total de isolados
	BM	CV	NB	NL	NM	PR	PL	PV	SL	SN	SR	TS	
1		1						1					2
8			1			1							2
9							1						1
10	1												1
24							3						3
64			1		1		1		1	2			6
65		2						2				1	5
72				2							1		3
73	1							1		1			3
81		1		1	1			1					4
Total de isolados	2	4	2	3	2	1	5	5	1	3	1	1	30

*Municípios: BM, Barão de Melgaço; CV, Campo Verde; NB, Nobres; NL, Nossa Senhora do Livramento; NM, Nova Mutum; PR, Paranatinga; PL, Pontes e Lacerda; PV, Primavera do Leste; SL, Santo Antônio do Leverger; SN, Sinop; SR, Sorriso e TS, Tangará da Serra.

As raças fisiológicas 24, 72 e 73 foram a quarta mais frequente, sendo cada qual, identificada em três dos isolados analisados (10%). A raça 24 foi identificada em três isolados do município de Pontes e Lacerda (Quadro 13), sendo o primeiro registro desta raça no mundo, e por consequência, o primeiro registro no Brasil e no estado do Mato Grosso, confirmando assim a alta variabilidade do patógeno, bem como, a necessidade da verificação periódica dessa ampla variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Bonnet et al., 2008).

A raça 72 foi identificada em isolados provenientes dos municípios de Nossa Senhora do Livramento (dois isolados) e Sorriso (um isolado) (Quadro 13). Pesquisas sobre a caracterização de isolados de *C. lindemuthianum* relataram que a

raça 72 foi encontrada nas diversas regiões produtoras de feijão do Brasil (Rava et al., 1994; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Mahuku e Riascos, 2004; Sansigolo et al., 2008; Nunes et al., 2011).

A raça 73 foi encontrada em amostras oriundas dos municípios de Barão de Melgaço, Primavera do Leste e Sinop, cada qual com um isolado (Quadro 13). Esta raça apresenta uma das maiores ocorrências no mundo, sendo amplamente disseminada nos países produtores do feijão comum como na América do Norte, Central e do Sul (Balardin et al., 1997). No Brasil, essa raça está entre as de maior ocorrência (Rava et al., 1994; Balardin et al., 1997; Carbonell et al., 1999; Somavilla e Prestes, 1999; Sartorato, 2002; Sansigolo et al., 2008), sendo o estado do Paraná o que apresenta a maior incidência (Rava et al., 1994; Thomazella et al., 2002a; Alzate-Marin e Sartorato, 2004; Sansigolo et al., 2008). No estado do Mato Grosso é a primeira vez que se registram as raças 72 e 73. Em 2004, estudos realizados por Alzate-Marin e Sartorato permitiram a identificação da raça 73 nos estados de Goiás e no Distrito Federal.

Abud et al. (2011) estudando 259 isolados provenientes do estado de Goiás, relatou que a raça 73 foi a mais frequente no estado, com uma frequência de 35%. Neste mesmo estudo, o Estado do Paraná também se destacou como tendo uma alta frequência da raça 73 (26,05 %).

Damasceno e Silva et al. (2005) em estudos com isolados de diferentes regiões produtoras do feijão comum no Brasil, dentre os quais, estados da região Centro Oeste, tais como Goiás, Mato Grosso do sul e o Distrito Federal, identificaram como as mais frequentes as raças 65 (27,27%), 81 (20,45%) e 73 (15,91%) que, juntas corresponderam a 63,63% do total dos isolados estudados, evidenciando a ampla frequência dessas raças tanto no Brasil quanto na Região Centro Oeste.

As raças 1, 8, 9 e 10, apresentaram menor frequência (as raças 1 e 8 com dois isolados cada e as raças 9 e 10 com um isolado cada) (Figura 7). A baixa ocorrência de tais raças não dispensa os cuidados em relação às mesmas, ao contrário, deve-se ter atenção visando reduzir o surgimento de novos alelos para virulência ou mesmo de novos genes de patogenicidade capazes de quebrar a resistência de genes amplamente utilizados nos programas de melhoramento. Por isso, torna-se necessária a adoção de um planejamento adequado, observando-se as regiões de ocorrência dessas raças e cultivares hospedeiras, a fim de retardar a

disseminação e/ou surgimento de novas raças, e, portanto, prolongar a vida útil de cultivares indicadas aos produtores.

A raça 1 foi identificada em isolados provenientes dos municípios de Campo Verde e Primavera do Leste (um isolados em cada), a raça 8, em isolados provenientes dos municípios de Nobres e Paranatinga (um isolado em cada), as raças 9 e 10 foram identificadas em isolados provenientes dos municípios de Pontes e Lacerda e Barão de Melgaço, respectivamente (Quadro 13). Tais raças foram registradas pela primeira vez no estado do Mato Grosso.

A raça 1 já havia sido identificada no Brasil em estudos conduzidos por Balardin et al. (1997), no qual reportou a raça 1 em três isolados provenientes do Brasil. Mahuku e Riascos (2004), em estudos com 200 isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* provenientes de várias partes do mundo (Américas, Ásia, Europa e África) identificou a raça 1 em isolados provenientes do Brasil, Argentina, Colômbia, Costa Rica, Equador, Honduras e Peru, indicando a ampla distribuição dessa raça pelos países da América Latina.

González et al. (1998) em estudos com isolados oriundos do México, identificou a raça 8 em um isolado. Da mesma forma, Damasceno e Silva et al. (2005) analisando 88 isolados provenientes de diferentes regiões produtoras do feijão comum no Brasil, inclusive regiões produtoras da região central, tais como os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal, identificaram a raça 8.

A raça 9 tem sido reportada em diferentes países das América do Sul e Central, tais como: Argentina, Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, Guatemala, Honduras, México, Peru e República Dominicana (Balardin et al., 1997; Mahuku e Riascos, 2004; Ansari et al., 2004; Nunes et al., 2011).

A raça 10 foi registrada pela primeira vez no Brasil através de estudos realizados por Sansigolo et al. (2008), onde foram analisados isolados provenientes do estado do Paraná.

O primeiro registro das raças 1, 8, 9, 10, 24, 64, 72 e 73 no estado do Mato Grosso evidenciam a disseminação do *Colletotrichum lindemuthianum* para novas áreas, fato que é favorecido pelo livre comércio de sementes e de grãos entre as diversas regiões produtoras do feijão comum no Brasil. Somando-se a isso, o potencial do inóculo do patógeno tende a um aumento, visto que muitos produtores reutilizam seus grãos como sementes entre as safras, para plantios em uma mesma área (Talamini et al., 2004). Da mesma forma, essas raças identificadas no estado

do Mato Grosso evidenciam a necessidade de um monitoramento maior sobre as regiões produtoras do mesmo, visto que o estado vem tendo um crescimento em sua produção nos últimos tempos havendo a necessidade de mais trabalhos neste sentido, a fim de se identificar as raças que afetam as regiões produtoras buscando assim alternativas para seu controle.

Dentre os locais amostrados, o município de Primavera do Leste apresentou isolados de maior variabilidade patogênica, uma vez que se constituiu de quatro raças distintas (Quadro 13). Em seguida, os municípios de Campo Verde e Pontes e Lacerda, com três raças diferentes cada.

Os resultados sugerem uma alta variabilidade do patógeno no estado do Mato Grosso, bem como em alguns municípios os quais apresentaram elevado número de raças identificadas. Segundo Rodríguez-Guerra et al. (2003), existem dois fatores principais envolvidos na produção da variação em um único local, a variação criada por mutação e recombinação sexual e parassexual ou a variação devido a introdução de uma nova linhagem na população local.

Quando comparado às raças identificadas no estado do Mato Grosso, por Gonçalves-Vidigal et al. (2009), verifica-se que no município de Primavera do Leste a incidência das raças 65 e 81 ainda é elevada. Uma vez que, essas raças são de grande ocorrência e ampla disseminação pelas regiões produtoras de feijão comum no Brasil (Alzate-Marin e Sartorato, 2004). Adicionalmente, no presente trabalho, houve a identificação de outras duas novas raças para tal município, raças 1 e 73.

Outros estudos realizados pela região central do Brasil, evidenciam a semelhança com as raças identificadas no presente estudo, Abud et al. (2011), analisou isolados de *C. lindemuthianum* de várias regiões produtoras de feijão comum do Brasil, dentre os quais Estados da região central como Goiás, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal e identificou as raças 65, 73 e 81 como as mais frequentes, o que demonstra semelhança com o presente estudo, no qual registrou tais raças também.

Damasceno e Silva et al. (2005), analisando oitenta e oito isolados do *C. lindemuthianum* de diversas regiões do Brasil, inclusive, isolados obtidos da região Centro Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal) identificou 19 raças diferentes, dentre as quais, raças 8, 64, 65, 73 e 81 foram semelhantes as registradas no presente estudo, evidenciando que em regiões próximas ao estado do Mato Grosso, as raças já registradas são semelhantes.

Ishikawa et al. (2005) estudando trinta e cinco isolados dentre os quais alguns da região de Minas Gerais e Goiás, registrou também raças semelhantes, sendo as raças 65 e 81 as com maior frequência.

Damasceno e Silva et al. (2007) registrou 19 raças provenientes de isolados de várias regiões do Brasil, dentre elas, isolados da região Centro Oeste representada pelos Estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e o Distrito Federal, constatando que a raça 65 seguida das raças 81 e 73 foram as mais frequentes, corroborando com o presente estudo. Santos et al. (2008) identificou as raças 65, 73 e 81, provenientes de cinco isolados do estado de Goiás.

Estes dados evidenciam a importância de se realizar levantamentos periódicos para monitorar a variabilidade dentro de cada região de cultivo, uma vez que cada uma delas apresenta particularidades de manejo, de condições ambientais específicas, bem como do tipo de cultivares plantadas.

4.2. Reação de compatibilidade das cultivares diferenciadoras

Quanto ao índice de resistência das cultivares diferenciadoras inoculadas com os isolados coletados no estado do Mato Grosso foram incompatíveis com as cultivares Perry Marrow, Kaboon, PI 207262, TO, TU, AB 136 e G 2333, todas com 100% de resistência aos isolados testados. As cultivares suscetíveis foram México 222 (30%), Michelite (50%), Cornell 49-242 (56,7%), Widusa (76,7%) e Michigan Dark Red Kidney (96,7%).

As cultivares diferenciadoras andinas, Perry Marrow (*Co-1*³), Kaboon (*Co-1*²) e as mesoamericanas, PI 207262 (*Co-3*³ e *Co-4*³), TO (*Co-4*), TU (*Co-5*), AB 136 (*Co-6*) e G2333 (*Co-3*⁵; *Co-4*²; *Co-5*²) apresentam-se como incompatíveis a todos os isolados testados (Figura 8), indicando que os genes dessas cultivares são importantes fontes de resistência a serem utilizadas em programas de melhoramento genético, podendo as mesmas serem incluídas em programas de melhoramento no estado do Mato Grosso.

Em contrapartida, as cultivares diferenciadoras México 222 (*Co-3*), Michelite (*Co-11*) e Cornell 49-242 (*Co-2*) apresentaram alta compatibilidade com os isolados e, portanto não seriam recomendadas para utilização dessas como fontes de resistência em programas de melhoramento genético do feijão comum para o estado do Mato Grosso. O mesmo pode ser observado nos estados do Paraná e Santa

Catarina, no qual as raças identificadas tem quebrado a resistência dos genes *Co-2*, *Co-3* e *Co-11* presentes nas cultivares diferenciadoras Cornell 49-242, México 222 e Michelite, respectivamente.

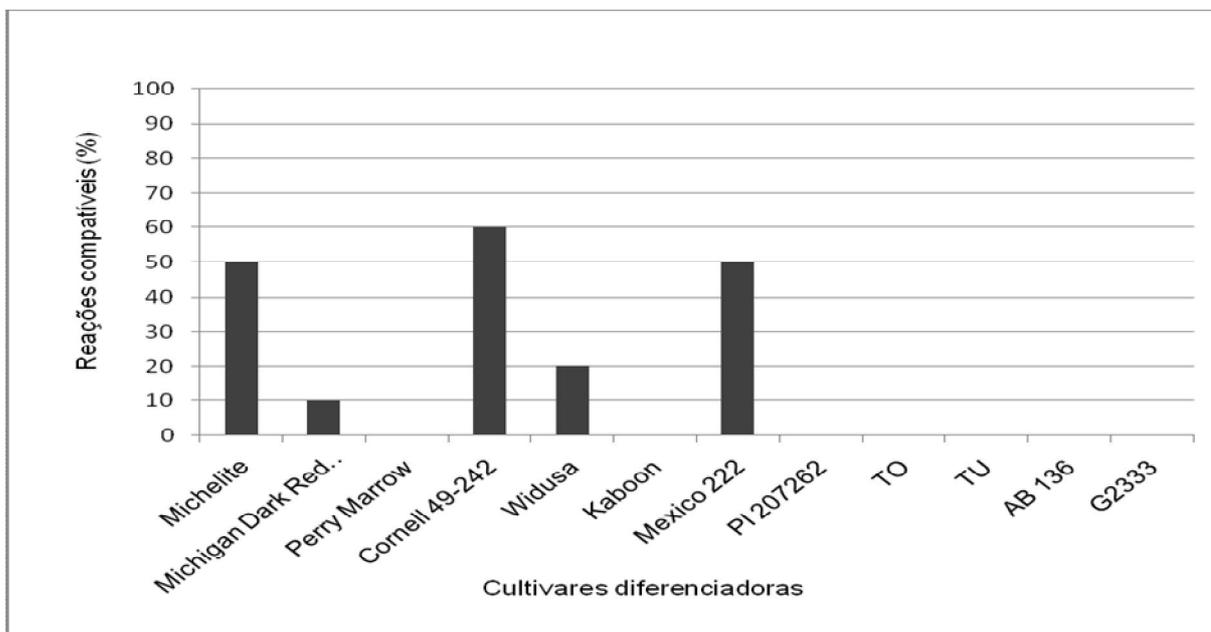


Figura 8 - Percentagens de reações compatíveis entre as cultivares diferenciadoras e os isolados provenientes do estado do Mato Grosso.

Com exceção dos isolados 1, 2, 6, 7, 8, 25, 26 e 30, todos os demais foram virulentos somente as cultivares diferenciadoras de origem Mesoamericana (Quadro 12). Estes resultados corroboram com os encontrados na literatura sobre a co-evolução patógeno-hospedeiro, no qual sugerem que o *C. lindemuthianum* pode ser dividido em dois grupos baseados na virulência: um especializado em hospedeiros Mesoamericanos e outro especializado em hospedeiros Andinos (Pastor-Corrales, 1996; Chiorato et al., 2006).

Balardin e Kelly (1997) evidenciaram que a capacidade de patótipos incidirem sobre cultivares de ambos os grupos gênicos deve-se ao acúmulo de fatores de virulência acumulados no curso da evolução do patógeno. Desta forma, o *C. lindemuthianum* pode não ser altamente estruturado aos grupos gênicos de *Phaseolus vulgaris* L. e assim, estratégias de controle que visem à transferência de genes de resistência de um grupo gênico para o outro, pode não conferir resistência duradoura ao patógeno. Gonçalves-Vidigal et al. (2007), também encontraram

resultados similares, indicando que raças de origem Mesoamericana apresentam reação de compatibilidade com cultivares de ambos os grupos gênicos.

Deste modo, estes resultados demonstram que para os programas de melhoramento do feijão comum que desejam monitorar e controlar a disseminação dessa doença um fator importante é a combinação de genes de origem Mesoamericana e Andina em uma mesma cultivar. Young e Kelly (1997) sugeriram que a piramidação de genes provenientes dos dois conjuntos gênicos, prolonga a resistência à antracnose em uma cultivar.

Diante disso, os resultados obtidos mostram uma ampla variabilidade patogênica, pois a caracterização dos isolados propiciou a caracterização de novas raças. Este fato evidencia a importância do monitoramento constante do patógeno. A caracterização e o local onde elas ocorrem é essencial para a compreensão da dinâmica populacional do patógeno, indicação e desenvolvimento de variedades resistentes nos programas de melhoramento de plantas do estado do Mato Grosso.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

1. As raças 64, 65 e 81 foram as que apresentaram maior frequência nos isolados coletados no estado do Mato Grosso.
2. As raças 1, 8, 9, 10, 24, 64, 72 e 73 foram identificadas pela primeira vez no estado do Mato Grosso.
3. Este é o primeiro relato da ocorrência da raça 24 no mundo.
4. As cultivares diferenciadoras Perry Marrow (Co-1³), Kaboon (Co-1²), PI 207262 (Co-3³ e Co-4³), TO (Co-4), TU (Co-5), AB 136 (Co-6) e G2333 (Co-3⁵; Co-4² e Co-5²) são importantes fontes de resistência que podem ser utilizadas em programas de melhoramento que visam o controle da antracnose no estado do Mato Grosso.
5. A ampla variabilidade observada do *C. lindemuthianum* torna essencial o monitoramento constante deste patógeno para o sucesso nos programas de melhoramento do feijão comum que visam o desenvolvimento de cultivares resistentes para o estado do Mato Grosso.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.F.B. **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul de Minas Gerais**. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/Feijao/FeijaoPrimSegSafrasulMG/index.htm>. Acesso em 28, novembro, 2012.
- ABREU, G.F.; TALAMINI, V.; STANDNIK, M.J. Bioprospecção de macroalgas marinhas e plantas aquáticas para o controle da antracnose do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, 34:78-82, 2008.
- ABUD, R.O.G.; WEDLAND, A.; PEREIRA, R.J.; MELO, L.C.; PEREIRA, H.S.; COSTA, J.G.C. Frequência de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* nos estados brasileiros produtores de feijoeiro comum. VI CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. Búzios, 2011. **Resumos...** Búzios: CBMP, 2011. p. 1-4.
- ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.R.; MENARIM, H.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Herança da resistência à antracnose na cultivar de feijoeiro comum Cornell 49-242. **Fitopatologia Brasileira**, 28:302-306, 2003.
- ALZATE-MARIN, A.L.; SARTORATO, A. Analysis of the pathogenic variability of *Colletotrichum lindemuthianum* in Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 47:241-242, 2004.
- ANDRADE, E.M.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A. Variabilidade patogênica de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões brasileiras. VI REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Salvador, 1999. **Resumos Expandidos...** Salvador: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 242-244.
- ANDRUS, C.F.; WADE, B.L. **The factorial interpretation of anthracnose resistance in beans**. Washington: U.S.D.A. 1942. p. 1-29.
- ANSARI, K.I.; PALACIOS, N.; ARAYA, C.; LANGIN, T.; EGAN, D.; DOOHAN, F.M. Pathogenic and genetic variability among *Colletotrichum lindemuthianum* isolates of different geographic origins. **Plant Pathology**, 53:635-642, 2004.

- ARAÚJO, I.D. Identificação da raça alfa do *Colletotrichum lindemuthianum* e a reação de cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 8:59-162, 1973.
- ARAYA, C.M. Coevolución de interacciones hospedante-patógeno em feijol común. **Fitopatologia Brasileira**, 28: 221-228, 2003.
- AUGUSTIN, E.; COSTA, J.G.C. Fontes de resistência a duas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. no melhoramento do feijoeiro no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 6:265-272, 1971.
- BALARDIN, R.S.; JAROSZ, A.M.; KELLY, J.D. Virulence and molecular diversity in *Colletotrichum lindemuthianum* from South, Central and North America. **Phytopathology**, 87:1184-91, 1997.
- BALARDIN, R.S.; KELLY, J.D. Re-characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* races. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 40:126-27, 1997.
- BALARDIN, R.S.; KELLY, J.D. Interaction between *Colletotrichum lindemuthianum* races and gene pool diversity in *Phaseolus vulgaris*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 123:1038-1047, 1998.
- BALARDIN, R.S.; SMITH, J.J.; KELLY, J. Ribosomal DNA polymorphism in *Colletotrichum lindemuthianum*. **Mycological Research**, 103:841-848, 1999.
- BARRUS, M.F. Varietal susceptibility of beans to strains of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) B. & C. **Phytopathology**, 8:589-614, 1918.
- BARRUS, M.F. **Bean anthracnose**. Ithaca: Cornell University Agricultural Experiment Station, 42:101-215, 1921.
- BEEBE, S.E.; SKROCH, P.W.; TOHME, J.; DUQUE, M.C.; PEDRAZA, F.; NIENHUIS, J. Structure of genetic diversity among common bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. **Crop Science**, 40:264-273, 2000.
- BIGIRIMANA, J.; HÖFTE, M. Bean anthracnose: inoculation methods and influence of plant stage on resistance of *Phaseolus vulgaris* cultivars. **Journal of Phytopathology**, 149:403-408, 2001.

- BLONDET, A. **L'antracnose du haricot: étude des races physiologiques du *Colletotrichum lindemuthianum***. Paris: Faculte de Science, 1963. 161p. (Ph.D. thesis).
- BONETT, L.P.; SCHEWE, I.; SILVA, L.I. Variabilidade de *Colletotrichum lindemuthianum* em feijoeiro comum no Oeste do estado do Paraná. **Scientia Agraria**, 9:207-210, 2008.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas**, Viçosa: UFV, 1998. p. 14-53.
- BORÉM, A.; CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão**. Viçosa: UFV, 2006. p. 13-18.
- BURKHOLDER, W.H. The gamma strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Brit et Cav. **Phytopathology**, 13: 316-323, 1923.
- BURLE, M.L.; FONSECA, J.R.; KAMI, J.A.; GEPTS, P. Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. **Theoretical and Applied Genetics**, 121:801-813, 2010.
- CARBONELL, S.M.; ITO, M.F.; POMPEU, A.S.; FRANCISCO, F.; 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**, 24:60-65, 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**, 13:178-186, 1964.
- CASTANHEIRA, A.L.M.; SANTOS, J.B.; FERREIRA, D.F.; MELO, L.C. Identification of common bean alleles resistant to anthracnose using RAPD. **Genetics and Molecular Biology**, 22:565-569, 1999.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Annual Report of the Bean Program**. Cali: CIAT, 1990. p.70-125.

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***. Cali: CIAT, 1980. p. 37-53.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; MOURA, R.R.; ITO, M.F.; COLOMBO, C.A. Co-evolução entre raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* e feijoeiro – IAC. **Bragantia**, 65:381-389, 2006.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2012/2013 – Décimo segundo levantamento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_setembro_2013.pdf. Acesso em: 16, setembro, 2013.

COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A. Reação de acessos de feijoeiro comum à antracnose, mancha angular e crestamento bacteriano comum. **Fitopatologia Brasileira**, 2004. 63p.

CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. **The New York Botanical Garden**, 1988. 555p.

CRUICKSHANK, I.A.M. Strain of *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) in Eastern Australia. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, 32:134-135, 1966.

DAMASCENO E SILVA, K.J.; SOUZA, E.A.; ISHIKAWA, F.H. Variabilidade patogênica e molecular entre os isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* oriundos de diferentes regiões produtoras de feijão no Brasil.. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO. Goiânia, 2005. **Anais do 8º Congresso Nacional de Feijão**. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 601-604.

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**, 155:241-247, 2007.

DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; FARIA, L.C. **Cultivo do feijoeiro comum**. 2003. Disponível em: <http://www.cnaf.embrapa.br/>. Acesso em 2, novembro, 2012.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Cultivo do feijão da primeira e segunda safra na região sul de Minas Gerais. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafr aSulMG/doencas.htm#ants>. Acesso em 12, dezembro, 2012.

FAO. **Faostat database gateway**. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em 16, fevereiro, 2013.

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. Versailles, 1975. **Proceedings...** Versailles: Centre National de Recherches Agronomiques, 1975. p. 81-92.

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, 1978. **Proceedings...** Louvain la Neuve: Universite Catholique de Louvain, 1979. p. 221-235.

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

GEPTS, P.; ARAGÃO, F. Genomics of *Phaseolus* beans, a major source of dietary protein and micronutrients in the tropics. **Genomics of Tropical Crop Plants**. 40:113-143, 2008.

GLASS, N.L.; RASMUSSEN, C.; ROCA, M.G.; READ, N.D. Hyphal homing, fusion and mycelial interconnectedness. **Trends of Microbiology**, 12:135-141, 2004.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; BONETT, L.P., VIDIGAL FILHO, P.S; GONELA, A.; RIBEIRO, A.S. Genetic control on the performance of common bean differential cultivars to *Colletotrichum lindemuthianum* races. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 50:579-586, 2007.

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. **Brazil Archives of Biology and Technology**, 51:883-888, 2008a.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; GONELA, A.; LACANALLO, G.F.; CASTRO-PRADO, M.A.A.; QUEROL, C.B. Molecular characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* haploids and diploids. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 51:68-69, 2008b.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; NUNES, M.P.; CRUZ, A.S.; SOUSA L.L.; VIDIGAL FILHO P.S. Characterization of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Mato Grosso state, Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 52: 52-53, 2009.

GONZÁLEZ, M.; RODRÍGUEZ, R.; ZAVALA, M.E.; JACOBO, J.L.; HERNÁNDEZ, F.; ACOSTA, J.; MARTINEZ, O.; SIMPSON, J. Characterization of Mexican isolates of *Colletotrichum lindemuthianum* by using differential cultivars and molecular markers. **Phytopathology**, 88:292-299, 1998.

GOTH, R.W.; ZAUMEYER, W.J. Reaction of bean varieties to four races of anthracnose. **Plant Disease Reporter**, 49:815-818, 1965.

HABGOOD, H. Designation of physiological races of plant pathogens. **Nature**, 227:1267-1269, 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**, 119:122-125, 1994.

HE, C.; RUSU, A.G.; POPLAWSKI, A.M.; IRWIN, J.A.G.; MANNERS, J.M. Transfer of a supernumerary chromosome between vegetatively incompatible biotypes of the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. **Genetics**, 150:1459-1466, 1998.

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

ISHIKAWA, F.H.; SILVA, K.J.D.; SOUZA, E.A.; DAVIDE, L.M.C.; FREIRE, C.N.S. Levantamento de raças de *Colletotrichum lindemuthianum* de regiões produtoras de feijão. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Goiânia, 2005. **Resumos Expandidos...** Goiânia: Embrapa, 2005. p. 501-504.

- KELLY, J.D.; AFANADOR, L.; CAMERON, L.S. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Michigan and implications in dry bean resistance breeding. **Plant Disease**, 78:892-894, 1994.
- KELLY, J.D.; MIKLAS, P.N. The role RAPD markers in breeding for disease resistance in common bean. **Molecular Breeding**, 4:1-11, 1998.
- KELLY, J.D.; VALLEJO, V. A comprehensive review of the major genes conditioning resistance to anthracnose in common bean. **HortScience**, 39:1196-1207, 2004.
- KIMATI, H. **Algumas raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et. Magn.) Scrib. que ocorrem no estado de São Paulo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1966. 28p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- KIMATI, H.; GALLI, F. *Glomerella cingulata* (Stonem) Spauld. et Scherenk f. sp. phaseoli, fase ascógena do agente causal da antracnose no feijoeiro. **Anais da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz**, Piracicaba, 27:411-437, 1990.
- KIMATI, H. Doenças do feijoeiro – *Phaseolus vulgaris*. In: GALLI, F. (ed.). **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1980. p.297-318.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia – doenças de plantas cultivadas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1997. 774p.
- KRÜGER, J.; HOFFMANN, G.M.; HUBBELING, N. The Kappa race of *Colletotrichum lindemuthianum* and sources of resistance to anthracnose in *Phaseolus* beans. **Euphytica**, 26:23-25, 1977.
- MAHUKU, G.S.; JARA, C.; CAJIAO, C.; BEEBE, S. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. **Plant Disease**, 86:1383-1387, 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**, 110:253-263, 2004.

MAPA. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Perfil do feijão no Brazil, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/feijão>. Acesso em: 14, novembro, 2012.

MATHUR, R.S.; BARNETT H.L.; LILLY, V.G. Sporulation of *Colletotrichum lindemuthianum* in culture. **Phytopathology**, 40, 104-114, 1950.

McDONALD, B.A.; LINDE, C. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. **Euphytica**, 124:163-180, 2002.

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

MENDES-COSTA, M.C.; SOUZA, E.A. Genética de *Glomerella cingulata* (Stonem) Spauld. et Schrenk f. sp. phaseoli: caracterização genotípica. In: 51º CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA. Águas de Lindóia, 2005. **Resumos...** Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Genética, 2005.

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**, 141:237-245, 2005.

MENEZES, J.R.; MOHAN, S.K.; BIANCHINI, A. Identificação de raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. no estado do Paraná. In: 1º REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Goiânia, 1982. **Anais da Reunião Nacional de Pesquisa de Feijão**. Goiânia: CNPAF, 297-299, 1982.

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

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

NUNES, M.P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; LACANALLO, G.F.; PEDROSO, J.; COIMBRA, G.K.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SOUSA, L.L. Caracterização de Isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* oriundos do estado do Paraná. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. Búzios, 2011. **Resumos Expandidos...** Búzios: SBMP, 2011. p. 1-4.

O'CONNELL, R.; PERFECT, S.; HUGHES, B.; CARZANIGA, R.; BAILEY, J.; GREEN, J. **Dissecting the cell biology of *Colletotrichum* infection process.** St. Paul-Minnesota: APS Press, 2000. p. 57-77.

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

OLIVEIRA, E.A.; ANTUNES, I.F.; COSTA, J.G.C. Bean anthracnose race survey in South Brazil. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, 16:42-43, 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**, 1:195-198, 1975.

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

PASTOR-CORRALES, M.A. Variación patogênica de *Colletotrichum lindemuthianum*, el agente causal de la antracnosis del frijol y una propuesta para su estandarización. In: PASTOR-CORRALES, M.A. (ed.). **La antracnosis del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, en América Latina.** Cali: CIAT, 1988. p. 212- 239. (Documento de Trabajo, 113).

PASTOR-CORRALES, M.A.; TU, J.C. Anthracnose. In: SCHWARTZ, A.F.; PASTOR-CORRALES, M.A. (eds.). **Bean production problems in the tropics.** Cali: CIAT, p. 77-104, 1989.

PASTOR-CORRALES, M.A. Estandarización de cultivares diferenciales y de designación de razas de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Phytopathology**, 81:694, 1991.

PASTOR-CORRALES, M.A.; OTOYA, M.A.M.; MAYA, M.M. Diversidad de la virulencia de *Colletotrichum lindemuthianum* en Mesoamérica y la región Andina. **Fitopatología Colombiana**, 17:31-38, 1993.

PASTOR-CORRALES, M.A. Resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Middle America and Andean South America in different common bean races. **Plant Disease**, 7:63-67, 1995.

PASTOR-CORRALES, M.A. Traditional and molecular confirmation of the coevolution of beans and pathogens in Latin America. **Annual Reporter of the Bean Improvement Cooperative**, 39:46-47, 1996.

PINHEIRO, P.V.; FARIA, J.C. **Fluxo gênico em feijoeiro comum: ocorrência e possíveis consequências**. Santo Antônio de Goiás: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão), 2005. 28p.

PIO RIBEIRO, G.; CHAVES, G.M. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn.) Scrib. que ocorrem em alguns municípios de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. **Experientiae**, 19:95-118, 1975.

PORCH, T. **List of genes - *Phaseolus vulgaris* L.** Disponível em: <http://www.css.msu.edu/bic/PDF/Bean%20Genes%20List%2008.pdf>. Acesso em: 28, outubro, 2012.

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

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

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**, 1:113-116, 2005.

ROCA, M.M.G. **Recombinação genética em *Colletotrichum lindemuthianum* por meio de anastomoses entre conídios**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 138p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

ROCA, M.M.G.; DAVIDE, L.C.; MENDES-COSTA, M.C. Cytogenetics of *Colletotrichum lindemuthianum* (*Glomerella cingulata* f. sp. phaseoli). **Fitopatologia Brasileira**, 28:367-373, 2003.

RODRÍGUEZ-GUERRA, R.; RAMIREZ-RUEDA, M.T.; MARTINEZ DE LA VEGA, O.; SIMPSON, J. Variation in genotype, pathotype and anastomosis groups of *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Mexico. **Plant Pathology**, 52:228-235, 2003.

SALVADOR, C.A. **Análise da conjuntura agropecuária - safra 2011/12 - Feijão**. Secretaria da agricultura e do abastecimento (SEAB), outubro de 2011. Disponível em: www.agricultura.pr.gov.br. Acesso em: 2, novembro, 2012.

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

SANTOS, J.; ANTUNES, I.F.; REY, M.S.; ROSSETTO, E.A. Virulência das raças 65, 73 e 81 de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. e determinação de fontes de resistência em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Agrociência**, 14:115-124, 2008.

SARTORATO, A. Determinação da variabilidade patogênica do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc.) Scrib. In: 7º CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO. Viçosa, 2002. **Resumos Expandidos...** Viçosa: CNPAF, 2002. p.114-116.

SARTORATO, A. **Principais doenças do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2003. Disponível em: www.agromil.com.br/doe_fej.html. Acesso em: 28, outubro, 2011.

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

SCHREIBER, F. Resistenzzüchtung bei *Phaseolus vulgaris* L. **Phytopathology**, 4:415-454, 1932.

SCHWARTZ, H.F.; PASTOR CORRALES, M.A. **Bean production problems In the tropics**. Cali: CIAT, 1989. p. 105-157.

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**, 87:807-813, 1997.

- SINGH, S.P.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D.G. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, 45:379-396, 1991.
- SOMAVILLA, L.; PRESTES, A.M. Reação de cultivares de feijoeiro a alguns patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Fitopatologia Brasileira**, 23:290- 299, 1998.
- SOMAVILLA, L.; PRESTES, A.M. Identificação de patótipos de *Colletotrichum lindemuthianum* de algumas regiões produtoras de feijão do Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**, 24:416-421, 1999.
- SUTTON, B.C. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In: BAYLEY, J.A.; JEGER, M.J. (eds.). **Colletotrichum, biology, pathology and control**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 1-26.
- 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**, 30:371-375, 2004.
- 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**, 2: 55-60, 2002a.
- 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**, 45:44-45, 2002b.
- TU, J.C. Occurrence and characterization of the epsilon race of bean anthracnose in Ontário. **Plant Disease**, 68:69-70, 1984.
- TU, J.C. Occurrence and characterization of the alpha-Brazil race of bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in Ontário. **Canadian Journal of Plant Pathology**, 16:129-131, 1994.
- VALE, F.X.R.; ZAMBOLIM, L. **Controle de Doenças de Plantas: grandes culturas**. Viçosa: UFV, 1997. p. 335-340.
- VIEIRA, C. **O feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1967. 220p.

- VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1988. p. 231.
- VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. 596p.
- VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M.A.P. Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 273-349.
- WALKER, J.C. Diseases of bean and lima bean. In: WALKER, J.C. (ed.) **Diseases vegetable crops**. New York: Macgraw-Hill, 1952. p.10-56.
- WALKER, J.C. **Enfermedades de las hortalizas**. Barcelona: Salvat, 1959. 624p.
- YERKES JÚNIOR, W.D.; ORTIZ, M.T. New races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Phytopathology**, 46:564-567, 1956.
- YERKES JÚNIOR, W.D. Additional new races of *Colletotrichum lindemuthianum* in Mexico. **Plant Disease Reporter**, 42:329-329, 1958.
- YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKI, J. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 515-654.
- YOKOYAMA, L.P. **Cultivo do feijoeiro comum: importância econômica – sistemas de produção**. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/importancia.htm>. Acesso em: 2, novembro, 2012.
- YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. Characterization of the genetic resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean differential cultivars. **Plant Disease**, 80:650-654, 1996.
- YOUNG, R.A.; KELLY, J.D. RAPD markers linked to three major anthracnose resistance genes in common bean. **Crop Science**, 37: 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**, 96:87-94, 1998.
- ZAUMEYER, W.J.; THOMAS, H.R. **A monographic study of bean diseases and methods for their control**. Washington: USDA, 868:5-15, 1957.

