



MYNOR EFRAÍN GARCÍA MUNGUÍA

SELEÇÃO DE ACESSOS DE FEIJÃO-FAVA RESISTENTES
A *Macrophomina phaseolina*

TERESINA – PI

2017

MYNOR EFRAÍN GARCÍA MUNGUÍA

**SELEÇÃO DE ACESSOS DE FEIJÃO-FAVA RESISTENTES A
*Macrophomina phaseolina***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Piauí, para obtenção do título de Mestre em Ciências, área de concentração: Agricultura Tropical.

Prof. Dr. José Evando Aguiar Beserra Júnior
Orientador

Profa. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes
Coorientadora

Teresina – PI
2017

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

G216s García Munguía, Mynor Efraín
Seleção de acessos de feijão-fava resistentes a *Macrophomina phaseolina* / Mynor Efraín García Munguía - 2017.
63 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
Orientação: Prof.Dr. José Evando Aguiar Beserra Júnior

1. *Phaseolus lunatus* L., 2. Podridão cinzenta do caule 3. Resistência I. Título

CDD 635.651

MYNOR EFRAÍN GARCÍA MUNGUÍA

**SELEÇÃO DE ACESSOS DE FEIJÃO-FAVA RESISTENTES A
*Macrophomina phaseolina***

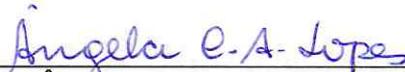
Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Mestre em Ciências com área de concentração em Agricultura Tropical.

APROVADA em 16 de fevereiro de 2017.

Comissão Julgadora:



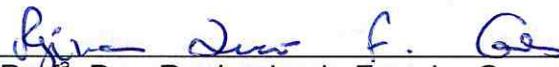
Prof. Dr. Frank Magno da Costa – UESPI



Prof^a. Dra. Ângela Celis de Almeida Lopes – CCA/UFPI



Prof. Dr. José Evando Aguiar Beserra Júnior – CCA/UFPI
(Orientador)



Prof^a. Dra. Regina Lucia Ferreira Gomes – CCA/UFPI
(Coorientadora)

TERESINA-PI

2017

A meu mentor, amigo e fundador da instituição que influenciou minha formação como pessoa e profissional, deu uma missão na minha vida “agrônomos para alimentar ao mundo”, “CEMAS”. Prof. Fito/Sr. Luis Rodolfo Sarceño López descanse em paz, você sempre confiou em mim e mostrou seu afeito.

A meu sobrinho Henrique Peñate, Tz'ikin, que prometo fazer tudo por ser o melhor exemplo para você, e mostrar o pequeno que pode ser o mundo quando se têm grandes sonhos.

Aos professores Dra. Alejandra Arroyo e Dr. Johan Perret da minha *alma mather* EARTH University que mesmo depois da minha formação como Engenheiro Agrônomo, sempre estiveram ali.

À cidade que me viu crescer, Jutiapa, a ela devo minhas primeiras experiências de vida, os princípios da sociedade e sempre deu o incentivo para ir na frente nos piores e melhores momento.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Piauí, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA-UFPI), ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar da UFPI (PMGCA-UFPI), pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Ao programa de bolsas do Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras e o Departamento de Desenvolvimento Humano e Educação da Organização dos Estados Americanos, por meio do Programa de Alianças para a Educação e Capacitação –PAEC-OEA-GCUB.

Ao meu orientador Dr. José Evando Aguiar Beserra Júnior, pela paciência, dedicação e sua habilidade em espanhol que foram de grande relevância para a realização deste trabalho e crescimento profissional.

A Dra. Regina L. Ferreira Gomes e Dr. Maruzanete P. Melo pelo apoio e disposição no meu crescimento como profissional e todas as contribuições neste trabalho.

Aos amigos e minha nova família científica, Dr. Maru, futura Dra. Jayara Silva e colegas de mestrado Glenda, Raquel e todas as pessoas do Laboratório de Fitopatologia da UFPI, porque apesar de não entender nada do que falei sempre estiveram para mim.

As pessoas da academia, minha treinadora Maria Siqueira, ao meu amigo Renato Paiva e professora de português Patrícia Marques que me mostraram que do nada a vida te pode rodear de pessoas especiais.

A meus irmãos Luis Peñate e José Fernando Castañeda porque levam estando, incondicionalmente, para mim apesar do tempo e distância.

A todos por ser simplesmente vocês.

Perguntaram para Mahatma Gandhi: Quais são os fatores que destroem o humano?

Ele respondeu assim: “A política sem princípios, o prazer sem compromisso, a riqueza sem trabalho, a sabedoria sem caráter, os negócios sem moral, a ciência sem humanidade e oração sem caridade”

RESUMO

A podridão cinzenta do caule, causada por *Macrophomina phaseolina*, é uma importante doença do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) no Nordeste brasileiro. Devido à grande dificuldade no controle, por tratar-se de um patógeno polífago e habitante do solo, a seleção de genótipos de feijão-fava com resistência genética ao fungo pode ser uma alternativa de controle, tendo em consideração que não tem sido relatada resistência à doença no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de resistência de acessos de feijão-fava a *M. phaseolina*, visando selecionar aqueles com potencial de utilização no manejo da podridão cinzenta do caule, para tanto três experimentos foram desenvolvidos. No Experimento I foi avaliada a agressividade de sete isolados do fitopatógeno a um acesso susceptível de feijão-fava. No Experimento II, 37 acessos de feijão-fava foram avaliados quanto a resistência contra um isolado agressivo do experimento I. O experimento foi conduzido em duas épocas do ano (fevereiro-março e julho-agosto de 2016). No Experimento III os acessos mais resistentes e suscetíveis do experimento II, foram avaliados quanto a estabilidade da resistência quando inoculados com sete isolados do patógeno, provenientes do primeiro Experimento I. Os resultados do Experimento I revelaram que seis isolados apresentam elevada agressividade, diferindo do isolado MPM143, menos agressivo ($p < 0,05$). O isolado MPM144 foi utilizado como inoculo para o Experimento II. Houve diferenças na severidade dos acessos entre as épocas de realização do Experimento II ($p < 0,05$). A interação época-acesso foi significativa ($p < 0,05$). Treze acessos apresentaram os menores níveis de severidade ($p < 0,05$) nas duas épocas, dentre eles UFPI 892, UFPI 908 e UFPI 905, tendo sido considerados resistentes ao isolado MPM144. A resistência dos acessos não foi estável contra os sete isolados do fitopatógeno. No entanto, foram expressados diferentes níveis de resistência para a diversos isolados por parte dos acessos UFPI 892 e UFPI 908. O acesso UFPI 908 expressou os resultados mais promissores de resistência contra os isolados ESS02, MPM144 e JM33 e o menos suscetível para LLP01 e ESS07. Os resultados de severidade da doença observados em todos os experimentos indicam que o desenvolvimento da doença não apresenta diferenças significativas após o 25º dia da semeadura e inoculação de feijão-fava.

Palavras-chave: *Phaseolus lunatus* L., podridão cinzenta do caule, resistência genética.

ABSTRACT

Charcoal rot disease, caused by *Macrophomina phaseolina*, is an important disease of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in the Brazilian Northeast. Due to the difficulty of its management, because it is a soil polyphagous pathogen, the selection of lima bean accesses with genetic resistance to the fungus may be an alternative management, taking into account that currently no genotypes of lima bean resistant to the disease are known in Brazil. The objective of this work was to evaluate the resistance reaction of lima bean accessions to *M. phaseolina*, in order to select potential access(s) to be used in the management of Charcoal rot, therefore three experiments were developed. In the experiment I, it was evaluated the aggressiveness of seven isolates of the phytopathogen to an access of susceptible lima bean. In the experiment II, the resistance of 37 accessions of lima bean was evaluated against an aggressive isolate of the experiment I. The experiment was developed in two seasons of the year (February-March and July-August of 2016). In the experiment III, the resistance stability of the most resistant and susceptible accesses detected in the experiment II was measured, after their inoculation with seven isolates of the pathogen, from the first experiment. The results of the experiment I revealed that six isolates expressed high aggressiveness, differing only from the isolate MPM143, less aggressive ($p < 0.05$). MPM144 isolate was used as an inoculum for Experiment II. There were differences in the severity of the disease in the accesses between the seasons tested in the experiment II ($p < 0.05$). The time-access interaction was significant at 5% probability. Thirteen accesses expressed the lowest levels of severity ($p < 0.05$) in the two seasons, including UFPI 892, UFPI 908 and UFPI 905, being considered resistant to MPM144 isolate. The resistance of these accesses was not stable against the seven isolates of the pathogen. However, different levels of resistance were expressed for most isolates by accesses UFPI 892 and UFPI 908. Access UFPI 908 presented the most promising results of resistance to the isolates ESS02, MPM144 e JM33 and the less susceptible to LLP01 and ESS07. The disease severity results of all experiments indicate that the development of the disease does not show significant differences after day 25 after planting and inoculation of fava bean seeds.

Key words: *Phaseolus lunatus* L., charcoal rot, genetic resistance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** *Macrophomina phaseolina* em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). (A) Micélio sobre a vagem; (B) Tombamento em campo; (C) Cotilédone saudável; (D) Cotilédone com lesão escura e massa de microesclerócios; (E) Microesclerócios em caule; (F) Tombamento em plantas inoculadas; (G) Raiz saudável; (H) Podridão de carvão em raiz inoculada; (I, J) Sintomas foliares, com presença de picnídios em plantas inoculadas; (K) *M. phaseolina* em meio BDA; (L) Microesclerócios em caule de planta inoculada; (M) Massa de microesclerócios produzidos em meio BDA; (N) Picnídios na superfície de folha de planta inoculada; (O) Picnídio com conídios. Barra: N-O = 20 µm. Teresina, PI - 201621
- Figura 2** Representação gráfica das notas da escala de severidade em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), adaptada de Abawi; Pastor-Corrales (1990) para avaliação da podridão cinzenta do caule em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). (A) Nota 1; (B,C e D) Nota 2; (E e F) Nota 3; (G,H e I) Nota 4; (J, K, L, M, N, O e P) Nota 5. Teresina, PI - 2016.33
- Figura 3** Classificação de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) em cinco níveis de resistência (Resistente (R), medianamente resistente (MR), medianamente susceptível (MS), susceptível (S) e altamente susceptível (AS)) a infecção por *Macrophomina phaseolina*, expressado em duas épocas (fevereiro-março e julho-agosto) do Experimento II. Teresina, PI - 2016.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Severidade (SEV) média e reação de resistência do acesso UFPI 890 de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) inoculado com sete isolados de <i>Macrophomina phaseolina</i> . Teresina, PI – 2016.....	35
Tabela 2 Severidade (SEV) média e reações de resistência de 37 acessos de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) em duas épocas (fevereiro-março e julho-agosto), após inoculação com o isolado MPM144 de <i>Macrophomina phaseolina</i> . Teresina, PI – 2016.....	37
Tabela 3 Severidade (SEV) média (%) e reação de resistência de seis acessos de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) após inoculados com sete isolados de <i>Macrophomina phaseolina</i> . Teresina, PI – 2016.....	44
Tabela 4 Comparação dos níveis de severidade (SEV) média (%) dos acessos de feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) à infecção por <i>Macrophomina phaseolina</i> , nas avaliações realizadas após 10, 15, 20, 25, 30, 35 dias da semeadura, nos Experimentos I, II (duas épocas) e III. Teresina, PI - 2016.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	O feijão-fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.).....	13
2.1.1	Origem e distribuição.....	13
2.1.2	Importância econômica.....	15
2.1.3	Relevância como recurso alimentar.....	17
2.2	O patógeno: <i>Macrophomina phaseolina</i>	18
2.2.1	Taxonomia.....	18
2.2.2	Distribuição e importância.....	19
2.2.3	Sintomatologia.....	20
2.2.4	Sobrevivência e disseminação.....	22
2.2.5	Epidemiologia.....	23
2.2.6	Variabilidade.....	24
2.3	Manejo da podridão cinzenta do caule.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Material vegetal, isolados do patógeno e instalação dos experimentos.....	29
3.2	Experimento I: Avaliação da agressividade de isolados de <i>M. phaseolina</i> em feijão fava.....	30
3.3	Experimento II: Avaliação da reação de resistência de acessos de feijão-fava a <i>M. phaseolina</i> e impacto da época na reação de resistência.....	30
3.4	Experimento III: Avaliação da estabilidade da resistência de acessos de feijão-fava em relação a sete isolados de <i>M. phaseolina</i>	31
3.5	Análise dos dados.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	Experimento I: Avaliação da agressividade de isolados de <i>M. phaseolina</i> em feijão-fava.....	35
4.2	Experimento II: Avaliação da reação de resistência de acessos de feijão- fava a <i>M. phaseolina</i> e impacto da época na reação de resistência.....	36
4.3	Experimento III: Avaliação da estabilidade da resistência de acessos de feijão-fava em relação a sete isolados de <i>M. phaseolina</i>	41
5	CONCLUSÕES.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXO.....	57

1 INTRODUÇÃO

Entre a gama de feijões usados para consumo humano o feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) é a segunda espécie mais importante, representativa no cenário agrícola, econômico ou cultural, e reconhecida em função da dieta da população do Nordeste brasileiro (IBGE, 2015; SANTOS et al., 2002). Entretanto, apresenta-se como alternativa na sustentabilidade da produção de alimentos ao nível da região Nordeste do Brasil e mundial (CASTIÑEIRAS et al., 2008; NETO et al., 2015). Oferece amplas oportunidades para o desenvolvimento de pequenos e médios produtores agrícolas, ao mesmo tempo em que se assegura o resgate do recurso genético. Apresenta-se como uma alternativa para ser inserido no âmbito social, econômico e cultural, formando parte das fontes de proteína da dieta básica humana (CHEL-GUERRERO et al., 2012; MOSES; OLAWUNI; JO, 2012).

O feijão-fava apresenta elevado potencial de cultivo, diversidade genética e adaptação a diferentes condições climáticas (VIEIRA, 1992; LONG et al., 2014). Para a região Nordeste do Brasil tem importância, pois destaca-se como uma espécie de subsistência, sendo produzida em regime de sequeiro, principalmente por parte do setor da agricultura familiar (SANTOS et al., 2002). No entanto, esta leguminosa tem recebido poucos investimentos por parte dos órgãos de pesquisa e fomento no Brasil, caracterizando os sistemas produtivos pelo pouco uso de tecnologias, baixos índices de produtividade e grande oscilação nas produções (ALVES et al., 2008).

No ano de 2016 foi descrita pela primeira vez para o feijão-fava no Brasil o agente etiológico *Macrophomina phaseolina*, que causa a doença podridão cinzenta do caule ou podridão de carvão (SOUSA, 2016). O patógeno é considerado como um dos mais destrutivos nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente nas condições ambientais de climas áridos e semiáridos do Nordeste brasileiro. Tem ganhado destaque principalmente pela grande dificuldade de controle (GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012; SILVA FILHO et al., 2013), provocando a redução no estande das plantas no campo, baixa qualidade de sementes, morte e maturação precoce das plantas (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990).

O fungo é patogênico a mais de 500 espécies de plantas e responsável pelos baixos índices de rendimento de culturas de grande importância econômica como feijões, soja, cana-de-açúcar, algodoeiro, milho, dentre outras (GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012). Os restos de cultura são importantes fontes de inóculo primário e

as sementes contaminadas a principal fonte de disseminação do fungo. Em sementes de feijão-caupi foi constatada incidência média de 12% de *M. phaseolina* em amostras do estado do Piauí, valor considerado elevado (ATHAYDE SOBRINHO, 2004) e no feijão-fava, incidência de 1,58% foi encontrada em amostras de sementes coletadas do Nordeste do país (MOTA, 2016). Levando em consideração a existência de elevado índice de infecção de sementes de outros cultivos, além daquelas de feijão-fava, as sementes na região constituem um importante veículo de disseminação.

Considerando-se a facilidade de disseminação, a longevidade de sobrevivência do patógeno e alguns fatores que fragilizam a estabilidade produtiva da cultura, tais como: pouca atenção dada por parte dos órgãos de pesquisa e extensão; incertezas climáticas da região; baixo nível tecnológico de produção e manejo fitossanitário (ALVES et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2014), a doença configura-se como um problema crescente para o futuro da produção do feijão-fava.

Existem medidas de manejo das doenças em outras culturas, como o uso de variedades resistentes, que tem sido um dos métodos de maior eficiência, pois diminui os custos de produção e reduz os impactos ambientais. Porém, não existem no país variedades melhoradas de feijão-fava para recomendação de cultivo. A primeira etapa para o desenvolvimento de um programa de melhoramento (obtenção e utilização de cultivares resistentes) é identificar as fontes de resistência (CAMARGO; BERGAMMIN FILHO, 2011). O objetivo deste trabalho foi avaliar a reação de resistência de acessos de feijão-fava a *M. phaseolina*, visando selecionar aqueles com potencial de utilização no manejo da podridão cinzenta do caule.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)

O feijão-fava é a segunda leguminosa de maior importância do gênero *Phaseolus* (*P. vulgaris*, *P. lunatus*, *P. coccineus*, *P. accutifolius* e *P. plianthus*), sendo uma das leguminosas mais cultivadas na região tropical e subtropical apresentando elevado potencial para fornecer proteína de origem vegetal (VIEIRA, 1992). Apresenta-se como alternativa na sustentabilidade da produção de alimento e proteção de recursos genéticos com potencial alimentar (OLIVEIRA; TORRES; BEBEDITO, 2011; SANTOS et al., 2002). No entanto, a produção do cultivo é oriunda de pequenos produtores, em consórcio com outros cultivos, sem adoção de tecnologias que visem o aumento da produtividade (SANTOS et al., 2002).

Alguns dos caracteres agronômicos que permitem a identificação do feijão-fava são a germinação epígena, acontecendo usualmente dentre seis e dez dias após a sementeira. Os cotilédones emergem entre nove e 14 dias. O primeiro par de folhas são unifoliadas e emerge entre 13 e 14 dias, as folhas geralmente são em tons mais escurecidos em comparação de outras espécies do mesmo gênero, bractéolas pequenas e pontiagudas. O feijão-fava pode apresentar hábito de crescimento determinado ou indeterminado. O hábito de crescimento determinado é caracterizado pelo desenvolvimento total da gema apical em uma inflorescência e o indeterminado é caracterizado pelo desenvolvimento da gema terminal em uma guia. A planta apresenta uma alta produção de flores por dia, aparecendo as primeiras flores entre 46 e 60 dias. As vagens são compridas e geralmente de forma oblonga e recurvada, aparecem entre 51 e 74 dias, com maturação total entre 84 e 97 dias. O número de sementes por vagens, podendo ser dentre duas a quatro (KEE; GLANCEY; WOOTTEN, 1997; OLIVEIRA et al., 2015; ZIMMERMANN; TEIXEIRA, 1996).

2.1.1 Origem e distribuição

Os feijões desde as origens das populações americanas, têm representado um importante recurso alimentar. A partir dos anos 1700, mais de 400 espécies de feijões foram descritas, e cinco espécies foram domesticadas no período pré-

colombiano (FREYTAG; DEBOUCK, 2002). O gênero *Phaseolus* possui espécies que apresentam relevância para diversos países ao redor do mundo, sendo um recurso de grande impacto e importância histórica ao nível nutricional, cultural e econômico para as civilizações americanas. Para o Nordeste do Brasil, o feijão-fava tem importância, pois é cultivada principalmente pelo setor da agricultura familiar em regime de sequeiro (ALVES et al., 2008; SANTOS et al., 2002).

América Central é o centro de origem e distribuição de *P. lunatus*. De acordo com Mackie (1943), na Guatemala foi possível recuperar inúmeras vezes o feijão-fava selvagem original. É relatado que a dispersão do feijão-fava foi mediada pelo homem, processos de seleção dirigidos foram desenvolvidos para obter materiais com características morfológicas determinadas, principalmente buscando sementes de maior tamanho. Também é descrito que existe uma relação positiva no aumento de tamanho da semente e as rotas de dispersão, partindo do centro de Guatemala (MACKIE, 1943).

A dispersão, desde o ponto de origem, aconteceu durante seu cultivo na época pré-colombiana. Os estudos que procuram descrever o processo de dispersão do feijão-fava se fundamentam em dois fatos principais: a evolução das características morfológicas do grão, como incremento de tamanho, variação da forma e a cor das sementes, e pelas rotas comerciais da época. Foram estabelecidas três rotas claras de dispersão: a) O ramo Hopi, pelo norte através de América Central; b) O ramo do Caribe, incluindo as ilhas das Índias Ocidentais e da Amazônia brasileira; c) O ramo Inca, estendendo-se para o sul desde a América Central até o Peru (MACKIE, 1943).

As rotas de dispersão claramente tiveram grande influência no desenvolvimento de características genótípicas e fenotípicas do feijão-fava. Parece haver certa distância genética, estatisticamente significativa, entre diferentes amostras obtidas do Caribe, América do Norte, Central e Sul. Dois grandes grupos se formaram, correspondendo a sua origem geográfica e tamanho das sementes (sementes grandes e pequenas). As populações estudadas foram agrupadas em amostras da região Mesoamericana e amostras da região Andina. Os grupos de semente grande formam um grupo independente e geneticamente distante, mas relacionado ao grupo de sementes pequenas (KEE; GLANCEY; WOOTTEN, 1997; NIENHUIS et al., 1995).

No âmbito internacional, o feijão-fava é classificado precisamente pelo seu tamanho: sementes do tipo pequena (<0,50 g/semente) e do tipo grande (>0,50 g/semente) (LONG et al., 2014; NIENHUIS et al., 1995). No primeiro grupo, se presume que houve uma dispersão através do ramo Hopi, pela vertente ocidental da Serra Madre, entrando nos Estados Unidos de América (E.U.A.) pela zona que hoje é o estado do Arizona (MACKIE, 1943). Este grupo de feijão-fava inclui variedades que são altamente resistentes ao calor e a condições áridas (LONG et al., 2014; MACKIE, 1943). O segundo grupo, que também teve origem na Guatemala, teve uma outra rota de dispersão pelo ramo Inca, pela América Central, Colômbia até o Peru (MACKIE, 1943). O cultivo em elevadas altitudes provavelmente teve influência na perda de certa capacidade de tolerar condições de altas temperaturas (NIENHUIS et al., 1995), ou seja, são aparentemente inadequadas para o cultivo em condições quentes típicas das costas equatoriais das Américas (KEE; GLANCEY; WOOTTEN, 1997).

2.1.2 Importância econômica

A cultura de feijão-fava tem relevância ao nível internacional, pois representa uma alternativa sustentável na produção de alimentos (CHEL-GUERRERO et al., 2012; MOSES; OLAWUNI; JO, 2012). Os E.U.A. têm grande capacidade produtiva, pois existem pesquisas no desenvolvimento de variedades adaptadas, de porte ereto e ciclo curto, além de investimentos nos estudos de práticas de manejo e uso intensivo de tecnologias. Neste país, no período de 2003-2014, os registros produtivos indicam que tanto o preço como a produção de feijão-fava aumentaram, tornando-se uma cultura economicamente mais atrativa (LONG et al., 2014).

O Serviço de Estatística Agrícola Nacional (National Agricultural Statistics Service) daquele país reportou, para os anos de 2013 a 2015, produções de 48,62; 50,40 e 50,26 mil toneladas, com valores que alcançaram os 28,31; 29,24 e 29,96 milhões de dólares, respectivamente. A área destinada ao cultivo de feijão-fava nos referidos anos foi de 11,85; 11,44 e 12,05 milhares de hectares (ha), significando um rendimento de 4,10; 4,41 e 4,17 t/ha, para cada respectivo ano (USDA-NASS, 2016). Em termos práticos, considerando-se o câmbio do Banco do Brasil para a data 26/09/2016, representaria valores de 1,88; 1,87 e 1,93 reais/Kg, respectivamente.

No Brasil, o feijão-fava é uma cultura rústica, produzida em consórcio com milho, mandioca ou mamona, as quais servem de suporte; com período de colheita prolongado e realizada no período seco (AZEVEDO; FRANCO; ARAÚJO, 2003; SANTOS et al., 2002). Além disso, o cultivo possui relevância pela elevada diversidade genética (LOPES et al., 2015; MELO, 2011), que permite um alto potencial de produção e adaptação a diferentes condições ambientais, chegando a ser considerada tolerante à seca, ao excesso de umidade e ao calor (VIEIRA, 1992).

No território brasileiro, o feijão-fava tem importância cultural e histórica. A leguminosa tem um papel importante como cultivo anual, principalmente, no setor da agricultura familiar. De acordo com o IBGE, para o ano de 2014, a produção do país foi de 4.048,00 t de grão seco, com um valor de R\$32,53 milhões, produzida em uma área de 21.047,00 ha. É possível destacar que o preço maior que aquele registrado para os E.U.A., porém, variável no mercado brasileiro dependendo do ponto geográfico de comércio. O preço médio para o ano 2015 foi de 5,90 reais/kg (US\$1,83), com preço anual máximo de 8,77 reais/kg (US\$ 2,71) no estado de Ceará e mínimo de 2,02 reais/kg (US\$ 0,63) em Alagoas, respectivamente (câmbio do Banco do Brasil para a data 26/09/2016).

A região Nordeste é responsável pela maior parte da produção de feijão-fava, representando 98,68% da área plantada no ano de 2014, sendo a responsável por 99% do valor da produção no Brasil. No entanto, no Nordeste brasileiro, há elevada instabilidade produtiva, o que resulta na grande flutuação da produção de feijão-fava. Em contraste, o ano de 2013, quando a produção foi de 7.957 t de grãos secos em uma área de 25.542,00 ha (IBGE, 2015).

Em 2014, os principais produtores foram os estados de Ceará, Paraíba, Pernambuco e Piauí com produções de 1.483,00; 1.439,00; 406,00 e 316,00 t de grãos secos, respectivamente, havendo, portanto, uma significativa redução da produção na maioria dos estados produtores. Os principais produtores no ano de 2013 foram os estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Piauí com produções de 4.421,00; 1.620,00; 906,00 e 266,00 t de grãos secos, respectivamente (IBGE, 2015). A produtividade média do estado do Piauí foi de 150,00, 485,00, 339,00 e 170,00 kg/ha para os anos 2014, 2013, 2012 e 2011, respectivamente. A produtividade no ano de 2014 colocou o estado no penúltimo lugar em rendimento, muito abaixo do rendimento do estado de Maranhão, o estado com menor área

destinada para a produção da cultura, mas que apresentou um dos melhores rendimentos, 530,00 kg/ha em 2014 (IBGE, 2015).

Nota-se a relevância da cultura de feijão-fava para o Nordeste brasileiro, porém, em visto dos registros produtivos dos últimos anos (2013-2015), constata-se um rendimento aquém de seu potencial. Os principais motivos desses rendimentos devem-se ao fato de ser uma cultura que tem recebido pouca atenção por parte de órgãos de pesquisa e extensão, escassez de informação agronomicamente importante sobre a cultura, estudos de uso de tecnologias, manejo fitossanitário etc.

2.1.3 Relevância como recurso alimentar

Na atualidade, existem grandes problemas de segurança alimentar e desnutrição no mundo, principalmente em países em desenvolvimento. Diversos fatores têm contribuído para esse problema, tais como: o aumento populacional, escassez de alimentos e alto custo da produção de alimentos de origem animal (MOSES; OLAWUNI; JO, 2012). O que tem levado a identificar e incorporar fontes de proteína não convencionais, visando a sustentabilidade da produção de alimentos.

O feijão-fava, sendo a segunda leguminosa de maior importância do gênero *Phaseolus*, constitui uma alternativa na sustentabilidade da produção de alimento, podendo reduzir a dependência ao feijão-comum, produto de maior tradição de consumo no Brasil (OLIVEIRA; TORRES; BEBEDITO, 2011; SANTOS et al., 2002). Como muitas outras leguminosas, constitui uma rica fonte de proteína vegetal, podendo ser comparada favoravelmente com estas. Apresenta elevado teor de proteína (26,70%), superior ao do feijão-comum tipo carioca, que apresenta teor de 23,40%, e ligeiramente inferior ao encontrado em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) com 28,90% (AZEVEDO; FRANCO; ARAÚJO, 2003).

Os grãos de feijão-fava contêm níveis altos de aminoácidos essenciais, minerais e alta solubilidade proteica, sendo uma alternativa importante na formulação de alimentos (SEIDU et al., 2015). Possui, também, uma elevada qualidade nutritiva com grandes benefícios à saúde (MOSES; OLAWUNI; JO, 2012; SANTOS et al., 2009). A leguminosa tem ganhado destaque pela qualidade proteica, possuindo propriedades funcionais de grande interesse, reconhecida na área da saúde, com o potencial na prevenção de doenças cardiovasculares. Destaca-se

como uma alternativa na produção de alimentos fisiologicamente funcionais, com propriedades anti-hipertensivas (CHEL-GUERRERO et al., 2012).

2.2 O patógeno: *Macrophomina phaseolina*

Um dos grandes problemas no desenvolvimento do feijão-fava é a ausência de registro de doenças da cultura no território nacional, o que incrementa a vulnerabilidade da cultura, elevando o risco de perdas econômicas por causa de problemas fitossanitários e dificuldade do seu manejo adequado. Esta leguminosa pode ser acometida por inúmeras doenças, dentre as quais destacam-se as fúngicas, sendo fator de risco na redução da produção e qualidade dos grãos (CARVALHO; BESERRA JR; BARGUIL, 2015; SILVA et al., 2014). Segundo Athayde Sobrinho et al. (2005), a importância das doenças fúngicas está diretamente relacionada à região, à forma de cultivo e à época de plantio, destacando-se dentre estas doenças fúngicas com alto potencial de dano aquela causada pelo patógeno *Macrophomina phaseolina*.

2.2.1 Taxonomia

O fungo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. é o agente etiológico da doença conhecida como podridão cinzenta do caule ou podridão de carvão. É o principal representante do gênero *Macrophomina* (PHILLIPS et al., 2013; SLIPPERS et al., 2013). Este patógeno pertence ao filo Ascomycota, família Botryosphaeriaceae.

Embora morfologicamente tenham sido descritas cinco espécies no gênero *Macrophomina*, análises filogenéticas de isolados obtidos de diferentes hospedeiros e regiões geográficas (incluindo continentes diferentes) sugerem o gênero como monotípico (PHILLIPS et al., 2013). No entanto, no Brasil foi descrita uma segunda espécie (MACHADO, 2012) e no Senegal, uma terceira (SARR et al., 2014). A espécie descrita no Brasil foi isolada do hospedeiro *Jatropha curcas* L., identificada como *Macrophomina* sp. 1. E aquela relatada no Senegal foi encontrada em *Abelmoschus esculentus* L., *Arachis hypogaea* L., *Hibiscus abdarifa* L. e feijão-caupi e nomeada de *M. pseudophaseolina*.

Morfologicamente as três espécies são similares, havendo sutis diferenças: os conídios de *M. pseudophaseolina* são ligeiramente menores que os de *M. phaseolina*. Sendo que ambas, *M. phaseolina* como *M. pseudophaseolina*, ocorrem nos mesmos hospedeiros no Senegal. A confirmação de que *M. phaseolina* e *M. pseudophaseolina* eram espécies distintas foi possível por meio de análises filogenéticas de genes “housekeeping” ITS (Internal Transcribed Spacer) ACT (Actin), CAL (Calmodulin), TEF-1 α (Elongation fator 1 α) e TUB (β -Tubulin) (SARR et al., 2014).

2.2.2 Distribuição e importância

Macrophomina phaseolina é considerado um dos fitopatógenos mais importantes nos trópicos. As epidemias provocadas por esse patógeno são prevalentes principalmente em áreas com períodos secos e de alta temperatura (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012). O patógeno está amplamente distribuído no mundo, associado a sementes e ao solo, infectando plantas em qualquer estágio de desenvolvimento (IQBAL; MUKHTAR, 2014; THIRUMALACHAR; NEERGAARD; FAKIR, 1977). Tem sido confirmado como patógeno polífago, causando doença em mais de 500 espécies botânicas, incluindo culturas importantes a nível mundial (GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012; KAUR et al., 2012; SU et al., 2001).

O impacto do patógeno na produção da soja vêm sendo estudado desde a década de 2000. Em 2003, a podridão de cinzenta do caule foi ranqueada como a segunda doença com maior impacto na redução da produção da cultura da soja, causando enormes perdas econômicas para os principais produtores. No período de 2003-2005, as perdas foram estimadas em valores de 2,76 milhões de toneladas, (WRATHER; KOENNING, 2006).

Perdas de produção nos E.U.A foram estimadas em 2,13 milhões de toneladas de soja entre os anos de 2006 e 2009 (KOENNING; WRATHER, 2010) e no Brasil, a redução da produção estimadas em 360 mil toneladas em 2006, tendo alcançado a quarta posição entre os países onde a doença teve mais impacto na produção, logo atrás da Argentina, E.U.A e Bolívia (WRATHER et al., 2010). Destacando o grande impacto negativo na produção de uma cultura considerada como altamente tecnificada e com práticas de manejo estabelecidas.

Para o gênero *Phaseolus*, informações sobre impactos da doença é escassa. Um dos poucos estudos relacionados com o impacto na produção da cultura do feijão-comum foi desenvolvida no México, sendo relatado a redução de até 66% (MAYEK-PÉREZ et al., 2003). No Brasil, o conhecimento existente sobre os agentes etiológicos de doenças de feijão-fava também é escasso (CARVALHO; BESERRA JR; BARGUIL, 2015). Pode-se citar a podridão cinzenta do caule, doença frequentemente encontrada em plantações dessa cultura, mas que teve seu agente causal identificado como *M. phaseolina*, em 2015 (SOUSA, 2016). Informação que subsidiará estudos epidemiológicos de avaliação de perdas, de manejo da doença, e identificação e estudo de materiais resistentes etc.

2.2.3 Sintomatologia

A severidade da doença causada por *M. phaseolina* pode variar dependendo do órgão e do estágio de desenvolvimento da planta afetada, e das condições ambientais (KAUR et al., 2012). Em campo, redução nos níveis de germinação e emergência e podridão de sementes, e mortalidade de plântulas, são sintomas provocados pelo patógeno (KAUR et al., 2012; THIRUMALACHAR; NEERGAARD; FAKIR, 1977). Sintomas precoces comuns, que também podem ser observados são: tombamento (pré e pós-emergência) (Figura 1B), lesões negras nos cotilédones (Figura 1D), epicótilo e hipocótilo, podridão do caule e da haste, podridão da raiz (Figura 1H) e murcha (Figura 1I). As lesões nos cotilédones, geralmente, são seguidas da morte da plântula por causa da destruição do sistema vascular (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; IQBAL; MUKHTAR, 2014).

As plantas que conseguem escapar da infecção precoce, podem ser infectadas em outros estádios de desenvolvimento, podendo causar a queda das folhas e/ou murcha (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; RAO et al., 2015). Lesões em forma de fuso, com centros cinza-claro e margens marrom com picnídios ou microesclerócios dispersos são sintomas e sinais frequentes em plântulas. Em plantas adultas é frequentemente observada a presença de lesões fusiformes nas hastes, com uma coloração acinzentada com desenvolvimento mais lento; os microesclerócios podem ser observados em caules e ramos como pequenas pontuações negras dispersas entre as lesões (Figura 1L); plantas adultas com altos níveis de severidade da doença chegam a apresentar murcha e a consequente

morte da planta (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990). Os fatores que levam à morte das raízes e do caule são a obstrução dos vasos do xilema e a ação patogênica do fungo, com produção de enzimas e toxinas que necrosam o tecido (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; ALMEIDA et al., 2014).

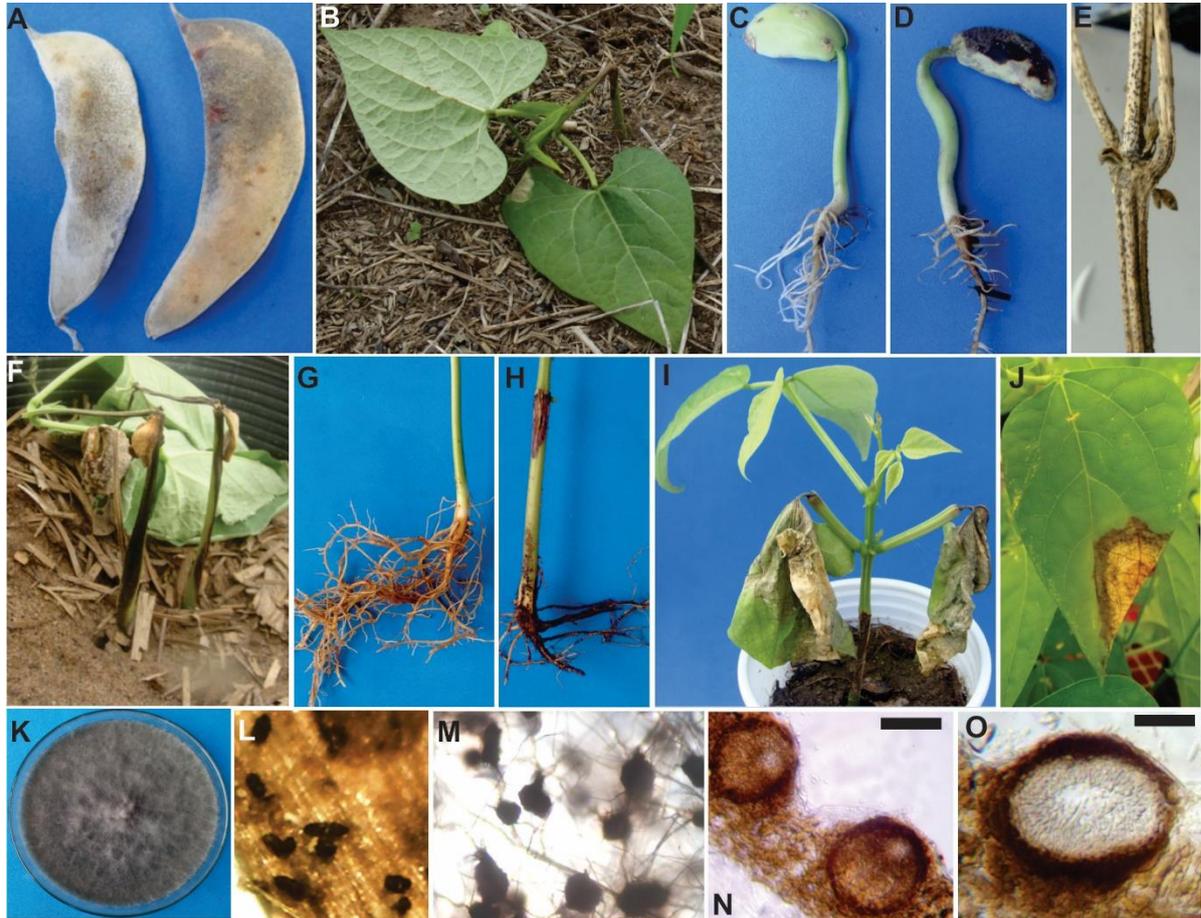


Figura 1 *Macrophomina phaseolina* em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). (A) Micélio sobre a vagem; (B) Tombamento em campo; (C) Cotilédone saudável; (D) Cotilédone com lesão escura e massa de microesclerócios; (E) Microesclerócios em caule; (F) Tombamento em plantas inoculadas; (G) Raiz saudável; (H) Podridão de carvão em raiz inoculada; (I, J) Sintomas foliares, com presença de picnídios em plantas inoculadas; (K) *M. phaseolina* em meio BDA; (L) Microesclerócios em caule de planta inoculada; (M) Massa de microesclerócios produzidos em meio BDA; (N) Picnídios na superfície de folha de planta inoculada; (O) Picnídio com conídios. Barra: N-O = 20 μm. Teresina, PI – 2016

Fonte: Sousa (2016)

No Brasil, a podridão cinzenta do caule em feijão-fava foi registrada pela primeira vez em amostras coletadas nos estados do Ceará e Piauí (SOUSA, 2016).

As plantas de feijão-fava exibiam diversos sintomas como podridão de sementes com crescimento de micélio fúngico sobre o tegumento, presença de lesões escuras no hipocótilo e epicótilo, além de seca e morte de plântulas. Nos cotilédones foi descrita a presença de uma mancha de cor variando do vermelho ao marrom escuro na região de inserção dos cotilédones e que seguia em direção ao hipocótilo e epicótilo (Figura 1D). No caule produz abundância de microesclerócios e o sistema radicular foi reduzido e necrosado (Figura 1E e H). Algumas plantas murcharam e secaram, com a formação, em sequência, de numerosos picnídios (Figura 1N) (SOUSA, 2016).

2.2.4 Sobrevivência e disseminação

O fungo é possuidor de duas fases assexuadas (anamórficas) bem definidas (picnidial e esclerodial) (SARR et al., 2014). Porém, o estágio sexual (teleomófo) não é conhecido (SRINIVASAN et al., 2009). *M. phaseolina* sobrevive no solo e dissemina-se, principalmente, na forma esclerodial, fonte primária de inóculo do patógeno (ALMEIDA et al., 2014; MUCHERO et al., 2011). A fase esclerodial é caracterizada pela formação de escleródios por meio do agregamento de hifas (KAUR et al., 2012). Embora muitos isolados tenham a capacidade de produzir estruturas reprodutivas assexuais, esclerócios e picnídios, frequentemente tem sido relatada apenas a produção de esclerócios (ALMEIDA et al., 2014; THIRUMALACHAR; NEERGAARD; FAKIR, 1977).

Os esclerócios (especificamente os microesclerócios) são formados nos tecidos dos hospedeiros, produzidos a partir do micélio, consistindo em uma estrutura sólida e resistente a condições adversas, facilmente encontrados sob a epiderme das raízes ou na camada externa do córtex e na região do colo (ALMEIDA et al., 2014). Com a decomposição desses tecidos, as estruturas são incorporadas no solo (ALMEIDA et al., 2014; OLAYA; ABAWI, 1996). A abundante produção de esclerócios de cor negra torna a aparência dos tecidos infectados escurecida, uma das razões pelas quais a doença é conhecida como podridão de carvão (SARR et al., 2014).

A fase picnidial é caracterizada pela produção de estruturas globosas de coloração preto-acinzentada, inicialmente inserida no tecido do hospedeiro, que rompem-se quando maduros, sendo esta a fase patogênica da doença (KAUR et al.,

2012). Os picnídios têm um elevado potencial epifítico, o que favorece a dispersão dos conídios, em comparação com a dispersão do esclerócio (THIRUMALACHAR; NEERGAARD; FAKIR, 1977). No entanto, a capacidade de propagação do fungo por meio dos picnídios, de uma planta para outra, em um mesmo ciclo cultural, parece ser menor (ALMEIDA et al., 2014).

2.2.5 Epidemiologia

O patógeno produz nos tecidos das raízes ou hastes do hospedeiro a primeira fonte de inóculo, os microesclerócios, que geralmente são encontrados nos primeiros centímetros do solo (SHORT; WYLLIE; AMMON, 1978). *M. phaseolina* está bem adaptado para sobreviver em condições adversas, como solos com baixo nível nutricional e temperaturas acima de 30°C, como os encontrados em países tropicais e subtropicais (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012). Após a germinação do microesclerócio, o apresório, formado a partir do tubo germinativo, penetra através da epiderme do hospedeiro, pela secreção de enzimas degradadoras da parede celular, bem como, por aberturas naturais ou ferimentos (MAYEK et al., 2002). A ramificação do micélio pode atingir os tecidos vasculares, crescendo através dos córtex e emergindo nos vasos do xilema (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990). A colonização dos tecidos vasculares associado com a produção de toxinas e enzimas com grande capacidade de degradação podem causar murcha (ISLAM et al., 2012; JONES; JONES; WANG, 1997).

A produção de picnídios nos tecido do hospedeiro é uma característica variável, dependente da especificidade da interação patógeno-hospedeiro, e da natureza do isolado, que determinará o papel dos conídios no ciclo da doença (THIRUMALACHAR; NEERGAARD; FAKIR, 1977). Em feijão-fava, diferente de relatos em outras culturas, foi observada abundante produção de picnídios nos tecidos do hospedeiro. O mesmo não ocorreu em meio de cultura (SOUSA, 2016).

A sobrevivência de *M. phaseolina* é garantida por 2 a 15 anos pela estrutura de resistência, o microesclerócio. A sobrevivência dos microesclerócios está mais relacionada com as condições ambientais em que foi desenvolvido, que com a natureza do tecidos do hospedeiro onde foi produzido (SHORT; WYLLIE; AMMON, 1978). Esta periodicidade da germinação do fungo ao longo do tempo pode ajudar

na redução do inóculo primário e taxas de disseminação secundárias, resultando em um lento progresso da doença.

O patógeno é geralmente transmitido por sementes infectadas, atingindo as plântulas em desenvolvimento (RAO et al., 2015). As sementes infectadas possibilitam também que o patógeno alcance novas áreas de cultivo. O uso de sementes infectadas é uma das principais fontes de disseminação da doença, representando um elevado risco, principalmente, pela escassez de trabalhos relacionados ao estudo da incidência de *M. phaseolina* em sementes no Brasil. Os poucos registros encontrados apresentam elevados níveis de incidência. Na cultura do feijão-caupi foi relatado 62% de incidência de *M. phaseolina* em amostras procedentes do Nordeste do Brasil (ATHAYDE SOBRINHO, 2004). Trabalho recente desenvolvido na cultura de feijão-fava revelam nível médio de incidência de 1,58%, e máximo de 18,25%, foram encontrados em sementes infectadas com *M. phaseolina* a partir de amostras coletadas no nordeste do Brasil (MOTA, 2016).

A natureza da sobrevivência do patógeno pode explicar a distribuição espacial do agente patogênico sobre uma vasta área geográfica. Portanto, é destacável a importância da inspeção sistemática de materiais vegetais comercializados como estratégias para evitar a introdução e propagação do patógeno na área de cultivo. Sementes e tecidos de plantas doentes que abrigam o patógeno, podem ser desinfestados antes do plantio. No entanto, deve ser assegurado que o agente patogênico não se tornou sistêmico. O uso de sementes livres do patógeno também é uma estratégia para reduzir o nível de inóculo inicial e, portanto, diminuição da severidade da epidemia na área (KAUR et al., 2012; RAO et al., 2015).

2.2.6 Variabilidade

A fase teleomórfica de *M. phaseolina* ainda não foi encontrada, sendo esta importante para que ocorra a recombinação genética e consequente aumento da variabilidade genética. No entanto, é recorrente o relato de elevado grau de variação morfológica (IQBAL; MUKHTAR, 2014; MAYÉK-PÉREZ et al., 2001), patogênica (ALGHUTHAYMI et al., 2016; MAYÉK-PÉREZ et al., 2001; SU et al., 2001), e genética (ALGHUTHAYMI et al., 2016; JANA et al., 2003; MAYEK-PÉREZ et al., 2001; MUÑOZ-CABAÑAS; HERNÁNDEZ-DELGADO; MAYEK-PÉREZ, 2005; PECINA et al., 2001; SU et al., 2001) desse patógeno.

Diferentes níveis de severidade de doença causada por *M. phaseolina* em diferentes hospedeiros vem sendo relatada em isolados originários de soja, girassol e feijão-comum (IQBAL; MUKHTAR, 2014; MAYÉK-PÉREZ et al., 2001; REYES-FRANCO et al., 2006). Parece haver algum nível de especialização do fungo com determinados hospedeiros quando são isolados de áreas cultivadas com soja, sorgo e milho, pois têm expressado diferentes níveis de agressividade entre esses hospedeiros. Essa possível especialização pode estar relacionada com o histórico de uso do solo para cada cultura (SU et al., 2001). Isso sugere que, embora seja possível certo grau de especialização, parece ser necessários alguns anos para ocorrer (IQBAL; MUKHTAR, 2014).

Diante da possível variabilidade desse patógeno, diferentes estudos têm tentado diferenciar isolados de *M. phaseolina* com base na procedência geográfica e/ou hospedeiro de origem, usando marcadores moleculares (JANA et al., 2003; KAUR et al., 2012).

A variabilidade genética foi sugerida pelo alto grau de polimorfismo encontrado em isolados de *M. phaseolina* procedentes das mesmas áreas geográficas ou similares áreas agroecológicas (ALMEIDA et al., 2014; MUÑOZ-CABAÑAS; HERNÁNDEZ-DELGADO; MAYEK-PÉREZ, 2005; PECINA et al., 2001). O estudo da origem da variabilidade com base na origem geográfica tem motivado muitos estudos (MUÑOZ-CABAÑAS; HERNÁNDEZ-DELGADO; MAYEK-PÉREZ, 2005; REYES-FRANCO et al., 2006). As evidências indicam que a diversidade morfológica, genética e patogênica são mecanismos de resposta no processo de adaptação a uma ampla variedade de ambientes (IQBAL; MUKHTAR, 2014).

A alta variabilidade do patógeno foi o principal fator para não ter sido possível sua classificação em *forma specialis*, subespécies ou raças fisiológicas. *M. phaseolina* foi a única espécie do gênero confirmada até o ano 2014, quando foi descrita a segunda espécie do gênero, *M. pseudophaseolina*, espécie semelhante a *M. phaseolina* em termos morfológicos, distribuição e gama de hospedeiros. Diferenciando-se morfológicamente apenas por ser os conídios, desta segunda espécie, ligeiramente menores (SARR et al., 2014). A semelhança morfológica entre essas espécies põe em dúvida se todos os isolados de *M. phaseolina* utilizados nos estudos de variabilidade eram de fato apenas desta espécie. A possível existência de mais de uma espécie, dentre os isolados de *M. phaseolina* estudados nos

trabalhos discutidos neste item, poderia explicar a elevada variabilidade genética atribuída ao patógeno.

2.3 Manejo da podridão cinzenta do caule

O manejo das doenças causadas por fungos habitantes do solo, como é o caso da podridão cinzenta do caule, é muito difícil, pois os patógenos geralmente apresentam grande gama de hospedeiros e elevada persistência no solo (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005; MUCHERO et al., 2011). No caso de *M. phaseolina*, a aparente elevada variabilidade genética aumenta seu poder patogênico e dificuldade de controle. Trabalhos e/ou resultados na busca de fontes de resistência de feijões contra este patógeno é escassa e no caso da cultura do feijão-fava, a falta de informação relacionada com seu manejo agrônômico, limitam muito mais a procura de estratégias de controle da doença (CARVALHO; BESERRA JR; BARGUIL, 2015).

A podridão cinzenta do caule é considerada como de difícil manejo pela rotação de culturas, além de ser técnica e economicamente inviável por outros métodos, como o controle químico, limitando seu controle ao desenvolvimento de alternativas como supressão, controle cultural por meio da modificação das condições de pré e pós-plantio, e uso de materiais resistentes (MICHEREFF; ANDRADE; MENEZES, 2005). Na procura de mecanismos de manejo de doenças, comumente tem sido considerado o uso de variedades resistentes, por ser um dos métodos mais eficientes para o manejo de patógenos, além de reduzir os impactos ambientais, por causa da redução das aplicações de defensivos agrícolas (CAMARGO; BERGAMIN FILHO, 2011). Entretanto, não existe, no Brasil, variedades melhoradas de feijão-fava, nem de outras leguminosas, resistentes à *M. phaseolina*.

Neste sentido, diversas pesquisas que objetivam avaliar resistência do hospedeiro contra *M. phaseolina* têm sido relatadas (LIMA, 2015; MAYEK-PÉREZ et al., 2003; MAYEK et al., 2004; NORONHA et al., 2012; TWIZEYIMANA et al., 2012).

Na cultura do feijão-comum foram encontrados 50 acessos apresentando resistência e seis tolerantes a *M. phaseolina*, dentre 313 avaliados em condições de campo, no Quênia (SONGA et al., 1997). Em feijão-caupi, de 35 genótipos avaliados, foram encontrados diferentes níveis de resistência a *M. phaseolina*. Neste

estudo não foi relatada nenhuma reação de imunidade ou elevada resistência contra o patógeno (NORONHA et al., 2012). Em estudos no melhoramento genético do feijão-caupi foi possível a identificação e seleção de populações resistentes a *M. phaseolina*, que permitiram obter certos cruzamentos segregantes com elevado potencial na obtenção de linhagens resistentes (LIMA, 2015).

Em ano de 2003, Mayek-Pérez et al. determinaram a relação entre a suscetibilidade a *M. phaseolina* e parâmetros de estabilidade do rendimento do feijão-comum de raças de origem Mesoamericana. Dentre os genótipos classificados como resistentes, 35% teve rendimento estável em campo, sugerindo uma grande influência do ambiente nas expressões da resistência. O ambiente tem papel importante na reação de resistência de genótipos à podridão cinzenta do caule, pois a maioria das reações são associadas com específicos níveis de agressividade do patógeno para cada origem geográfica. Mayek et al. (2004) sugerem que ocorre a manifestação de certos níveis de resistência em determinadas condições ambientais e/ou de procedência do fungo.

Em estudo de avaliação do efeito de *M. phaseolina* na produção do feijão-comum, no qual foram avaliados 74 genótipos, a maioria dos materiais resistentes e com altos níveis de produção, eram procedentes da região Mesoamericana, com condições climáticas similares àquelas onde foi desenvolvido o estudo (MAYEK-PÉREZ et al., 2003). Genótipos de feijão-comum desenvolvidos em regiões agroclimáticas diferentes das regiões do trópico mexicano mostraram maiores níveis de dano por *M. phaseolina* e menores rendimentos de semente. No entanto, foram encontrados genótipos expressando resistência ao fungo e estabilidade de rendimento sob diferentes condições de deficiência hídrica. Cinco genótipos com média de rendimento acima de 1000 kg/ha e com as menores médias de severidade de podridão cinzenta do caule foram relatados a partir de 56 genótipos (MAYEK et al., 2004).

Um dos poucos resultados da existência de resistência de feijão-fava contra o patógeno foi realizado em um estudo sob a reação de resistência de genótipos de soja. Neste estudo, a patogenicidade de isolados de *M. phaseolina* foi avaliada e comparada com algumas espécies do gênero *Phaseolus*, dentre elas *P. lunatus* (feijão-fava). A área abaixo da curva de progresso da doença deste acesso (Bush Baby Lima) apresentou valores significativamente menores ($p < 0,05$) que aqueles das outras espécies de *Phaseolus*, ou seja, níveis de resistência superiores

(TWIZEYIMANA et al., 2012) e estatisticamente igual àquele acesso de soja mais resistente. Esse estudo fornece informação relevante sob a existência de reações de resistência de feijão-fava a *M. phaseolina*, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas visando a produzir cultivares portadoras de resistência ao patógeno.

Embora tenham sido relatados resultados variáveis e, no caso do feijão-fava escassos, com relação a resistência a *M. phaseolina*, os resultados disponíveis na literatura são promissores, existindo a possibilidade de encontrar genes que confirmam resistência estável.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material vegetal, isolados do patógeno e instalação dos experimentos

Para a seleção de acessos de feijão-fava resistentes a isolado(s) de *M. phaseolina* foram desenvolvidos três experimentos, conduzidos no Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia do Departamento de Fitotecnia, UFPI, e em casa de vegetação do Programa de Melhoramento Genético de Cana-de-Açúcar da UFPI (PMGCA-UFPI), na cidade de Teresina, Piauí.

Sete isolados de *M. phaseolina* e trinta e sete acessos de feijão-fava foram utilizados neste estudo. Os isolados fazem parte da coleção de fungos fitopatogênicos do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia. Os mesmos foram obtidos de plantas sintomáticas de feijão-fava obtidas de produtores rurais dos estados do Piauí e Ceará (ANEXO A). Os acessos de feijão-fava utilizados são pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma do Laboratório de Sementes e Recursos Genéticos, do Departamento de Fitotecnia, UFPI (ANEXO B).

Os isolados foram cultivados em meio batata-dextrose-ágar (BDA), incubados a 28 ± 2 °C, com fotoperíodo de 12 h. O método de inoculação adotado foi o grão de arroz com casca inoculado com o patógeno adaptado de Songa et al. (1997). Este método consistiu na adição de 100 g de grãos de arroz com casca e 100 mL de água destilada em erlenmeyers de 400 mL, posteriormente esterilizados por autoclavagem durante 30 minutos a 121 °C. Após resfriamento, foram adicionados em cada frasco cinco discos de meio de cultura BDA de 5 mm de diâmetro, colonizado com *M. phaseolina*, de sete dias de idade. Em seguida, os erlenmeyers foram incubados durante 15 dias sob temperatura de 28 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h, até a completa colonização dos grãos. Para garantir uma colonização mais rápida e uniforme, a partir do terceiro dia após deposição dos discos de micélio, os frascos foram agitados manualmente a cada dia.

Todas as sementes utilizadas foram desinfestadas em solução NaClO 1,5% por dois minutos, lavadas em água destilada esterilizada e secadas em papel toalha, protocolo adaptado do Manual de Análises Sanitária de Sementes (2009). Em seguida, foram semeadas em copos ou vasos contendo substrato (70% de solo, 15% de palha de arroz queimada e 15% de esterco bovino) previamente autoclavados, por duas vezes, a 121 °C por uma hora, adaptado de Ormeño-Orrillo e

Zuñiga-Dávila (1999). Em cada cova de plantio foram depositados cinco grãos de arroz colonizados pelo fungo. Os controles de cada tratamento consistiram na deposição de grãos de arroz autoclavados e não colonizados pelo fungo, em cada cova de plantio.

Em todos os experimentos, 25% das plantas doentes foram selecionadas ao acaso para recuperação do agente causal.

3.2 Experimento I: Avaliação da agressividade de isolados de *M. phaseolina* em feijão-fava

O experimento foi conduzido no mês de dezembro de 2015 e janeiro de 2016, usando sete isolados de *M. phaseolina*, avaliados e classificados quanto à agressividade na variedade crioula de feijão-fava “Branquinha” (acesso UFPI 890), suscetível ao patógeno. Os isolados utilizados foram ESS01, ESS02, LLPO1, JM33, ESS07, MPM143 e MPM144 (ANEXO A). O acesso foi semeado em vasos plásticos de 2,8 L contendo substrato como descrito no item 3.1. Em cada vaso foram semeadas três sementes.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sete tratamentos, sete repetições e um controle. Cada repetição consistiu em um vaso com três plantas, e cada controle em um vaso com três plantas.

3.3 Experimento II: Avaliação da reação de resistência de acessos de feijão-fava a *M. phaseolina* e impacto da época na reação de resistência

Trinta e sete acessos de feijão-fava (ANEXO B) foram avaliados e classificados quanto a resistência a um isolado agressivo selecionado do experimento I, em duas épocas diferentes, visando o estudo da influência de variações climáticas no desenvolvimento da doença ou expressão da resistência. A preparação do inóculo de *M. phaseolina*, bem como os procedimentos de instalação do experimento e inoculação estão descritos no item 3.1.

O experimento foi repetido duas vezes em épocas diferentes do ano: iniciando na segunda semana de fevereiro e na segunda semana de julho de 2016. A primeira época foi selecionada por ser o período de plantio tradicional, caracterizado por apresentar chuvas e temperaturas amenas, e a segunda época, por apresentar

condições climáticas diferentes, principalmente temperaturas mais elevadas e menor umidade.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 37 tratamentos, com quatro repetições e um controle. Cada repetição consistiu em parcelas de seis plantas, semeadas individualmente em copos de 500 mL e cada controle em quatro copos com uma planta.

3.4 Experimento III: Avaliação da estabilidade da resistência de acessos de feijão-fava em relação a sete isolados de *M. phaseolina*

Com base nos resultados do Experimento II foram selecionados seis acessos de feijão-fava para análise da estabilidade da resistência a *M. phaseolina*; três acessos considerados resistentes e três acessos considerados suscetíveis. Esses acessos foram avaliados em relação a capacidade resistência a infecção por sete isolados de *M. phaseolina* descritos no item 3.2.

O solo e os procedimentos de produção de inóculo e, plantio, foram os mesmos adotados no item 3.1.

O experimento foi desenvolvido nos meses de outubro e novembro de 2016. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 42 tratamentos, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por três plantas semeadas individualmente em copos de 500 mL e o controle, constituído em um copo com uma planta.

3.5 Análise dos dados

A avaliação do desenvolvimento da doença foi realizada 10, 15, 20, 25, 30 e 35 dias após a inoculação das sementes (exceção para o Experimento I, onde a primeira avaliação ocorreu aos 20 dias). A reação de resistência das plantas à infecção por *M. phaseolina* foi estimada com o auxílio da escala de severidade adaptada de Abawi; Pastor-Corrales (1990), para avaliação da podridão cinzenta do caule em feijão-comum, em que: 0 = ausência de sintomas; 1 = lesões limitadas aos tecidos cotiledonares; 2 = lesões radiculares, cotiledonares e/ou alcançando os tecidos do hipocótilo em aproximadamente 2,0 cm; 3 = lesões acima de 2,0 cm de comprimento na região do colo da planta; 4 = caule com todo seu diâmetro

colonizado pelo fungo e/ou com presença de picnídios; 5 = sementes não germinadas e tombamento de plântulas (Figura 2).

Posteriormente foi calculada a severidade (SEV) da doença obtida de acordo com o índice de McKinney (1923), pela expressão:

$$SEV = \frac{\sum_{k=1}^K F_k \cdot x_k}{n \cdot x_K} 100$$

Onde:

- a) SEV: proporção da média ponderada das notas;
- b) F_k : representa o número de indivíduos da amostra com nível de infecção x_k , $k=1, \dots, K$, na parcela;
- c) x_k : valor numérico da escala empregada;
- d) n : número total de indivíduos na amostra;
- e) x_K : valor numérico máximo da escala empregada.

No Experimento I, os dados de severidade do 25º dia de avaliação, foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No Experimento II, os dados de severidade do 35º dia de avaliação, foram submetidos a ANOVA a 5% de probabilidade (ANEXO C e D). Posteriormente foi aplicado o teste de homogeneidade de variâncias pelo teste de F máximo de Hartley a 5% de probabilidade das duas épocas do experimento e uma análise conjunta das mesmas (ANEXO E e F).

Para a análise conjunta do Experimento II, os dados de severidade do 25º dia de avaliação, foram submetidos a ANOVA, considerando os fatores Época, Acesso e a interação Época-Acesso, e as médias dos acessos comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No Experimento III, os dados de severidade do 35º dia de avaliação, foram submetidos a análises não-paramétrica Kruskal-Wallis, considerando como fatores de cada análise os acessos e os isolados, particionada para cada acesso e cada isolado, respectivamente, e as médias comparadas aos pares a 5% de probabilidade.



Figura 2 Representação gráfica das notas da escala de severidade em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), adaptada de Abawi; Pastor-Corrales (1990) para avaliação da podridão cinzenta do caule em feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). (A) Nota 1; (B, C e D) Nota 2; (E e F) Nota 3; (G, H e I) Nota 4; (J, K, L, M, N, O e P) Nota 5. Teresina, PI-2016.

Fonte: Autor

Com os dados de severidade, foi calculada a reação de resistência de cada acesso, expressa pela média aritmética da severidade das plantas avaliadas. Essa característica foi utilizada para discriminar os acessos em seis classes de reação a *M. phaseolina*, sendo:

- a) 0 = imune (I)
- b) 0,1-20 = resistente (R);
- c) 20,01-40 = medianamente resistente (MR);
- d) 40,01-60 = medianamente suscetível (MS);
- e) 60,01-80 = susceptível (S);
- f) 80,01-100 = altamente suscetível (AS).

Os dados de severidade de cada dia de avaliação dos experimentos I e II (e as duas respectivas épocas) foram submetidos ao teste para dados não paramétricos Kruskal Wallis, considerado como fator de estudo os diferentes dias de avaliação, e as médias dos tratamentos comparadas em duplas.

Para as análises estatísticas e interpretação, de acordo as variáveis avaliadas, elaboraram-se tabelas de frequência desenvolvidas com o programa Microsoft Excel® e o programa estatístico InfoStat® (DI RIENZO et al., 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I: Avaliação da agressividade de isolados de *M. phaseolina* em feijão-fava

Foram encontradas diferenças entre os níveis de agressividade dos isolados. A agressividade expressa pelo isolado MPM143 foi significativamente menor ($p < 0,05$) quando comparada com os demais isolados (Tabela 1), permitindo classificar o acesso UFPI 890 como medianamente suscetível (MS), tendo em vista que o mesmo foi considerado como suscetível (S) e altamente suscetível (AS) para os demais isolados. As sementes dos tratamentos controle germinaram e não apresentaram sintomas da doença.

Resultados similares têm sido relatados em estudos visando analisar a variabilidade patogênica e genética de isolados de *M. phaseolina*. Agressividade diferenciada foi relatada entre isolados com mesmo país de origem, coletados de diversos hospedeiros no México, Itália, Austrália, USA, Colômbia e Brasil (REYES-FRANCO et al., 2006). Em feijão-mungo (*Vigna radiata* L.), há relato de variação da reação de genótipos a infecção de um mesmo isolado de *M. phaseolina*, além de diversos níveis de agressividade entre isolados testados (IQBAL; MUKHTAR, 2014).

Tabela 1 Severidade (SEV) média e reação de resistência do acesso UFPI 890 de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) inoculado com sete isolados de *Macrophomina phaseolina*. Teresina, PI – 2016

Isolado	SEV média (%)	Reação de Resistência
MPM143	42,86 a	MS
ESS02	76,19 b	S
LLP01	88,57 b	AS
MPM144	89,52 b	AS
JM33	90,48 b	AS
ESS01	95,24 b	AS
ESS07	100,00 b	AS

Médias com letra minúscula comum não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Reação de resistência: Resistente (R), medianamente resistente (MR), medianamente suscetível (MS), suscetível (S) e altamente suscetível (AS).

O resultado indica que existe variação de agressividade entre os isolados de *M. phaseolina*, que pode oscilar a depender do nível de resistência do hospedeiro e das variáveis ambientais.

4.2 Experimento II: Avaliação da reação de resistência de acessos de feijão-fava a *M. phaseolina* e impacto da época na reação de resistência

Considerando que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) na agressividade dentre seis isolados de *M. phaseolina*, avaliados no Experimento I (Tabela 1), qualquer um desses isolados poderia ter sido escolhido para a execução do Experimento II. Assim, o isolado MPM144 foi utilizado como inóculo para avaliar a reação de resistência de 37 acessos de feijão-fava. O controle de cada tratamento não apresentou sintomas de infecção. Todos os acessos expressaram sintomas da doença, indicando que não existe imunidade a *M. phaseolina* nos acessos avaliados (Tabela 2). Embora nenhum acesso tenha apresentado reação semelhante à imunidade, foram encontrados níveis promissores de resistência a *M. phaseolina*, isolado MPM144 (Tabela 2). Resultados similares foram relatados em estudos de seleção de genótipos de feijão-comum (MAYÉK-PÉREZ et al., 2001; MAYEK et al., 2004), feijão-caupi (ATHAYDE SOBRINHO, 2004) e soja (TWIZEYIMANA et al., 2012) com relação a resistência contra o mesmo patógeno.

A análise de comparação de médias discriminou os acessos de feijão-fava em quatro grupos em interação com a época. Os grupos foram associados com cinco categorias de reação de resistência, baseados na transformação das médias de severidade registradas para cada acesso para reações de resistência (Tabela 2). Apesar de não comum, também existem estudos relatando diferentes níveis de resistência a *M. phaseolina* em outras espécies de feijões, mas sendo usadas apenas duas categorias de resistência (resistente e susceptível) (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990; MAYEK-PÉREZ et al., 2003; SONGA et al., 1997), dentre eles, materiais de feijão-caupi brasileiros expressando resistência intermediária à infecção por *M. phaseolina* (ATHAYDE SOBRINHO, 2004).

Apenas o acesso UFPI 892 apresentou níveis de severidade de doença estáveis ($p > 0,05$) nas duas épocas para o isolado MPM144, sendo classificado como resistente (R) nas duas épocas do Experimento II. Os acessos UFPI 905, UFPI 908, UFPI 902b, UFPI 902a e UFPI 904 também expressaram reações de resistência relativamente estáveis, mantendo os níveis mais altos das categorias de resistência (MS e R), no entanto diferindo estatisticamente entre as épocas (Tabela 2).

Tabela 2 Severidade (SEV) média e reações de resistência de 37 acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) em duas épocas (fevereiro-março e julho-agosto), após inoculação com o isolado MPM144 de *Macrophomina phaseolina*. Teresina, PI – 2016

Acesso	SEV (%)		Reação de Resistência	
	Época I	Época II	Época I	Época II
UFPI 892	12,50 a A	5,00 a A	R	R
UFPI 908	25,00 b B	5,00 a A	MR	R
UFPI 905	27,50 b B	5,00 a A	MR	R
UFPI 902a	38,33 b B	14,00 a A	MR	R
UFPI 902b	34,17 b B	19,00 a A	MR	R
UFPI 904	39,17 b B	16,00 a A	MR	R
UFPI 917	55,83 c B	14,00 a A	MS	R
UFPI 915	57,50 c B	10,00 a A	MS	R
UFPI 882a	65,00 d B	14,00 a A	S	R
UFPI 897	22,50 a A	35,00 b B	MR	MR
UFPI 916	24,16 a A	29,00 b B	MR	MR
UFPI 893	21,66 a A	51,00 c B	MR	MS
UFPI 889	37,50 b A	49,00 c B	MR	MS
UFPI 898	38,34 b A	50,00 c B	MR	MS
UFPI 907b	25,84 b A	71,00 d B	MR	S
UFPI 913	41,66 b A	31,00 b A	MS	MR
UFPI 896	41,67 b A	31,00 b A	MS	MR
UFPI 900	48,34 c B	35,00 b A	MS	MR
UFPI 909	51,66 c B	38,00 b A	MS	MR
UFPI 910	64,17 d B	40,00 b A	S	MR
UFPI 885	82,50 d B	29,00 b A	AS	MR
UFPI 911	47,50 c A	50,00 c A	MS	MS
UFPI 912	50,00 c A	50,00 c A	MS	MS
UFPI 899	54,16 c A	45,00 c A	MS	MS
UFPI 891	55,00 c A	58,00 c A	MS	MS
UFPI 881	57,50 c B	41,00 b A	MS	MS
UFPI 888	57,50 c A	56,00 c A	MS	MS
UFPI 914	45,00 c B	78,00 d A	MS	S
UFPI 906	48,33 c A	68,00 d B	MS	S
UFPI 890	53,34 c A	74,00 d B	MS	S
UFPI 918	60,00 c A	66,00 d B	MS	S
UFPI 882b	75,83 d B	40,00 b A	S	MS
UFPI 886a	58,33 c A	52,00 c A	S	S
UFPI 907a	65,00 d A	79,00 d A	S	S
UFPI 886b	70,00 d A	79,00 d A	S	S
UFPI 887	61,67 c A	90,00 d B	S	AS
UFPI 880	90,00 d A	75,00 d A	AS	S
MÉDIA	48,76 A	43,11 B	--	--

Médias com letra comum não são significativamente diferentes pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Letras maiúsculas indicam diferenças entre colunas e minúsculas entre linhas. Reação de resistência: Resistente (R), medianamente resistente (MR), medianamente susceptível (MS), susceptível (S) e altamente susceptível (AS).

Os níveis de severidade expressados em reações de resistência foram relativamente variáveis nas épocas para alguns acessos, havendo alteração da categoria resistência (para mais ou para menos) nas épocas, como nos casos dos acessos UFPI 915, UFPI 882a e UFPI 917 considerados como suscetíveis na primeira época, expressaram baixa severidade na segunda época, sendo classificados como resistentes (Tabela 2), todos eles diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) entre as épocas. É possível observar grande aumento dos acessos classificados como resistentes e a redução do número de acessos suscetíveis na segunda época (Figura 3). A reação de resistência na segunda época variou em 67,57% dos acessos, quando comparada com a primeira época. Desse percentual, 43,24% dos acessos apresentaram níveis de severidade menores (aumentando de categoria de resistência) e 24,33% expressaram níveis maiores (descendo de categoria de resistência).

Daqueles acessos que apresentaram menores níveis de severidade, ou seja, reações de resistência maiores, 27,03% aumentaram em uma categoria a reação de resistência para a segunda época; 10,81% aumentaram duas categorias de resistência; e 5,41% aumentaram em até três níveis na escala de reação de resistência. A variação em categorias de resistência foi por causa das menores médias de severidade expressa pelos acessos na segunda época (Tabela 2).

A variação da resistência expressa nas duas épocas é comparável com a ampla variação dos resultados relatados para genótipos de feijão-comum à *M. phaseolina*, na Colômbia (PASTOR-CORRALES; ABAWI, 1988), Quênia (SONGA et al., 1997), México (MAYEK-PÉREZ et al., 2003) e também em feijão-mungo no Paquistão (IQBAL; MUKHTAR, 2014). Nesses casos, a alteração na expressão de resistência dos genótipos foi relacionada, em grande parte, com a capacidade de infecção do isolado de *M. phaseolina* nas diferentes condições ambientais, ou seja, a alteração na expressão da agressividade do patógeno estava estreitamente relacionada com capacidade de adaptação aos diferentes ambientes. Iqbal, Mukhtar (2014) relatam que além da variação patogênica dos isolados, há variação da reação da resistência entre variedades de feijão-mungo, havendo variação da expressão de resistência contra *M. phaseolina* entre repetições do experimento.

A diversidade genética do feijão-fava é um fator que pode ter influenciado os resultados em relação à variação da resistência dos acessos, considerando que

embora a espécie é predominantemente autógama, tem sido relatadas taxas de cruzamentos de 0,02% até 48%, dependendo do genótipo, condições de crescimento, fatores ambientais, diversidade das populações locais e insetos polinizadores (BAUDOIN et al., 1998; ZORO BI; MAQUET; BAUDOIN, 2003). Além, que para acessos provenientes, em sua maior parte, do Nordeste Brasileiro tem sido relatado níveis de 38,10% de polinização cruzada, com valores altos de diversidade total (0,596), indicando a prevalência de sistemas de cruzamentos mistos com alta diversidade genética entre os acessos e dentro das populações de cada acesso (PENHA et al., 2016). Valores que sugerem que características de resistência em acessos podem ser mascarados entre repetições do experimento, resultando em variação dos níveis de severidade dentro das mesmas populações.

No estudo da divergência genética entre amostras de sementes de feijão-fava coletadas em diferentes estados do Brasil, tem sido relatada a presença de heterogeneidade genética para grande maioria dos descritores agromorfológicos microssatélites usados (MELO, 2011). Considerando que os acessos avaliados são oriundos da região Nordeste e que existe frequente intercâmbio de sementes entre produtores de diferentes regiões, é presumível, que exista alta diversidade genética entre os mesmos (SANTOS; GOMES; LOPES, 2015). Elevada divergência genética dos acessos avaliados neste estudo pode ter sido um fator importante na expressão de diferentes níveis de resistência contra *M. phaseolina*.

A ocorrência de interação significativa entre fatores (Época-Acesso) (ANEXO G), indica que a resistência de diversos acessos contra o isolado MPM144 de *M. phaseolina* variou entre as épocas, que há diferentes níveis de resistência entre acessos em cada época, e o ambiente teve influência na resistência para alguns dos acessos e/ou agressividade do isolado.

As épocas de realização do Experimento II foram estatisticamente diferentes, com a média da severidade na primeira época de 48,76%, significativamente maior ($p < 0,05$), que a média da segunda época (43,11%) (Tabela 2). As reações de resistência à infecção, para vários acessos na primeira época, foram consideravelmente menores em relação àquelas expressadas na segunda época. Na primeira época, apenas um acesso foi classificado como resistente, em contraste com a segunda época, na qual foram registrados nove acessos resistentes, equivalendo a 24,32% dos acessos estudados (Tabela 2 e Figura 3). Os menores níveis de severidade apresentados pelos acessos indicam limitação do isolado de

M. phaseolina em causar doença sobre certas condições ambientais, sugerindo que a interação Época-Acesso pode dificultar a avaliação fenotípica quando não há controle de condições climáticas.

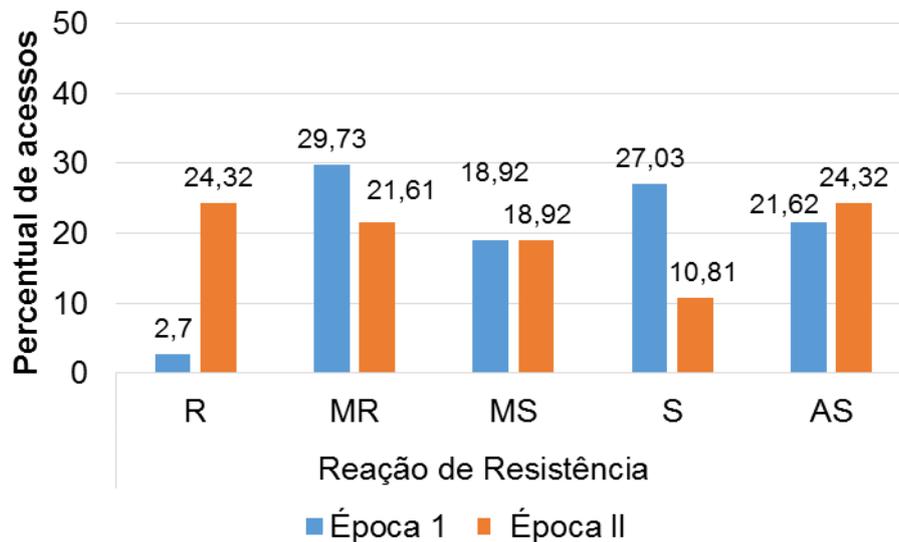


Figura 3 Classificação de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) em cinco níveis de resistência (Resistente (R), medianamente resistente (MR), medianamente susceptível (MS), susceptível (S) e altamente susceptível (AS)) a infecção por *Macrophomina phaseolina*, expressado em duas épocas (fevereiro-março e julho-agosto) do Experimento II. Teresina, PI - 2016

Embora a temperatura média ocorrida nos períodos de desenvolvimento de cada época do experimento II tenha sido similar (28,29 °C e 28,07 °C), a variação média entre a temperatura mínima e a máxima foi menor na primeira época, sendo 8 °C (T mín. 24,03 °C e T máx. 32,55 °C), em contraste com 16 °C (T mín. 20,01 °C e T máx. 36,16 °C) ocorrida na segunda época (ANEXO G e H). Durante a primeira época, a média da umidade relativa do ar (UR) registrada foi maior (72,26%) em contraste com 52,51% registrado para a segunda (ANEXO I e J).

Os registros de temperatura e UR do ar descritos anteriormente, sugerem que fatores como altas temperaturas e UR, como os ocorridos na segunda época, podem influenciar o desenvolvimento da infecção do isolado MPM144 ou expressão de resistência dos acessos de feijão-fava. Os resultados relatados neste estudo foram diferentes daqueles descritos na literatura, considerando que as condições favoráveis para o desenvolvimento da doença estão relacionadas a altas

temperaturas e baixa umidade em outras culturas (MAYEK et al., 2004; GUPTA; SHARMA; RAMTEKE, 2012).

A presença de interação Época-Acesso significativa indica que as diferenças relativas dos níveis de resistência entre acessos não são consistentes no tempo para a maioria dos acessos. No entanto é possível que para acessos específicos exista maior estabilidade como será discutido nos resultados do experimento III.

Condição de sequeiro parece estar associada com grande impacto da podridão cinzenta do caule em feijão-comum, tendo sido relatado que reações de resistência de genótipos à *M. phaseolina* foram variáveis em condições de irrigação e sequeiro, encontrando relação entre maior déficit hídrico e o aumento da severidade da doença (MAYEK et al., 2004).

O ambiente e a adaptação do hospedeiro a essas condições parece influenciar também a reação de genótipos de feijão-comum a *M. phaseolina*, pois as reações dos genótipos apresentaram estreita associação à patogênese em diferentes áreas geográficas. Os genótipos mais resistentes pertenciam à raça Mesoamericana, originária de região que apresenta condições climáticas similares daquelas apresentadas nos locais onde o estudo foi desenvolvido, no México. No entanto, os genótipos suscetíveis, provenientes de locais de condições temperadas e semiáridas, apresentaram baixa adaptação àquelas condições climáticas e por consequente maior nível de dano pelo patógeno (MAYEK-PÉREZ et al., 2003).

Três fatores podem estar estreitamente ligados aos resultados de resistência e a variação relatada; a natureza do patógeno, necrotrófico com elevada agressividade (NORONHA et al., 2012), a elevada diversidade genética dos acessos de feijão-fava e o ambiente. Em qualquer um deles, a resistência variável entre acessos revela a dificuldade de identificar fontes com elevada resistência a *M. phaseolina* em genótipos de feijão-fava.

4.3 Experimento III: Avaliação da estabilidade da resistência de acessos de feijão-fava em relação a sete isolados de *M. phaseolina*

Todos os isolados causaram doença nos acessos de feijão-fava (Tabela 3). As reações apresentadas pelos genótipos considerados potencialmente resistentes (UFPI 892, UFPI 905 e UFPI 908) variaram conforme o isolado de *M. phaseolina* ($p < 0,05$). Os genótipos considerados suscetíveis (UFPI 886b, UFPI 907a e

UFPI 890) apresentaram reações de suscetibilidade aos sete isolados, não diferindo estatisticamente entre si ($p > 0,05$). Foram encontradas diferenças significativas entre acessos, para alguns isolados, e diferenças entre isolados ($p < 0,05$). Os resultados sugerem a divergência de níveis de resistência à infecção por *M. phaseolina*, que podem expressar distinta agressividade nos acessos de feijão-fava.

Su et al. (2001) sugerem que a variação existente entre a agressividade dos isolados pode ser confinada a populações com limites definidos pelas espécies hospedeiras, tendo em consideração que foi relatado polimorfismo de DNA entre os isolados de *M. phaseolina* obtidos de quatro espécies hospedeiras, associando assim a variação genética entre isolados ao hospedeiro de origem.

A variação das reações de resistência expressadas entre acessos considerados como resistentes ou medianamente resistentes (R ou MR, respectivamente), no Experimento II, para níveis de menor resistência no Experimento III, indica que a resistência expressada pelos acessos de feijão-fava não é estável para cada isolado de *M. phaseolina* (Tabela 2 e 3). No caso de feijão-comum, as variáveis resultados de reações de resistência levam a concluir que existe baixa probabilidade de ocorrer coevolução com *M. phaseolina* (MUÑOZ-CABAÑAS; HERNÁNDEZ-DELGADO; MAYEK-PÉREZ, 2005). A característica saprofítica do fungo infere também na ausência de especialização parasítica entre populações, pois não existe a necessidade, para o fungo, de estabelecer interações especializadas a um hospedeiro (NORONHA et al., 2012).

O acesso UFPI 892 foi aquele que apresentou estabilidade da resistência entre épocas no Experimento II (Tabela 2), porém, variando sua resistência para o mesmo isolado (MPM144) no experimento III (SEV. de 36,67%, Tabela 3). Além disso, foi o segundo acesso com menores níveis de severidade para quatro isolados (LLP01, MPM 143, MPM 144 e JM33). O acesso UFPI 908 apresentou reações de resistência menos estáveis que o acesso anterior, nas épocas do Experimento II, no entanto para o mesmo isolado no experimento III, os níveis de severidade e nível de resistência foram iguais àquela da primeira época do experimento II (SEV. 25%, Tabela 2 e 3).

O acesso UFPI 908 apresentou menor variação da resistência no tempo em comparação aos outros acessos com moderada resistência, apresentando a menor variação da resistência em contraste com as maiores variações das condições ambientais ocorridas durante o experimento III, onde a temperatura média foi de

32°C, maior que aquela do experimento II, e menor umidade relativa do ar (ANEXO K e L).

Os acessos UFPI 892 e UFPI 908 foram os que apresentaram os menores níveis de severidade à infecção para a maioria dos isolados (Tabela 3). Foram encontradas diferenças significativas ($p=0,0029$) entre os acessos UFPI 892 e UFPI 908 em relação aos outros acessos, para o isolado JM33. O acesso UFPI 908 apresentou os menores níveis de severidade da doença para a maioria dos isolados, diferente significativamente ($p<0,05$) para os isolados ESS02, MPM144 e JM33. As maiores reações de resistência foram registradas para o acesso UFPI 908.

Os acessos UFPI 892 e UFPI 908 apresentaram reações de suscetibilidade (S e AS) para os isolados ESS01, LLP01, MPM143 e ESS07, não diferindo estatisticamente entre eles nem quando comparados com os genótipos suscetíveis ($p>0,05$). O acesso UFPI 905, considerado como resistente ou medianamente resistente no Experimento II, foi classificado como suscetível e altamente suscetível sem diferenças significativas em relação àqueles acessos considerados suscetíveis.

O acesso UFPI 908, apesar de suscetível a alguns isolados, apresentou os resultados mais promissores, constituindo fonte de resistência a *M. phaseolina*, com potencial de uso em solo infestado pelo patógeno nas diferentes épocas. Entretanto, é conveniente dedicar atenção na avaliação e seleção dos acessos mais promissores contra os diferentes isolados sobre diversas condições ambientais, como feito para o isolado MPM144.

Os diferentes níveis de resistência expressados nos experimentos e a variação da resistência em acessos considerados medianamente resistentes e resistentes, também sugerem que a resistência ao patógeno é do tipo poligênica.

Tabela 3 Severidade (SEV) média (%) e reação de resistência de seis acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) após inoculados com sete isolados de *Macrophomina phaseolina*. Teresina, PI – 2016

Acesso	Isolado						
	ESS01	ESS02	LLP01	MPM143	MPM144	JM33	ESS07
	SEV média (%)						
UFPI 892	100,00 a B	100,00 b B	78,33 a AB	83,33 a AB	36,67 a A	58,30 ab A	100,00 a B
UFPI 905	100,00 a B	88,33 ab AB	91,67 a AB	100,00 a B	68,33 a A	91,70 bc AB	100,00 a B
UFPI 908	100,00 a C	58,33 a ABC	66,67 a ABC	85,00 a C	25,00 a A	33,30 a AB	75,00 a BC
UFPI 886b	100,00 a A	100,00 b A	91,67 a A	100,00 a A	66,67 a A	100,00 c A	100,00 a A
UFPI 907a	100,00 a A	100,00 b A	100,00 a A	100,00 a A	66,67 a A	100,00 c A	100,00 a A
UFPI 890	100,00 a A	83,33 ab A	100,00 a A	100,00 a A	78,33 a A	86,70 bc A	100,00 a A
	Reação de resistência						
UFPI 892	AS a B	AS b B	S a AB	AS a AB	MR a A	MS ab A	AS a B
UFPI 905	AS a B	AS ab AB	AS a AB	AS a B	S a A	AS bc AB	AS a B
UFPI 908	AS a C	MS a ABC	S a ABC	AS a C	MR a A	MR a AB	S a BC
UFPI 886b	AS a A	AS b A	AS a A	AS a A	S a A	AS c A	AS a A
UFPI 907a	AS a A	AS b A	AS a A	AS a A	S a A	AS c A	AS a A
UFPI 890	AS a A	AS a b A	AS a A	AS a A	S a A	AS bc A	AS a A

Médias com letra comum não são significativamente diferentes a 5% de probabilidade, pelo teste de Kruskal Wallis. Letras maiúsculas indicam diferenças entre colunas e minúsculas entre linhas. Reação de resistência: Resistente (R), medianamente resistente (MR), medianamente susceptível (MS), susceptível (S) e altamente susceptível (AS).

Considerando os dados de severidade da doença gerados pelos isolados de *M. phaseolina* sobre os acessos de feijão-fava registrados nos Experimentos I, II (duas épocas) e III, foi analisado o desenvolvimento da doença ao longo do período de avaliação de cada experimento (Tabela 4). Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os dias de avaliação nos diferentes experimentos. No entanto, não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) a partir do 25º dia após a semeadura (Tabela 4), para todos os experimentos, ou seja, foram atingidos os níveis máximos de severidade de infecção por *M. phaseolina* nos acessos de feijão-fava, avaliados pela escala adaptada de Abawi, Pastor-Corrales (1990).

Com base nesses resultados, futuros estudos de avaliação de severidade pela ação de *M. phaseolina* em feijão-fava podem ser conduzidos até 25º dia após a semeadura, o que resultará na eficiência do uso de recursos.

Tabela 4 Comparação dos níveis de severidade (SEV) média (%) dos acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) à infecção por *Macrophomina phaseolina*, nas avaliações realizadas após 10, 15, 20, 25, 30, 35 dias da semeadura, nos Experimentos I, II (duas épocas) e III. Teresina, PI – 2016

Dias após a semeadura	SEV média (%)			
	Exp. I	Exp. II Época I	Exp. II Época II	Exp. III
10	--	39,98 a	25,27 a	77,46 a
15	--	43,11 a b	33,14 b	81,15 a b
20	73,88 a	47,02 b c	38,62 b c	83,77 a b
25	83,27 a b	48,27 c	41,54 c	85,52 b
30	85,31 b	48,99 c	42,46 c	85,99 b
35	85,44 b	49,43 c	43,11 c	86,03 b

Médias com letra comum não são significativamente diferentes pelo teste de Kruskal Wallis ($p > 0,05$).

Os resultados obtidos neste estudo, sobre resistência de acessos de feijão-fava contra *M. phaseolina*, e a influência do ambiente na resistência e o desenvolvimento da doença (experimento II e III), são de grande importância para subsidiar futuros estudos, como o manejo de *M. phaseolina* usando acessos resistentes, principalmente o acesso UFPI 908, levando à redução no progresso de desenvolvimento da doença. Além disso, esses acessos podem ser fontes de gene(s) de resistência contra *M. phaseolina* em futuros programas de

melhoramento, pelo que se faz de suma importância a multiplicação das sementes destes acessos, sua caracterização filogenética e estudos de origem.

Importante salientar que foram dadas condições ótimas para o desenvolvimento do patógeno e, conseqüentemente, a infecção por *M. phaseolina* durante todos os experimentos desenvolvidos, como o uso de sementes inoculadas artificialmente sobre elevada pressão de inóculo e de ter sido usado solo esterilizado, buscando eliminar o efeito da pressão de seleção natural fornecidas pelas condições ambientais, reduzindo a possibilidade do escape a infecção (BLUM; CARES; UESUGI, 2006). São necessários estudos que visem a caracterização da base genética da resistência a infecção por *M. phaseolina* em condições de campo.

Em termos práticos, existe a possibilidade de encontrar genótipos com elevada resistência, ao combinar os efeitos aditivos do ambiente e aqueles acessos de feijão-fava indicados neste estudo. Sabendo que as condições ambientais influenciam as características patogênicas do fungo, é possível que fatores relacionados ao manejo em campo e as condições do ambiente permitam ocorrência de escape ao fungo pela dificuldade de distribuição homogênea do inóculo, a supressão do desenvolvimento do patógeno por falta de condições favoráveis facilitadas pelo manejo da umidade do solo, as condições na época de plantio, adubações permitindo o desenvolvimento vigoroso das plantas etc. (MAYEK-PÉREZ et al., 2009). Assim, níveis satisfatórios de resistência à infecção por *M. phaseolina* em campo podem ser encontrados.

Em futuros experimentos em campo devem ser considerados também o estudo da influência das condições ambientais sobre os acessos resistentes, como revelado no presente trabalho. Sabendo que as condições do ambiente podem ter um importante impacto sobre o desenvolvimento da doença e/ou expressão da resistência, sugere-se o desenvolvimento de estudos sobre as condições ótimas para o fungo expressar seu potencial patogênico, assim como o estudo do impacto de técnicas de manejo da cultura no desenvolvimento da doença, como manejo da umidade do solo, coberturas do solo, manejo da diversidade microbiana como estratégia de supressão biológica etc.

Entre outras estratégias viáveis para futuros estudos deve ser considerado o uso da resistência aqui descrita como alternativa dentro de um sistema de manejo integrado, tentando reforçar os níveis de resistência com alternativas como o

tratamento de sementes com defensivos químicos ou organismos antagônicos, indutores de resistência.

Além disso, recomenda-se avaliar maior número de acessos que possam expressar elevada resistência estável. Em trabalhos em casa de vegetação sugere-se considerar o uso de uma avaliação de severidade aos 25 dias após da inoculação, seguindo a metodologia descrita neste trabalho, o que poderá aumentar o número de experimentos em cada período de tempo, resultando em uma maior eficiência do uso de recursos dos experimentos.

5 CONCLUSÕES

O isolado MPM 144 de *M. phaseolina* expressa diferentes níveis de agressividade, tanto entre os acessos de feijão-fava quanto nas épocas em que foi inoculado.

Não foi expressada imunidade por nenhum dos acessos de feijão-fava contra os isolados de *M. phaseolina* testados.

As condições ambientais da época de condução dos experimentos influenciam a resistência dos acessos de feijão-fava ao patógeno.

Os acessos UFPI 892, UFPI 908 e UFPI 905 são considerados de elevada resistência contra o isolado MPM 144 de *M. phaseolina*.

Não foi encontrada resistência estável dos acessos UFPI 892, UFPI 908 e UFPI 905 contra os sete isolados de *M. phaseolina*.

O acesso UFPI 908 expressa os resultados mais promissores de resistência para os isolados ESS02, MPM144 e JM33 e o menos suscetível para LLP01 e ESS07.

O tempo mínimo necessário para desenvolver níveis máximas de severidade pela infecção por *M. phaseolina* é de 25^o dia após a semeadura de feijão-fava.

REFERÊNCIAS

- ABAWI, G. S.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Root rots of bean in Latin America and Africa: Diganosis, Research Methodologies, and Management Strategies**. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1990. 114 p.
- ALGHUTHAYMI, M.; ALY, A. A.; ASRAN-AMAL, A.; ABDELSALAM, K. A. Pathotyping and AFLP-based molecular characterization *Macrophomina phaseolina* isolates from different plant hosts. **Plant Pathology & Quarantine**, v. 6, n. 1, p. 31–41, 2016.
- ALMEIDA, Á. M. R.; SEIXAS, C. D. S.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. M.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COSTA, J. M.; GAUDÊNCIO, J. M. *Macrophomina phaseolina* em soja. **Embrapa soja**, n. 346, p 1-55, 2014.
- ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; ALVES, E. U.; CANDOSO, E. A.; OLIVEIRA, A. N. P.; CRUZ, I. S. Lima beans production and economic revenue as function of organic and mineral fertilization. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 251–254, 2008.
- ALVES, R. H.; NORA, T. D.; FRANCO, F. A.; COSTA, A. C. T.; STARLING, J. R. Reação de Resistência Tipo I e Tipo II a Giberela em cultivares de trigo. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 2, p. 97–101, 2013.
- ATHAYDE SOBRINHO, C. **Patossistema caupi X *Macrophomina phaseolina*: Método de detecção em sementes, esporulação e controle do patógeno**. 2004. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.
- ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, BR: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 461-484 p.
- AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAÚJO, R. O. C. Composição química de sete variedades de feijão-fava. **Embrapa Meio-Norte**, n. 152, p 1-4, 2003.
- BAUDOIN, J. P.; DEGREEF, J.; HARDY, O.; JANART, F.; ZORO BI, I. Development of an in situ conservation strategy for wild lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) population in the Central Valley of Costa Rica. In: Owens, S.J.; Rudall, P.J., **Reproduction Biology**. Kew (ING): Royal Botanic Garden Press, 1998. 417-426 p.
- BLUM, L. E. B.; CARES, J. E.; UESUGI, C. H. **Fitopatologia: o estudo das doenças de plantas**. Brasília (BR): Otimismo, 2006. 265 p.
- BRASIL, Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 200 p., 2009.
- CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIN FILHO, A. Controle Genético. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4. ed. Piracicaba (BR): Editora Agronômica Ceres Ltda., 2011. 4 v., 720–

756 p.

CARVALHO, E. M. S.; BESERRA JR., J. E. A.; BARGUIL, B. M. Lima Bean Diseases. In: LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. **Phaseolus lunatus. Diversity, Growth and Production**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2015. p. 1–16.

CASTIÑEIRAS, L.; WALÓN, L.; LEÓN, N.; SHAGARODSKY, T.; BARRIOS, O.; FERNÁNDEZ, L.; CRITÓBAL, R.; FUNDORA-MAYOR, Z.; GARCÍA, M.; GIRAUDY, C.; FIALLO, V. F.; MORENO, V.; HERNÁNDEZ, F.; ARZOLA, D.; ARMAS, D. Manejo de la variabilidad de *Phaseolus lunatus* (frijol caballero) conservada en comunidades rurales de Cuba. **Revista del Jardín Botánico Nacional**, v.29, p. 151-160, 2008.

CHEL-GUERRERO, L.; DOMINGUEZ-MAGAÑA, M.; MARTÍNEZ-AYALA, A.; DÁVILA-ORTIZ, G.; BETANCUR-ANCONA, D. Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) Protein Hydrolysates with ACE-I Inhibitory Activity. **Food and Nutrition Sciences**, v. 3, p. 511–521, 2012.

DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. **InfoStat Software Estadístico**. Infostat, Versão 2016, Grupo InfoStat, FCA, Córdoba (ARG) Universidad Nacional de Córdoba, 2008. 336 p.

FREYTAG, F.; DEBOUCK, D. Taxonomy distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. **Sida, Botanical Miscellany**, v. 23, p. 1–300, 2002.

GUPTA, G. K.; SHARMA, S. K.; RAMTEKE, R. Biology, Epidemiology and Management of the Pathogenic Fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with Special Reference to Charcoal Rot of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 4, p. 167–180, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Banco de dados agregados: pesquisa: Produção Agrícola Municipal. Culturas temporárias. 2016. (BR). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php>>. Acesso em novembro 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Normais climatológicas, 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acessado em novembro de 2016.

IQBAL, U.; MUKHTAR, T. Morphological and pathogenic variability among *Macrophomina phaseolina* isolates associated with mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek from Pakistan. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 1–9, 2014.

ISLAM, M.; HAQUE, M. S.; ISLAM, M. M.; EMDAD, E. M.; HALIM, A.; HOSSEN, Q. M. M.; HOSSAIN, M. Z.; AHMED, B.; RAHIM, S.; RAHMAN, M. S.; ALAM, M. M.; HOU, S.; WAN, X.; SAITO, J.A.; ALAM, M. Tools to kill: Genome of one of the most destructive plant pathogenic fungi *Macrophomina phaseolina*. **BMC Genomics**, v. 13, n. 1, p. 493, 2012.

JANA, T.; SHARMA, T. T.; PRASAD, R. D.; ARORA, D. K. Molecular characterization of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium* species by a single primer RAPD technique. **Microbiological research**, v. 158, n. 3, p. 249–257, 2003.

JONES, R.; JONES, R. W.; WANG, H. Immunolocalization of a β -1, 4-endoglucanase from *Macrophomina phaseolina* expressed in planta, Gendoglucanase from *Macrophomina phaseolina* expressed in plantal. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 491–495, 1997.

KAUR, S.; DHILLON, G. S.; BRAR, S. K.; VALLAD, G. E.; CHAND, R.; CHAUHAN, V. B. Emerging phytopathogen ***Macrophomina phaseolina***: biology, economic importance and current diagnostic trends. **Critical Reviews in Microbiology**, v. 38, n. 2, p. 136–51, 2012.

KEE, E.; GLANCEY, J. L.; WOOTTEN, T. L. The lima bean: A vegetable crop for processing. **HortTechnology**, v. 7, n. 2, p. 119–129, 1997.

KOENNING, S. R.; WRATHER, J. A. Suppression of Soybean Yield Potential in the Continental United States by Plant Diseases from 2006 to 2009. **Plant Health Progress**, v. 21, n. 22, p. 1–6, 2010.

LIMA, L. R. **Cruzamentos dialélicos para resistência a *Macrophomina phaseolina* e a *Thanatephorus cucumeris* em feijão-caupi**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI. 2015.

LONG, R.; TEMPLES, S.; MEYER, R.; SCHWANKL, L.; ODFREY, L.; CANEVARI, M.; ROBERTS, P. **Lima Bean Production in California**. University of California, ANR, n. 8505, p. 25, 2014.

LOPES, Â. C. A.; VALENTE, S. E.; GOMES, R. L. F.; FEITOZA, L. L. Morphological Characterization and Study of Genetic Diversity in Lima Bean Accessions. In: FERREIRA, A.S.; LOPES, A.C.A.; GOMES, R.L.. ***Phaseolus lunatus*. Diversity, Growth and Production**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2015. p. 1–26.

MACHADO, A. R. **Phylogeny, identification and pathogenicity of the Botryosphaeriaceae associated with collar and root rot of the biofuel plant *Jatropha curca* in Brazil, with a description of new species**. 2012. Fitopatologia Magister Science Research, Federal University of Viçosa, Minas Gerais. 2012.

MACKIE, W. Origin, Dispersal and Varibility of the Lima Bean, *Phaseolus lunatus*. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 15, n. 1, p. 1–31, 1943.

MAYEK, N.; GARCÍA-ESPINOSA, R.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; ACOSTA GALLEGOS, J. A.; SIMPSON, J. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 60, n.4, 185-195, 2002.

MAYEK, N. P.; LÓPEZ, E.; CUIPIÁN, J.; ACOSTA, J. A. Resistencia del frijol a

Macrophomina phaseolina en condiciones de riego-secano. **Agronomia Mesoamericana**, v. 15, n. 1, p. 45-51, 2004.

MAYEK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, C.; LÓPEZ-SALINAS, E.; CUIPIÁN-GUTIÉRREZ, J.; JOAQUÍN-TORRES, I. C.; PADILLA-RAMÍREZ, J. S.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Effect of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid . on Grain Yield of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L .) and its Relationship with Yield Stability Parameters. **Mexical Journal of Phytopatology**, v. 21, n. 2, p. 168–175, 2003.

MAYEK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-SALINAS, E.; CUIPIÁN-GUTIÉRREZ, J.; ACOSTA-GALLEGOS, J. A. Herencia de la resistencia de campo a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid . en líneas endogámicas recombinantes de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 27, n. 1, p. 1–10, 2009.

MAYEK-PÉREZ, N.; LÓPEZ-CASTAÑEDA, L.; GONZÁLES-CHAVIRA, M.; GARCÍA-ESPINOSA, R.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; MARTÍNEZ, O.M.V.; SIMPSON, J. Variability of Mexican isolates of *Macrophomina phaseolina* based on pathogenesis and AFLP genotype. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 59, n. 5, p. 257–264, 2001.

MCKINNEY, H. H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v.26, p.195-217, 1923.

MELO, L. F. **Divergência genética em subamostras de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) por meio de marcadores agromorfológicos e microssatélites**. 2011. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2011.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. 2 ed. Recife, PE: Imprensa Universitária, 2005. 399 p.

MOSES, O.; OLAWUNI, I.; JO, I. The proximate composition and functional properties of full-fat flour and protein isolate of Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.). **Open Access Scientific Reports**, v. 1, n. 7, p. 1–5, 2012.

MOTA, J. M. **Diversidade fúngica e transmissão de *Colletotrichum truncatum* e *Macrophomina phaseolina* em sementes de feijão-fava**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2016.

MUCHERO, W.; EHLERS, J. D.; CLOSE, T. J.; ROBERTS, P. A. Genic SNP markers and legume synteny underlying QTL for *Macrophomina phaseolina* resistance and maturity in cowpea.pdf. **BMC Genomics**, v. 12, n. 8, p. 1–14, 2011.

MUÑOZ-CABAÑAS, R. M.; HERNÁNDEZ-DELGADO, S.; MAYEK-PÉREZ, N. Análisis patogénico y genético de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en diferentes hospedantes. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 23, n. 1, p. 11–18, 2005.

NETO, M. B.; Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados Morphological and productive characteristics of accesses of bean-fava in intercropping. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 9, n. 3, p. 23–27, 2015.

NIENHUIS, J.; TIVANG, J.; SKROCH, P.; SANTOS, J. B. Genetic relationships among cultivars and landraces of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) as measured by RAPD markers. **Journal of the American Society fo Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 300-306, 1995.

NORONHA, M. A.; SILVA, K. J. D.; GONÇALVES, S. R.; LIMA, R. R. L. Avaliação da Resistência de Genótipos de Feijão-caupi a *Macrophomina phaseolina*. **Embrapa Meio-Norte**, n. 126, p. 1-5, 2012.

OLAYA, G.; ABAWI, G. . Effect of Water Potential on Mycelial Growth and on Production and Germination of Sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v. 80, n. 12, p. 1347–1350, 1996.

OLIVEIRA, M. C. P.; MEIRELLES, A. C. S.; LOPES, A. C. A.; COSTA, M. F. Phenology, Vegetative Development and Pollen Viability. Accessions. In: FERREIRA, A. S.; LOPES, A. C. DE A.; GOMES, R. L. (Eds.). **Phaseolus lunatus. Diversity, Growth and Production**. 1. ed. New York: Nova Science publishers, Inc., 2015. p. 1–26.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico. **HOLOS**, v. 1, p. 143–151, 2014.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BEBEDITO, C. P. Caracterização Botânica e Agrônômica de Acessos de Feijão-fava. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 143–148, 2011.

ORMEÑO-ORRILLO, E.; ZUÑIGA-DÁVILA, D. Optimization of sterillization time for carriers compost based for produccion of legume inoculants. **Revista Peruana de Biología**, v. 6, n. 2, p. 181–184, 1999.

PASTOR-CORRALES, M. A.; ABAWI, G. S. Reactions of selected bean accessions to infection by *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v. 72, p. 39–41, 1988.

PECINA, V. Q.; MARTÍNEZ-DE LA VEGA, O.; ALVARADO-BALLEZA, M. J.; VANDERMARK, G. J. WILLIAMS-ALANÍS, H. Comparación de dos Sistemas de Marcadores Moleculares en el Análisis de las Relaciones Genéticas de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 19, n. 2, p. 128–139, 2001.

PENHA, J. S.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; PINHEIRO, J. B.; ASSUNÇÃO FILHO J. R.; SILVESTRE, E. A.; VIANA, J. P. G.; MARTÍNEZ-CASTILLO, J. Estimation of natural outcrossing rate and genetic diversity in Lima bean (*Phaseolus lunatus* L. var. *lunatus*) from Brazil using SSR markers: implications for conservation and breeding. **Genetic Resouces and Crop Evolution**, p. 1-10, 2016

PHILLIPS, A. J. L.; ALVES, A.; ABDOLLHAZADEH, J.; SLIPPERS, B. WINGFIELD, M. J.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. **Studies in Mycology**, v. 76, p. 51–167, 2013.

RAO, T. V.; RAJESWARI, B.; PRASAD, A. L.; KESHAVULU, K. Seed Transmission Studies on Seedborne Fungi of Soybean. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 5, n. 10, p. 1–6, 2015.

REYES-FRANCO, M. C.; HERNÁNDEZ-DELGADO, S.; BEAS-FERNÁNDEZ, R.; MEDINA-FERNÁNDEZ, M.; SIMPSON, J.; MAYEK-PÉREZ, N. Pathogenic and genetic variability within *Macrophomina phaseolina* from Mexico and other countries. **Journal of Phytopathology**, v. 154, n. 7–8, p. 447–453, 2006.

SANTOS, D.; COLLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY-JUNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1407–1412, 2002.

SANTOS, J. O.; ARAÚJO, A. S. F.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A.; FIGUEIREDO, M. V. B. Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 426–429, 2009.

SANTOS, J. O.; GOMES, R. L. F.; LOPES, A. C. A. Lima Bean Diseases. In: LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. **Phaseolus lunatus. Diversity, Growth and Production**. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2015. p. 1–16.

SARR, M. P.; NDIAYE, M.; GROENEWALD, J. Z.; CROUS, P. W. Genetic diversity in *Macrophomina phaseolina*, the causal agent of charcoal rot. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 54, n. 2, p. 250–268, 2014.

SEIDU, K. T.; OSUNDAHUNSI, O. F.; OLALAYE, M. T.; OLUWALANA, I. B. Amino acid composition, mineral contents and protein solubility of some lima bean (*Phaseolus lunatus* L. Walp) seeds coat. **Food Research International**, v. 73, p. 130–134, 2015.

SHORT, G.; WYLLIE, T.; AMMON, V. Quantitative Enumeration of *Macrophomina phaseolina* in Soybean Tissues. **Phytopathology**, v. 68, p. 736–741, 1978.

SILVA, J. A.; OLIVEIRA, M. G.; SOUZA, L. T.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. A.; MICHEREFF, S. J. Reação de genótipos de feijão-fava a *Sclerotium rolfsii*. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 98–101, 2014.

SILVA FILHO, A. J. R.; ANTONIO, R. P. AMBRÓSIO; M. M. Q.; FERNANDES, C. H.; SILVA, P. S. L.; ALBUQUERQUE, L. B. Reação de acessos de feijão caupi a *Macrophomina phaseolina* por meio da infestação do substrato. III CONAC FEIJAO - CAUPI. Recife: 2013.

SLIPPERS, B. BOISSIN, E.; PHILIPS, A. J. L.; GROENEWALD, J. Z.; LOMBARD, L.;

WINGFIELD, M. J.; POSTMA, A.; BURGESS, T.; CROUS, P. W. Phylogenetic lineages in the Botryosphaerales: a systematic and evolutionary framework. **Studies in Mycology**, v. 76, p. 31–49, 2013.

SONGA, W.; HILLOCKS, R. J.; MWANGO'MBES, A.; BURUCHARA, R.; RONNO, W. K. Screening common bean accessions for resistance to charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) in eastern Kenya. **Experimental Agriculture**, v.33, p. 459-468, 1997.

SOUSA, E. S. **Novos agentes etiológicos de doenças do feijão-fava no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2016.

SRINIVASAN, A.; WICKES, B. L.; ROMANELLI, A. N.; DEBELENKO, L.; SUTTON, J. D. A.; THOMPSON, E. H.; FOTHERGILL, A. W.; RINALDI, M. G.; HAYDEN, R. T.; SHENEP, J. L. Cutaneous infection caused by *Macrophomina phaseolina* in a child with acute myeloid leukemia. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 47, n. 6, p. 1969-1972, 2009.

SU, G.; SUH, O. S.; SCHNEIDER, R. W.; RUSSIN, J. S.; Host specialization in the Charcoal Rot fungus, *Macrophomina phaseolina*. **Phytopathology**, v. 91, n. 2, p. 120–126, 2001.

THIRUMALACHAR, M.; NEERGAARD, P.; FAKIR, G. Methods for pathogenicity tests of seed-borne *Macrophomina phaseolina* isolated from different hosts. **Phytopathologische Zeitschrift**, v. 237, n. 88, p. 234–238, 1977.

TWIZEYIMANA, M.; Hill, C.B.; PAWLOWSKI, M.; PAUL, C.; HARTMAN, G. L. A Cut-Stem inoculation technique to evaluate soybean for resistance to *Macrophomina phaseolina*. **Plant Disease**, v. 96, n. 8, p. 1210–1215, 2012.

United States Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service Information, USDA-NASS. Principal processing vegetables, area planted, harvested, production and value by Crop - United States: 2013-2015 (Domestic Units). **Vegetables 2015 Summary**. p. 56-58. 2016.

VIEIRA, R. F. A cultura de feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v.16. n. 174, p. 30-37, 1992.

WRATHER, A.; SHANNON, G.; BALARDIN, R.; CARREGAL, L.; ESCOBAR, R.; GUPTA, G. K.; MA, Z.; MOREL, W.; PLOPER, D.; TENUTA, A. Effect of Diseases on Soybean Yield in the Top Eight Producing Countries in 2006. **Plant Health Progress**, v. 10, p. 1-7, 2010.

WRATHER, J. A.; KOENNING, S. R. Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003 to 2005. **Journal of Nematology**, v. 38, n. 2, p. 173–80, 2006.

ZIMMERMANN, M. J. O.; TEIXEIRA, M. G. Origem e evolução. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Cultura do feijoeiro comum**

no Brasil. Piracicaba (BR): POTAFOS, 1996. p. 57-70.

ZORO BI, I.; MAQUET, A.; BAUDOIN, J. P. Population genetic structure of wild *Phaseolus lunatus* (Fabaceae), with special reference to population sizes. **American Journal of Botany**, v. 90, n. 6, p. 897–904, 2003.

ANEXO

ANEXO A - Informação dos isolados de *Macrophomina phaseolina* utilizados neste estudo, com seus respectivos códigos e procedências pertencentes à Coleção de Fungos Fitopatogênicos do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia, do Departamento de Fitotecnia, UFPI. Teresina, PI - 2016

Isolado	Cidade	Estado	Hospedeiro	Órgão
ESS01	Esperantina	PI	<i>Phaseolus lunatus</i>	Caule
ESS02	Esperantina	PI	<i>P. lunatus</i>	Folha
ESS07	Teresina	PI	<i>P. lunatus</i>	Vagem
MPM143	Assaré	CE	<i>P. lunatus</i>	Semente
MPM144	Campos Sales	CE	<i>P. lunatus</i>	Vagem
JM33	Salitre	CE	<i>P. lunatus</i>	Semente
LLP01	Teresina	PI	<i>P. lunatus</i>	Raiz

ANEXO B - Descrição dos acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) utilizados neste estudo, com seus respectivos códigos, procedência e ano de obtenção, pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma do Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos, do Departamento de Fitotecnia, UFPI. Teresina, PI - 2016

Código	Estado	Característica Básica
UFPI 882a	Tianguá, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 882b	Esperantina, PI	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 886a	Salitre, CE	Nome comum: Fava Mosquito; Cor: Bege vermelha, mosqueada com manchas; Formato: Achatado
UFPI 885	Presidente Dutra, MA	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Levemente Arredondado
UFPI 886b	Novo Oriente, CE	Nome comum: Orelha de jó; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 887	Novo Oriente, CE	Nome comum: Fava mestiça; Cor: Bege com manchas de cor marrom e regiões mosqueadas com a mesma cor; Formato: Redondeado
UFPI 888	Tianguá, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 889	Paraibano, MA	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 890	Bocaina, PI	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 891	Uruçuí, PI	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 892	São Gonçalo, PI	Nome Comum: Fava manteiga; Cor: marrom; Formato: arredondado.

ANEXO B - Continua

Código	Estado	Característica Básica
UFPI 893	São Gonçalo, PI	Nome comum: Boca-de-moça; Cor: Bege com manchas marrom e castanho próxima ao hilo; Formato: Achatado/Alongado.
UFPI 896	Crateús, CE	Nome comum: Fava mulatinha; Cor: Marrom claro; Formato: Arredondado.
UFPI 897	Fagundes, PB	Nome comum: Fava eucalipto; Cor: Bege; Formato: Levemente achatado.
UFPI 898	Pocinhos, PB	Nome comum: Fava branca gradua; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 899	Lagoa Seca, PB	Nome comum: Orelha de jó; Cor: Branca com manchas pretas; Formato: Achatado.
UFPI 900	Areias, PB	Nome comum: Fava roxa; Cor: Roxa; Formato: Redondeado
UFPI 880	Puxinanã, PB	Nome comum: Fava mestiça; Cor: Bege com manchas cor de vinho e regiões mosqueadas com a mesma cor; Formato: Alongado.
UFPI 881	Matões, MA	Nome comum: Boca-de-moça; Cor: Bege clara com manchas mosqueadas medianamente de cor vermelha em torno do hilo e no corpo da semente; Formato: Arredondado
UFPI 902a	São Benedito, CE	Nome comum: Fava Feijão; Cor: Bege clara com manchas mosqueadas medianamente de cor vermelha em torno do hilo e no corpo da semente; Formato: Arredondado
UFPI 902b	São Benedito, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 904	Parambú, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 905	Pedra Branca, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 906	Crateús, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Levemente arredondado
UFPI 907a	Teresina, PI	Nome comum: Boca-de-moça; Cor: Bege clara com manchas mosqueadas medianamente de cor vermelha em torno do hilo e no corpo da semente; Formato: Arredondado
UFPI 907b	Tauá, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 908	Pedra Branca, CE	Nome comum: Fava manteiga; Cor: Marrom; Formato: Arredondado
UFPI 909	Crato, CE	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 910	Pedro II, PI	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Arredondado
UFPI 911	Teresina, PI	Nome comum: Fava Mestiça; Cor: Vermelha; Formato: Arredondado
UFPI 912	Passagem Franca, PI	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 913	Amarante, PI	Nome comum: Boca-de-moça; Cor: bege com manchas marrom e castanho próxima ao hilo; Formato: Achatado/Alongado.
UFPI 914	Chapada Grande, PI	Nome comum: Boca-de-moça; Cor: bege com manchas marrom e castanho próximos ao hilo; Formato: Achatado/Alongado.

ANEXO B - Continua

Código	Estado	Característica Básica
UFPI 916	Colinas, MA	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 917	Tuntum, MA	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.
UFPI 918	Fortaleza dos Nogueiras, MA	Nome comum: Fava Branca; Cor: Branca; Formato: Achatado.

Fonte: Monteiro (2016)

ANEXO C - ANOVA para dados de severidade da doença (SEV) dos acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), inoculados com o isolado MPM144 de *Macrophomina phaseolina*, do Experimento II, primeira época (de 18 de fevereiro até 24 de março de 2016), Teresina, PI – 2016

F.V.	SQ	GL	QM	F	p-valor
Modelo	44809	36	1244,7	3,62	<0,0001
Acessos	44809	36	1244,7	3,62	<0,0001
Erro	38151	111	343,71		
Total	82960	147			

ANEXO D - ANOVA para dados de severidade da doença (SEV) dos acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), inoculados com o isolado MPM144 de *Macrophomina phaseolina*, do Experimento II, segunda época (de 15 de julho até 18 de agosto de 2016), Teresina, PI – 2016

F.V.	SQ	GL	QM	F	p-valor
Modelo	83078	36	2307,7	6,73	<0,0001
Acessos	83078	36	2307,7	6,73	<0,0001
Erro	38068	111	342,95		
Total	121146	147			

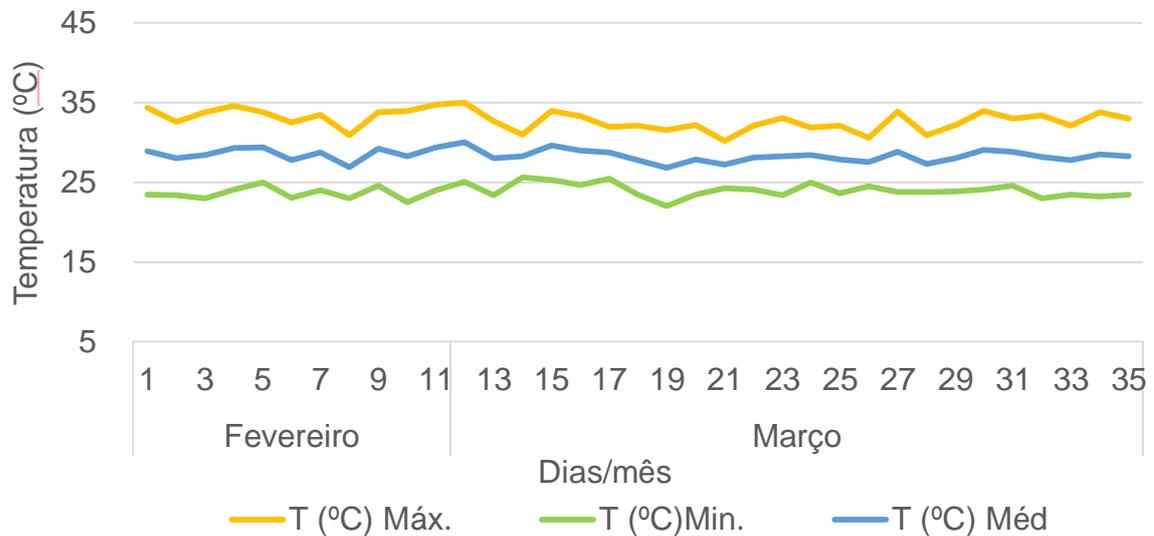
ANEXO E – Análise de homogeneidade das variâncias pelo método de F máximo de Hartley, para duas épocas do Experimento II. Teresina, PI – 2016

QM_{máx.}	QM_{men.}	F_{Calc.}	F_{tab.}
343,71	342,95	1,002*	2,07

ANEXO F - Análise conjunta para dados de severidade da doença (SEV) em duas épocas, dos acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), inoculados com o isolado MPM144 de *Macrophomina phaseolina*, do Experimento II, Teresina, PI – 2016

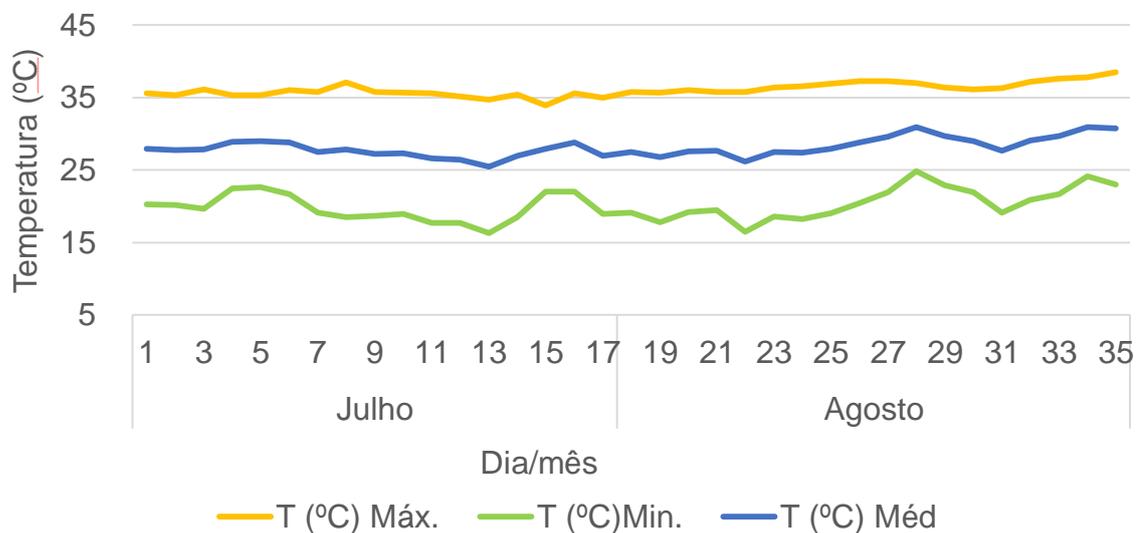
F.V.	SQ	GL	QM	F	p-valor
Modelo	130252	73	1784,27	5,2	<0,0001
Época	2364,92	1	2364,92	6,89	0,0093
Acessos	88150	36	2448,61	7,13	<0,0001
Época*Acessos	39737	36	1103,8	3,21	<0,0001
Erro	76219,5	222	343,33		

ANEXO G - Registro de temperatura mínima, média e máxima ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento II, primeira época (de 18 de fevereiro até 24 de março de 2016), Teresina, PI – 2016



Fonte: INMET (2016)

ANEXO H - Registro de temperatura mínima, média e máxima ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento II, segunda época (de 15 de julho até 18 de agosto de 2016), Teresina, PI – 2016



Fonte: INMET (2016)

ANEXO I - Registro de umidade relativa do ar ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento II, primeira repetição (de 18 de fevereiro até 24 de março de 2016), Teresina, PI – 2016



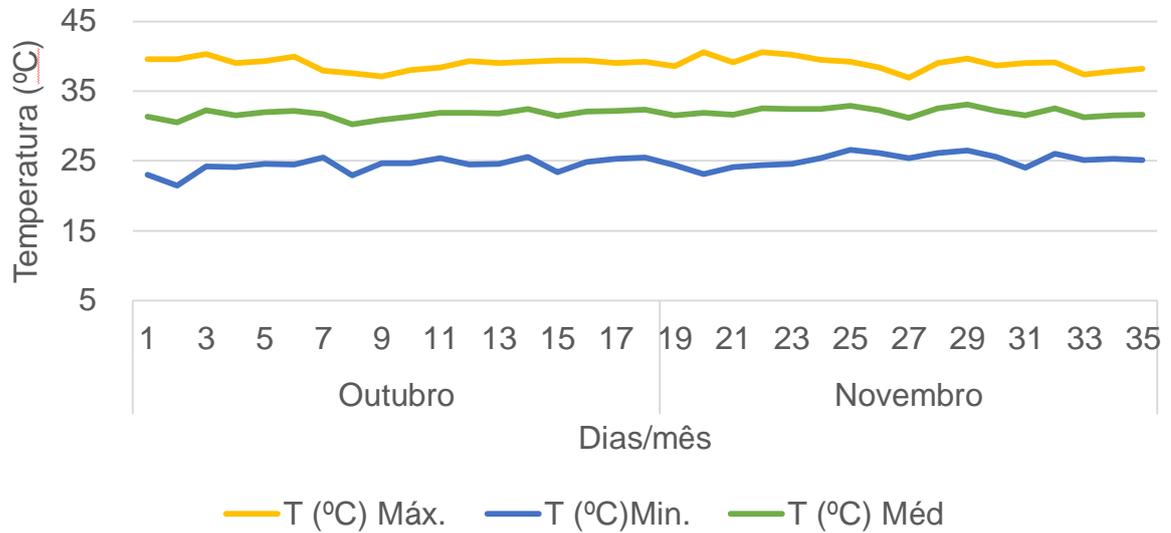
Fonte: INMET (2016)

ANEXO J - Registro de umidade relativa do ar ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento II, segunda época (de 15 de julho até 18 de agosto de 2016), Teresina, PI – 2016



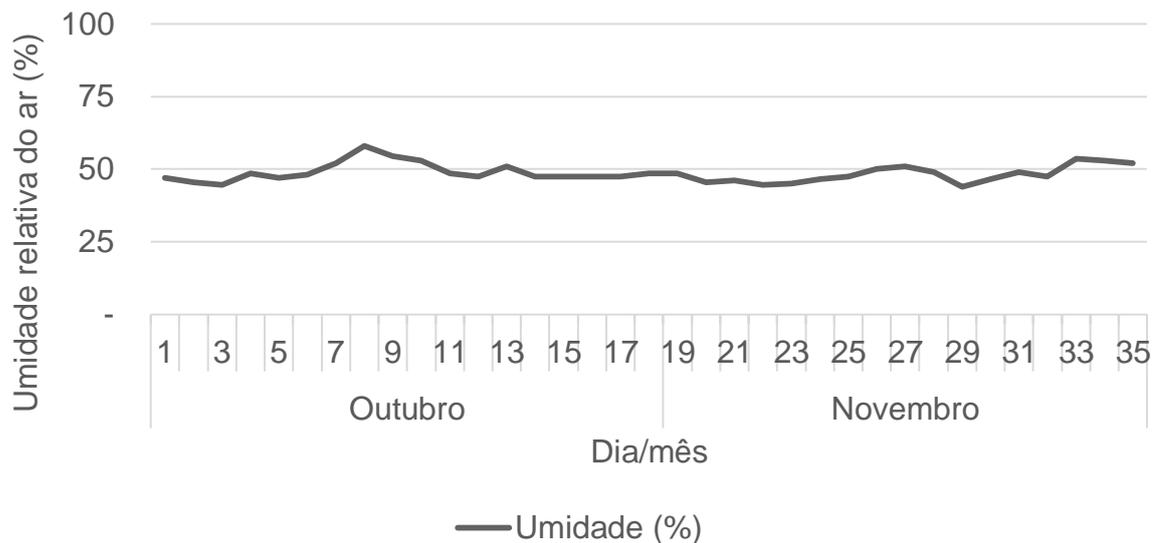
Fonte: INMET (2016)

ANEXO K - Registro de temperatura mínima, média e máxima ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento III (de 15 de outubro até 18 de novembro de 2016), Teresina, PI – 2016



Fonte: INMET (2016)

ANEXO L - Registro de umidade relativa do ar ocorrida durante o período desenvolvimento do Experimento III (de 15 de outubro até 18 de novembro de 2016), Teresina, PI – 2016



Fonte: INMET (2016)