



CLEITON LOURENÇO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E REAÇÃO DE
CLONES DE BATATA À CANELA PRETA E
PODRIDÃO MOLE**

**LAVRAS – MG
2011**

CLEITON LOURENÇO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E REAÇÃO DE CLONES DE BATATA
À CANELA PRETA E PODRIDÃO MOLE**

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

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Oliveira, Cleiton Lourenço de.

Avaliação agronômica e reação de clones de batata à canela preta e podridão mole / Cleiton Lourenço de Oliveira. – Lavras : UFLA, 2011.

81 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. *Solanum tuberosum*. 2. *Pectobacterium*. 3. Resistência à doenças. 4. Melhoramento genético. 5. Bactérias fitopatogênicas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.53

CLEITON LOURENÇO DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E REAÇÃO DE CLONES DE BATATA
À CANELA PRETA E PODRIDÃO MOLE**

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

APROVADA em 11 de fevereiro de 2011.

Dr. Ricardo Magela de Souza UFLA

Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua EPAMIG

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto
Orientador

**LAVRAS – MG
2011**

A DEUS, MEU CRIADOR, FONTE DE TODA INSPIRAÇÃO

OFEREÇO

*Aos meus pais, Dircésio e Laura, por todo amor e incentivo
na transposição das barreiras.*

À minha avó Georgina, pelo ânimo e fomento.

À tia Lucilene, pelas incansáveis orações.

*À Franciene, por sempre estar ao meu lado em todos os
momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À escola municipal João Luiz Alves, escola estadual João Lourenço e ao Colégio Nossa Senhora das Graças, em Areado, MG, pela base em minha formação.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor César Brasil, pela dedicação na orientação e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Ricardo Magela, pela co-orientação e pelos ensinamentos ministrados nas etapas de realização deste trabalho.

Ao pesquisador da EPAMIG, Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua, pela disponibilidade em participar da banca.

À professora Elaine, pela gentileza no empréstimo das câmaras de nevoeiro.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, Irondina, Du, Rafaela, Zélia, Heloiza, Lamartine e especialmente ao técnico Raimundo pelo imenso auxílio e exemplar dedicação na realização dos experimentos.

À laboratorista Ana Maria do Departamento de Fitopatologia, pela extrema dedicação na condução dos ensaios laboratoriais, e pela paciência e disposição no ensino das técnicas.

Aos colegas do Laboratório de Bacteriologia, Maisena, Henrique, Ana Bia e Flavinha.

Aos colegas do curso de Mestrado Carolina, Fabíola, Marcela, Rafael, Renato, Ludmila, Davi, Geovana, Mariana, Samuel, Nelito, Iran e Celso por todos bons momentos.

Aos colegas do GEN, pela convivência amigável, especialmente ao Lucas, pelo auxílio na interpretação dos dados.

Aos amigos Mariana, Paulo Eduardo, Vanderson e César Ticona (Peruano), pelos conselhos e inúmeras demonstrações de amizade.

Aos amigos batateiros, André, Guilherme, Paulista, Pedro, Izabel, Izabela, Vanessa, Mariney, Sílvia, Kayo, Cláudio, Pedro Mandioco, Peruano, Tiago, Fabrício e principalmente à Jéssica e ao Davi (batateiro agregado) por sempre estarem dispostos em me auxiliar na condução dos ensaios.

A toda a minha família, pela confiança transmitida e ao meu irmão Cleber pelo apoio.

À minha segunda família em Lavras, Márcio, Consuelo, Jéssica e Fran, pela agradável presença cotidiana.

Aos colegas de república, Ricardo, Chicó, João, Amilcar, Leandro e Pétrus.

Em síntese, a todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

“O progresso da Ciência é em função dos princípios da ética e da justiça. Uma Ciência injusta não passa de um emaranhado de conveniências.”

RESUMO

Sete famílias advindas de cruzamentos entre genótipos de batata com diferentes níveis de resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc), do Programa de Melhoramento Genético da Batata da Universidade Federal de Lavras, juntamente com as testemunhas Ágata (baixo teor de matéria seca) e Atlantic (alto teor de matéria seca) foram plantadas em um experimento de campo em Pouso Alegre, MG, no delineamento de blocos casualizados com 8 repetições. Foram avaliados caracteres agrônômicos como produção, peso específico e aparência dos tubérculos. Objetivando identificar clones de batata com níveis elevados de resistência a Pcc, 125 clones com melhor desempenho agrônômico foram selecionados e submetidos a testes de reação à podridão mole e canela preta. A reação de resistência a Pcc no tubérculo (podridão mole) foi realizada no Laboratório de Bacteriologia de Plantas, Departamento de Fitopatologia/UFLA. Foram preparadas suspensões bacterianas na concentração de 10^8 UFCs.mL⁻¹. A inoculação foi feita no tubérculo. As testemunhas utilizadas foram a cultivar Ágata (suscetível) e o clone CBM 9-10 (resistente). Foram realizadas três repetições com parcelas constituídas de um tubérculo. Os tubérculos foram distribuídos em bandejas plásticas no delineamento inteiramente casualizado e permaneceram em BOD, à temperatura de 28° C. Após 72 horas foram tomadas medidas dos diâmetros, profundidades e volume das lesões. A partir destas medidas estimou-se a área e a penetrabilidade. Para reação a Pcc na haste (canela preta), as hastes de todas as plantas foram contadas e inoculadas com a mesma suspensão bacteriana utilizada na reação à podridão mole. Após 72 horas foi verificada a porcentagem de hastes com sintomas da doença em cada uma das plantas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, e cada parcela constituída de uma planta. As testemunhas foram as cultivares Ágata e Monte Bonito (suscetíveis) e as cultivares Hansa e Karlena (resistentes), além do clone CBM 9-10 (testemunha resistente à podridão mole). Os resultados mostraram a ausência de correlação entre resistência a Pcc no tubérculo e na haste. Para podridão mole, o diâmetro da lesão foi o caráter que apresentou maior poder de discriminar diferenças entre os clones de batata. Para canela preta, a porcentagem de hastes afetadas se apresentou como uma variável adequada a ser utilizada como indicativo da resistência dos clones. Os clones CLO 01-07, 01-14, 01-44, 01-66, 02-03, 02-11, 02-15, 02-17, 02-21, 02-25, 02-52, 03-02 e 03-64 apresentaram alto nível de resistência a Pcc no tubérculo e na haste, e foram consistentemente promissores em outros caracteres agrônômicos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*. *Pectobacterium*. Resistência às doenças. Melhoramento genético. Bactérias fitopatogênicas.

ABSTRACT

Seven families originated from crosses between potato genotypes with different levels of resistance to *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) from the Potato Breeding Program at the Universidade Federal de Lavras (UFLA) were planted in a field experiment in Pouso Alegre city, Minas Gerais, Brazil, in a randomized block design with eight replications. Cultivars Agata and Atlantic, low and high dry matter content, respectively, were used as controls. Production, specific gravity and appearance were identified. To identify potato clones with high levels of resistance to Pcc, 125 clones with good agronomic performance were selected and tested for reaction to soft rot and blackleg. The reaction to Pcc on the tubers (soft rot), was made at the Laboratory of Plant Bacteriology, Department of Plant Pathology / UFLA, using three tubers from each clone. Cultivars Agata and clone CBM 9-10 were used as susceptible and resistant controls, respectively. Tubers were inoculated with a 10^8 CFU.mL⁻¹ of bacterial suspension and kept in BOD at 28°C for 72 hours. Diameters, depth and volume of the rotten tissue were measured, and the area and penetrability were estimated. For the reaction of resistance to the stem (blackleg), stems of all plants were measured and inoculated with the same bacterial suspension used in the reaction to soft rot, using three plants from each clone in the complete randomized design. The controls were cultivars Agata and Monte Bonito (susceptible) and cultivars Hansa and Karlena (resistant), besides the clone CBM 9-10 (resistant control to soft rot). After 72 hours was found the percentage of stems with symptoms of the disease in each plant. The results showed no correlation between resistance to Pcc in the tuber and stem. To soft rot, diameter was the best trait to discriminate differences between potato clones. For blackleg, the percentage of affected stems was the best variable to be used as an indication of the resistance of the clones. Clones CLO 01-07, 01-14, 01-44, 01-66, 02-03, 02-11, 02-15, 02-17, 02-21, 02-25, 02-52, 03-02 and 03-64 had high level of resistance to Pcc in the tuber and stem, and were consistently promising in other agronomic traits.

Keywords: *Solanum tuberosum*. *Pectobacterium*. Disease resistance. Breeding. Phytopathogenic bacteria.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Genealogia das famílias avaliadas para resistência a Pcc	36
Tabela 2	Resumo da anava para produção, peso específico e aparência	48
Tabela 3	Produção média, peso específico e aparência de tubérculos.....	49
Tabela 4	Resumo da anava para resistência à podridão mole.....	51
Tabela 5	Resumo da análise de covariância para porcentagem de hastes infectadas	58
Tabela 6	Coefficientes de correlação de Pearson.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	A cultura da batata	14
2.2	Problemas fitossanitários da cultura da batata.....	16
2.3	Bactérias do gênero <i>Pectobacterium</i>	17
2.4	Canela preta e resistência em plantas de batata	19
2.5	Podridão mole e resistência em plantas de batata.....	22
2.6	Métodos de melhoramento em batata	25
2.6.1	Seleção de famílias	26
2.6.2	Seleção clonal.....	27
2.7	Melhoramento genético da batata para resistência à canela preta e podridão mole.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1	Avaliação agrônômica de famílias clonais	33
3.1.1	Características avaliadas.....	35
3.1.2	Análises estatísticas	36
3.2	Reação dos clones a <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (Pcc).....	37
3.2.1	Origem do isolado e teste de patogenicidade	37
3.3	Cultura bacteriana.....	38
3.3.1	Preparo das suspensões	38
3.4	Inoculação de pcc nos tubérculos	39
3.4.1	Medições das lesões	39
3.4.2	Padronização dos dados	40
3.5	Inoculação de pcc nas hastes.....	41
3.5.1	Quantificação das lesões	42
3.6	Análises estatísticas.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Avaliação agrônômica de famílias clonais	45
4.2	Reação dos clones a <i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (Pcc).....	49
4.2.1	Avaliação da resistência a Pcc nos tubérculos.....	49
4.2.2	Avaliação da resistência a Pcc nas hastes	54
4.3	Análise de correlação	58
5	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICES	72

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a hortaliça mais plantada do Brasil, sendo que Minas Gerais é responsável por 30% da produção nacional, rendendo cerca de um milhão de toneladas anuais. Mesmo com esse volume de produção, a produtividade é ainda considerada baixa se comparada com países desenvolvidos. Assim, pesquisas direcionadas aos fatores limitantes da produção são de suma importância para o alcance de níveis sustentáveis. Neste contexto, doenças de etiologia bacteriana, apesar de ocorrerem em números reduzidos em relação a fungos e vírus, se destacam como um dos principais entraves à produção, sendo responsáveis pelos sintomas de murcha, crestamento, cancro, talo oco, mela, podridão mole, canela preta, etc.

Pectobacterium carotovorum (anteriormente, *Erwinia carotovora*) é uma bactéria pectolítica causadora das doenças denominadas canela preta e podridão mole. A primeira corresponde a um enegrecimento da haste na região do colo e descoloração dos vasos. Já a segunda é uma doença do tubérculo caracterizada pelo apodrecimento aquoso dos tecidos e desenvolvimento de um cheiro muito forte e característico. A bactéria tem a sua ocorrência favorecida por altas temperaturas e altas umidades.

O controle da canela preta e da podridão mole é baseado em práticas como rotação de culturas, eliminação de restos culturais, além do uso de tubérculos semente livres de patógenos (GUMESTAD; SECOR, 1993). Devido à gravidade e frequência da ocorrência de diferentes subspecies de *Pectobacterium carotovorum* e da dificuldade de controle químico, a detecção de genótipos de batata resistentes é desejável. Inúmeras variações genotípicas para resistência vêm sendo encontradas entre as cultivares comerciais além das cultivares primitivas de espécies do gênero *Solanum*.

Desta forma, o aumento no nível de resistência a *Pectobacterium carotovorum* é a forma mais plausível de se obter sucesso na redução das perdas causadas pela bactéria na cultura da batata (BRADSHAW et al., 2000). A utilização de variedades resistentes é, atualmente, o método mais eficiente de controle, uma vez que reduz a taxa de infecção das doenças e limita o eventual avanço da epidemia (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 2000).

Segundo Allefs et al. (1996), somente uma resistência parcial a *Pectobacterium carotovorum* vem sendo encontrada dentro do gênero *Solanum* e a quantificação é difícil devido à falta de conhecimento sobre os mecanismos da resistência parcial nos tubérculos e nos tecidos do caule.

Os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar agronomicamente um grupo de famílias clonais advindas de cruzamento entre genótipos com diferentes níveis de resistência a *Petobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* no tubérculo; ii) avaliar um grupo de clones destas famílias quanto à resistência à canela preta e podridão mole.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*) é originária da região dos Andes na América do Sul, onde estão localizados o Peru e a Bolívia (SPOONER et al., 2005, p. 1020). Após sua introdução na Europa, no século XVI, com posterior domesticação, foi trazida ao Brasil por imigrantes europeus no final do século XIX, e seu cultivo iniciou-se no século XX, em hortas familiares.

Atualmente, é cultivada em mais de 120 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas. Sua produção em todo o mundo é de ordem superior a

300 milhões de toneladas, em uma área de mais de 20 milhões de hectares (AGRIANUAL, 2010).

No ano de 2009 a área colhida no Brasil foi de 140,9 mil hectares e a produção foi de 3,4 milhões de toneladas. Isso representa uma produtividade de 24,3 toneladas por hectare, o que confere um aumento de cerca de 30% nos últimos dez anos, compensando a redução de 6 % na área colhida. Tal aumento se deu em função da incorporação de cultivares mais produtivas e resistentes às doenças (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). Entretanto, essa produtividade é ainda muito inferior a que tem sido obtida em países mais desenvolvidos como a Holanda e a França, cuja produtividade média excede 40 toneladas por hectare.

Os principais Estados brasileiros produtores são Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo e Minas Gerais, sendo que este último ocupa o primeiro lugar em produção, com mais de 1 milhão de toneladas em 2009, significando mais de 30% da produção nacional (AGRIANUAL, 2010). O aumento da produtividade em Minas Gerais, nos últimos seis anos, foi cerca de 25%, passando de 23,9 toneladas por hectare em 2002 para 29,2 toneladas por hectare em 2009. O estado de São Paulo apresenta produtividade média de 22,4 toneladas por hectare, seguido pelo Estado do Paraná com 21,4 toneladas por hectare (AGRIANUAL, 2010).

Em Minas Gerais a cultura da batata é uma das maiores geradoras de emprego, nos diferentes elos da cadeia de produção. Existem pelo menos 2.500 produtores, sendo que mais de 70% deles cultivam entre 5 e 10 hectares. A maioria desses produtores não tem acesso a tecnologias modernas e, muitas vezes, são induzidos a utilizar indiscriminadamente produtos para o controle de doenças diversas, nem sempre com a eficácia anunciada, o que onera o custo de

produção e não contribui para o aumento da produtividade, que em geral é menor do que a média estadual. (IBGE, 2010).

No Brasil, a diversidade climática permite que o cultivo da batata seja feito em até três safras distintas durante o ano: a safra das águas ocorre no período de agosto a dezembro e o seu rendimento médio é de, aproximadamente 22,8 t/ha; a da seca, no período de fevereiro a abril com rendimento médio de 25,8 t/ha; e a de inverno, de maio a julho com rendimento médio de 30,4 t/ha (IBGE, 2010).

2.2 Problemas fitossanitários da cultura da batata

O cultivo da batata, durante praticamente todo o ano, aliado à utilização de um grande número de cultivares não adaptadas às divergências climáticas, faz com que a cultura apresente sérios problemas fitossanitários, o que requer que a produção nacional seja intensamente manejada e condicionada à aplicação constante de defensivos agrícolas (BRUNE, 1995). O controle dessas doenças é uma atividade difícil e onerosa, chegando a representar mais de 10% do custo de produção em Minas Gerais (DELEO, 2010).

Apesar do extensivo uso de defensivos, cerca de 20% da produção mundial de batata é perdida anualmente devido à incidência de pragas e doenças (JANSKY; ROUSE, 2003). Tais perdas podem ser causadas por fungos, vírus, bactérias e nematóides, além de distúrbios fisiológicos não transmissíveis. Apesar de serem menos numerosas, as bactérias são responsáveis por grandes perdas na cultura da batata. Apresentam a característica peculiar de serem persistentes, exigindo, quase sempre, um conjunto de medidas culturais, legislativas e sanitárias para serem controladas. Em países de clima tropical como o Brasil, a predominância de temperatura e umidade elevadas na maior

parte do ano favorecem o desenvolvimento de doenças causadas por bactérias, que se tornam mais destruidoras e de difícil controle (BENELLI, 2004).

As principais doenças bacterianas que acometem a cultura da batata são causadas por bactérias de solo, como as do gênero *Pectobacterium*, sendo geralmente transmitidas por meio de batata-semente infectada.

2.3 Bactérias do gênero *Pectobacterium*

O gênero *Pectobacterium* (anteriormente classificado como o gênero *Erwinia*), pertence à família Enterobacteriaceae, na qual se encontram gêneros patogênicos a humanos, como *Salmonella* e espécies modelos em vários estudos, como *Escherichia coli* (BELL et al., 2004). Bactérias do gênero *Pectobacterium* possuem distribuição cosmopolita, sendo encontradas em praticamente todos os solos cultiváveis.

Bactérias do gênero *Pectobacterium* são geralmente encontradas no solo e na superfície das plantas, onde podem infectar as plantas via ferimentos ou aberturas naturais existentes (BAN et al., 2009). São causadoras de várias doenças na cultura da batata, como canela preta, podridão mole e talo oco, além de possuir várias espécies saprófitas. A subespécie *carotovorum* tem ampla distribuição nas zonas temperadas e tropical, podendo sobreviver em diversos ambientes, incluindo solos, rios e lagos, além de possuir uma ampla gama de hospedeiros, provavelmente devido à sua onipresença em ambientes naturais (AVROVA et al., 2002).

Pectobacterium spp. são do tipo gram-negativas, apresentando-se na forma de bastonetes com flagelos do tipo peritíqueos. São as únicas bactérias fitopatogênicas anaeróbicas facultativas. Na reação de oxidase, o resultado é negativo e na catalase, positivo. As bactérias deste gênero produzem ácidos a

partir de açúcares, como glicose, frutose e galactose. Em placas de Petri, as colônias que são formadas apresentam geralmente coloração creme com poucas exceções (UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA, 2005).

Nos processos de infecção e do surgimento dos sintomas de canela preta e podridão mole, estão envolvidas três espécies ou subespécies de *Pectobacterium*, que agem individualmente ou em conjunto no processo infeccioso: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum* (Van Hall) (anteriormente conhecida como *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Van Hall) Gardan et al., 2003) (Pca), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones) Hauben et al. (anteriormente conhecida como *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones, Bergeu, Breed, Harrison, Hammer e Huntoon) (Pcc) e *Dickeya chrysanthemi* (anteriormente conhecida como *Pectobacterium chrysanthemi*) (Burkholder, Dinoche e McFaddeb) (Dch) (PÉROMBELON; KELMAN, 1980). Recentemente, através de análises genéticas e bioquímicas, *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliensis* (Pcb) foi descrita após ter sido encontrada em lavouras de batata no Brasil, sendo capaz de causar sintomas de podridão mole e canela preta (DUARTE, et al., 2004).

Pectobacterium carotovorum subsp. *atrosepticum*, tem sua ocorrência mais restrita a regiões de clima temperado em que as temperaturas variam entre 20°C e 25°C. Esta bactéria foi introduzida no Brasil por meio de batata semente importada da Europa. É um patógeno restrito à cultura da batata (GARDAN, 2003).

Em clima tropical, com a temperatura variando de 28°C a 35°C, predominam as espécies *P. carotovorum* e *P. chrysanthemi* (GARDAN, 2003). Ambas possuem uma ampla gama de hospedeiros, incluindo a batata. Podem

viver de forma epífita ou endófito, nas plantas ou como saprófitas no solo ou em águas subterrâneas (PÉROMBELON, 2002).

Os sintomas típicos de podridão mole no tubérculo causados por *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* são caracterizados por uma degradação da parede celular e lamela média por enzimas pectolíticas excretadas pela bactéria, resultando na maceração dos tecidos e na podridão generalizada da polpa dos tubérculos infectados. No início do apodrecimento, o tecido apresenta coloração clara ou pigmentos de cor creme. Em seguida, surge uma coloração mais escura resultante da oxidação dos tecidos infectados (STEVENSON et al., 2001).

Os sintomas de canela preta se dão através da secreção das mesmas enzimas que atuam na podridão mole, ocorrendo a partir das partes mais baixas da planta, com subsequente ressecamento das folhas, levando a uma descoloração dos vasos e o surgimento de uma coloração marrom escuro na base do caule, seguido pelo escurecimento total da parte externa. Com a intensificação dos sintomas da doença, ocorre necrose interna dos vasos, deixando a haste oca (MERWE et al., 2010). Em todos os órgãos atacados, os tecidos ficam encharcados, seguido de podridão devido à destruição da lamela média e à perda de água pelas mesmas (TOKESHI; BERGAMIN, 1980).

2.4 Canela preta e resistência em plantas de batata

A canela preta é uma doença transmitida pela batata semente, causando graves perdas econômicas na produção. Seus sintomas são causados principalmente por Pcc, Pca e Dch, sendo que os sintomas causados pelos três patógenos são semelhantes (DE HAAN et al., 2008).

Trabalhos relacionados à resistência a *P. carotovorum*, são realizados com base em ferramentas e estratégias efetivas. Em geral, ocorre um déficit no

conhecimento da ecologia do patógeno nos hospedeiros. Não se sabe ao certo como *Pectobacterium spp* é introduzida em tubérculos de batata semente em crescimentos iniciais livres de patógenos em seleções clonais advindas de material *in vitro* (CZAJKOWSKI et al. 2009).

Segundo Pérombelon e Kelman (1980), bactérias do gênero *Pectobacterium* são capazes de se espalhar superficialmente via águas pluviais através de partículas sólidas dispersas no vapor d'água, além da transmissão por insetos.

A variação nos sintomas da canela preta depende da concentração bacteriana inicial nos tubérculos semente, da suscetibilidade da cultivar de batata e das condições ambientais, particularmente temperatura e umidade do solo (PÉROMBELON, 2002). Trabalhos utilizando batata semente inoculada a vácuo com Pca mostraram que uma baixa concentração da bactéria, com cerca de 10^3 unidades formadoras de colônia por mL ($UFC.mL^{-1}$), foi suficiente para o desenvolvimento de canela preta e podridão mole em plantas de batata no campo (BAIN; PÉROMBELON, 1990).

No campo não é comum a ocorrência de condições ótimas para desenvolvimento da doença todos os anos, embora a utilização de irrigações possa contribuir para o aumento da incidência dessa doença (LAPWOOD; GANS, 1984).

Vários métodos visando à redução da população do patógeno em tubérculos infectados foram testados por Robinson e Foster (1987). Dentre estes destacam-se o tratamento com água quente; o uso de bactericidas, como Estreptomicina (GRAHAN; VOLCANI, 1961), e compostos a base de cobre (AYSAN et al., 2003). Porém nenhum desses métodos resultou na erradicação dos sintomas da doença.

A utilização de métodos físicos, químicos ou biológicos para o controle da canela preta e podridão mole resulta na diminuição, mas nunca na completa eliminação da doença (PÉROMBELON; SALMOND, 1995). Portanto, ainda há a necessidade de testes efetivos para eliminar lotes de batata semente contaminadas no sistema de produção.

Muitos dos testes utilizados para detectar contaminação em lotes de batata semente são geralmente de baixa especificidade e sensibilidade, além de encarecerem o processo. Portanto, a produção de batata semente livre de patógenos é uma das mais importantes estratégias para controlar a expansão da *P. carotovorum*, aliada à utilização ou obtenção de cultivares com algum grau de resistência a esse patógeno.

Um dos métodos para reduzir a contaminação de tubérculos no campo com *P. carotovorum* seria a restrição do número de gerações da cultura da batata no campo aliado a aplicação de produtos para desinfetar equipamentos mecânicos utilizados nos procedimentos culturais, além do tratamento químico de tubérculos (PÉROMBELON, 2002). Além disso, plantios mais adensados, adubação adequada e controle da água de irrigação ajudam na redução da doença no campo.

No caso da resistência, a complexidade da resistência parcial pode ser simplificada pela identificação dos diferentes componentes da resistência, sendo mais eficiente a seleção de clones considerados superiores por possuírem esses componentes que são mais importantes para a resistência sob condições de campo. Gans et al., (1991) comentam que testes para canela preta utilizando a inoculação artificial de tubérculos e hastes, visando a coleta de dados se apresentam de acordo com a resistência sob condições de campo.

Segundo dados de Hamester e Hills (1999), as cultivares Ágata e Monte Bonito estão classificadas dentre as suscetíveis aos sintomas de canela preta, enquanto as cultivares Hansa e Karlena são classificadas como resistentes.

2.5 Podridão mole e resistência em plantas de batata

Quando tecidos de tubérculos feridos entram em contato com *P. carotovorum*, se desintegram pela ação das enzimas pectolíticas e são gerados os sintomas de apodrecimento e desintegração típicos de podridão mole. Esta doença pode ser responsável por perdas significativas na safra de sementes e produção de batata para consumo e batata-semente, tanto no campo como durante o armazenamento (PÉROMBELON, 1992).

No campo, as condições favoráveis para o surgimento dos sintomas de podridão mole, se dão quando as plantas estão sob estresse devido a baixa aeração do solo, altas temperaturas ou alta umidade relativa do ar (FUNNEL; MACKAY, 1999; WRIGHT; BURGE, 2000).

Uma vez na planta, as bactérias se multiplicam até o alcance de uma densidade celular entre 10^7 e 10^8 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) ml^{-1} , e a partir daí, o processo de decomposição é iniciado nos tubérculos, podendo posteriormente migrar para as hastes das plantas através do sistema vascular. Da parte aérea da planta, estas bactérias também podem migrar no sentido contrário, indo na região dos tubérculos através dos feixes vasculares, causando o apodrecimento de tubérculos recém formados. Dependendo da concentração bacteriana e da taxa de multiplicação, os sintomas são expressos imediatamente ou as bactérias podem ficar quiescentes no solo de modo a causar a doença na safra seguinte. Assim, o meio mais importante de disseminação do inóculo é a

movimentação de tubérculos com infecção latente (CZAJKOWSKI et al., 2009; LAURILA et al., 2008; PÉROMBELON; KELMAN, 1987).

Na pós-colheita, em condições de umidade e temperatura favoráveis, ocorre uma rápida deterioração dos tubérculos, levando a uma diminuição considerável no tempo de armazenamento (PAIVA, 1997). A doença é capaz de se espalhar rapidamente por meio de contato entre tubérculos infectados e saudáveis, levando a perdas antes e após a classificação (PÉROMBELON et al., 1988; WASTIE et al., 1994; ZINK; SECOR, 1982).

A suscetibilidade das cultivares de batata a Pcc depende da concentração do inóculo, da temperatura, da cultivar, da idade fisiológica do tubérculo e do intervalo entre a lesão e a inoculação (BAINS et al., 1999). A elevação dos teores de cálcio nos tubérculos através da aplicação deste elemento em solos deficientes aumenta a resistência à podridão mole, em virtude da formação do complexo cálcio-pectina, tornando os tubérculos mais resistentes à ação das enzimas pectolíticas (WALTERS; COLLINS, 1995).

Substâncias produzidas na presença de oxigênio como o complexo polímeros cutina, lignina e suberina da parede celular, atuam como limitadores físicos e os compostos fenólicos, os salicilatos e as fitoalexinas como limitadores químicos à multiplicação bacteriana nos tubérculos. Tais substâncias são tóxicas à bactéria e dificultam a ação das enzimas secretadas pelas pectobactérias, constituindo-se em fatores envolvidos na resistência de tubérculos à podridão mole.

A resistência à podridão mole, medida com base na resistência dos tubérculos à maceração dos tecidos pode ter algumas desvantagens, uma vez que ignora a periderme, que pode ser uma barreira à entrada das bactérias (PASCO et. al., 2006). No entanto, Tzeng et al. (1990) concluíram que a imersão de tubérculos colhidos mecanicamente, em suspensão de Pca resultou

na mesma classificação dos clones quanto à suscetibilidade. O mesmo resultado foi observado quando se fez a injeção da suspensão bacteriana com seringa nos tubérculos. Isto sugere que a periderme não desempenha um papel importante na determinação da resistência à podridão mole dos tubérculos.

Pasco et al. (2006) trabalhando com a avaliação da suscetibilidade de dois conjuntos de genótipos de batata francesa, sendo um de cultivares registradas e outro de cultivares candidatas a registro, observaram claramente a existência de uma gama muito ampla de suscetibilidade à podridão mole. Embora ocorra esta variação quanto à suscetibilidade, poucas cultivares comuns na América do Norte e Europa são consideradas resistentes. De acordo com Benelli et al. (2004), no Brasil não há registro de cultivares resistentes à podridão mole incitada por pectobactérias.

Para suprir a ausência de cultivares resistentes, tem sido observado o uso desordenado de defensivos na cultura da batata, o que tem provocado contaminações dos tubérculos, dos trabalhadores rurais e principalmente, do ambiente. Para o controle de bactérias do gênero *Pectobacterium*, geralmente utilizam-se antibióticos associados ou não com fungicidas cúpricos (PAIVA, 1997). Entretanto, o controle químico além de dispendioso tem se apresentado ineficiente.

Uma vez que os antibióticos nem sempre são eficazes para efeitos de proteção das culturas no campo, o controle químico da podridão mole bacteriana em batata não é possível. O manejo da doença, portanto, baseia-se em medidas profiláticas, tais como certificação de batata-semente, e medidas que visam à limpeza e o saneamento, que nem sempre são suficientes quando outras fontes de inóculo, como água de irrigação e solo contaminados, por exemplo, estão presentes e as condições climáticas são favoráveis. Sendo assim,

o melhoramento para resistência à podridão mole em batata tem sido realizado nas últimas décadas (PASCO et al., 2006).

Assis (2007) verificando a reação à podridão mole de clones do Programa de Melhoramento Genético da Batata da Universidade Federal de Lavras, observou maior resistência no clone CBM 9-10. Por outro lado, de acordo com Hamester e Hills (1999), a cultivar Ágata é classificada como altamente suscetível aos sintomas de tal doença.

2.6 Métodos de melhoramento em batata

A batata cultivada pode se reproduzir de maneira assexuada ou sexuada. Quando a reprodução é do tipo sexuada, ocorre a produção de sementes verdadeiras (botânicas). Tais sementes são mais utilizadas em programas de melhoramento devido às possíveis variações genéticas que levam a desuniformidade de produção de tubérculos no campo. Assexuadamente, a batata se multiplica por meio de propágulos vegetativos (hastes, brotos, estolões, tubérculos, etc.) e outros métodos relacionados à cultura de tecidos (segmentos, protoplastos, etc.), sendo que a utilização de tubérculos é a forma mais utilizada na produção comercial de batata para consumo. No Brasil, como na maioria dos países produtores, a batata é propagada exclusivamente pelo plantio de batata semente (obtida assexuadamente).

A reprodução sexuada de batata gera progênies que segregam amplamente para várias características. As plântulas oriundas de sementes botânicas produzem tubérculos denominados de Seedling ou plântula. Cada plântula representa um clone, ou seja, uma cultivar em potencial (SOUZA, 1999).

O cruzamento de duas cultivares ou clones é, normalmente, o passo inicial em um programa de melhoramento genético de batata, originando, assim, as famílias que serão utilizadas. Estima-se que em países de clima temperado, seja necessário avaliar de 100 a 200 mil novos clones para o lançamento de uma cultivar (MACKAY, 1987).

Para minimizar o número de avaliações e o tempo gasto nos ensaios, diversas propostas têm sido sugeridas no melhoramento de batata. Simmonds (1996) comenta que os programas de melhoramento de plantas podem utilizar a seleção de famílias e, posteriormente, a seleção dos melhores clones dentro das famílias selecionadas.

2.6.1 Seleção de famílias

Família clonal é o conjunto de irmãos germanos resultantes do cruzamento biparental entre cultivares ou clones. Neste tipo de seleção, considera-se a média das famílias ou da progênie como um fator para selecioná-la, sem levar em consideração a informação individual de clones.

Diversos autores relatam em trabalhos conduzidos com variadas culturas, que em gerações iniciais, a seleção entre famílias é mais eficiente que a seleção dentro de famílias (CEDILLO et al., 2008; KIMBENG; COX, 2003;). Na avaliação de famílias é possível a condução dos experimentos em vários ambientes, em estágios iniciais do melhoramento, ao contrário de clones individuais que apresentam número limitado de tubérculos sementes (SIMON, 2005). Benavente (2010) verificou maior eficiência na seleção de famílias em gerações iniciais sobre a seleção clonal individual para peso específico e produtividade.

Para avaliação de famílias os ensaios devem ser realizados com repetições em presença de cultivares padrões (testemunhas) e dispor de clones que representem de fato o valor da respectiva família. É interessante que os ensaios sejam conduzidos em diferentes locais e safras, para minimizar os efeitos da interação genótipos x ambientes e permitir a identificação das melhores famílias (DINIZ, 2002).

Essa é uma preocupação que deve sempre existir quando se faz seleção visando maior tolerância ou resistência a determinada doença, por se tratar de uma característica fortemente influenciada pelo ambiente. No caso da Pcc, que apresenta distribuição cosmopolita, os efeitos da interação genótipos x ambientes podem mascarar a escolha das famílias resistentes (ASSIS, 2007).

2.6.2 Seleção clonal

A seleção clonal é uma prática seqüencial à seleção de famílias. Plantas individuais são selecionadas e clonadas para posterior avaliação em parcelas de várias plantas ou com repetições. Ocorre o avanço até a 2ª ou 3ª geração clonal, nas quais os clones indesejáveis são eliminados e ocorre a seleção dos genótipos superiores, para caracteres de interesse como resistência a doenças, que são muito influenciados pelo ambiente (SOUZA, 1999).

A seleção de clones oriundos de famílias segregantes em gerações iniciais, geralmente possui eficiência reduzida para caracteres agrônômicos (ABBOTT, 1986; CALIGARI; BROWN; MARTIN, 1984). Dentre as causas dessa baixa eficiência, está o fato das plântulas desenvolvidas em vasos sob ambiente controlado não exibirem características indesejáveis que naturalmente ocorreriam no campo, sendo em baixo número os caracteres bem definidos para servirem como critério de seleção (BROWN et al., 1984; ROWEL et al., 1986).

Doenças que ocorrem normalmente em condições de campo não se expressam da mesma forma em condições controladas, prejudicando o processo de seleção de clones resistentes.

Outro fato prejudicial à seleção nas gerações iniciais se deve ao tamanho da população base. A quantidade reduzida de tubérculos sementes para a composição de um tamanho ideal de parcela e número de repetições torna-se um entrave para este tipo de seleção. A população inicial deve ter um número elevado de clones para aumentar a probabilidade de o genótipo superior estar presente nesta população (MACKAY, 1987). Uma alternativa à redução deste número é a inoculação dos clones com o patógeno ao qual se deseja avaliar a resistência (DENARDI; CAMILO, 1998). Porém, muitas vezes a resistência na fase de *seedling* não é relacionada com a resistência apresentada na fase adulta, como ocorre com *Phytophthora fragaria*, patógeno causador da podridão de *Phytophthora* em morango (SIMPSON; BEECH, 1987).

Assim, a seleção de famílias pode ser uma alternativa à seleção clonal de plantas individuais (seleção massal), embora não seja muito considerada no melhoramento (SIMONDS, 1996). No entanto, segundo Bradshaw et al. (1998), a seleção dentro de famílias pode ser realizada com eficiência, já na primeira geração clonal.

2.7 Melhoramento genético da batata para resistência à canela preta e podridão mole

A resistência genética é um dos melhores métodos para o controle da canela preta nas hastes e da podridão mole bacteriana em tubérculos de batata. No entanto, a literatura apresenta apenas relatos dispersos e uma extensa descrição dos níveis de resistência em cultivares atualmente registradas não está disponível (PASCO et al., 2006).

O surgimento da canela preta no caule de batata vem acompanhado do processo de podridão mole causados pela bactéria, ocorrendo um apodrecimento inicial do tubérculo mãe. A velocidade do processo de putrefação nos tecidos do tubérculo e do caule é a mesma, o que pode ser considerado um componente da resistência. O ranking relativo das cultivares, geralmente difere nos testes entre resistência a canela preta e podridão mole. No entanto, a taxa na qual a podridão no tubérculo mãe avança pode afetar a incidência de canela preta (ALLEFS et al., 1995).

A seleção para resistência a *Pectobacterium* spp em cultivares de batata, alcança atualmente somente a resistência parcial, não havendo como resultado cultivares completamente resistentes (LAPWOOD et al., 1984; LAPWOOD e REED, 1986). Essa resistência parcial tem sido muitas vezes considerada um grande obstáculo à utilização eficaz de cultivares resistentes para controle da podridão mole, já que estas, muitas vezes, apresentam desempenho insuficiente, tornando uma dificuldade em programas de melhoramento (ALLEFS et al., 1995; HELGESON et al., 1993; LYON, 1989; ROUSELLE-BOURGEOIS; PRIOU, 1995). Desta forma, essa baixa resistência a *Pectobacterium* spp. em batata tem despertado o interesse no desenvolvimento de cultivares resistentes.

Na França, cultivares desenvolvidas a partir de meados da década de 1980 apresentam-se mais resistentes à podridão mole em relação a cultivares mais antigas. Isto se deve ao fato da descoberta das técnicas de avaliação de genótipos quanto à resistência à podridão mole desenvolvidas nesta década (PASCO et al., 2006). Além disso, esforços contínuos têm sido feitos para gerar linhagens parentais que combinem altos níveis de resistência (introgressão de parentais selvagens de *S. tuberosum*) e qualidade agrônômica.

Fontes de resistência estão presentes em tubérculos de várias espécies do gênero *Solanum* (ALLEFS et al., 1995; HELGESON et al., 1993;

ROUSELLE-BOURGEOIS; PRIOU, 1995), que foram exploradas em programas de melhoramento. Um exemplo é a espécie *Solanum chacoense*, que possui alto teor de matéria seca nos tubérculos, tolerância a baixas temperaturas e a seca, além de resistência às pragas e doenças (ANDRADE et al., 1998).

A introgressão de genes de resistência, presentes em genótipos selvagens, em cultivares comerciais se torna, no entanto, difícil por causa da incompatibilidade dessas cultivares selvagens com *Solanum tuberosum*, da herança complexa e da ligação desses genes com eventuais caracteres indesejáveis do genitor resistente (AHMET et al., 2004; MCGRATH et al., 2002).

Um dos desafios do melhoramento da batata, no entanto, é combinar em um único indivíduo resistência a doenças e bons caracteres agrônômicos. Lebecka et al. (2004) trabalhando com 173 clones quanto à resistência a *Pectobacterium*, observaram que apenas 12 (6,9%), combinaram alta resistência à podridão mole com bom rendimento, elevado peso do tubérculo, formato adequado do tubérculo, além de boas características culinárias. Assim, é relatado que a resistência à podridão mole não tem relação com caracteres agrônômicos como rendimento médio de tubérculos, peso e aparência. Esta falta de correlação permite que programas de melhoramento possam combinar alta resistência com boas características agrônômicas. A falta de tal correlação foi observado também por De Maine et al. (1998) com uma família de *S. phureja* adaptada às condições de dias longos.

Inúmeros exemplos demonstram o potencial da hibridação somática, que pode ser utilizada em programas de melhoramento genético para obter um material de reprodução intermediário com genes de introgressão entre espécies altamente divergentes. No entanto, a utilização de híbridos somáticos depende da compatibilidade entre as espécies selvagens e comerciais, a fim de transmitir

características desejáveis e eliminar as indesejáveis advindas do genitor selvagem, a partir das variedades derivadas (GUO, 2010).

Uma alternativa para contornar a incompatibilidade entre genitores selvagens e a batata comercial é a hibridação somática com a fusão de protoplastos de duas espécies, que vem sendo utilizada por melhoristas de várias espécies vegetais (BINSFELD et al., 2001; LAFERRIERE et al., 1999; PATRA et al., 2001; PUITE et al., 1986; THIEME et al., 2008). Hegelson et al. (1993) produziram híbridos interespecíficos hexaplóides, por meio da fusão de protoplastos, em diversas combinações de *Solanum brevidens* ($2n=2x=24$) e *Solanum tuberosum* ($2n=4x=48$). Alguns híbridos expressaram resistência à *Phytophthora infestans* e *Pectoaacterium* spp., de modo que os autores concluíram que tais híbridos poderiam ser utilizados como fontes de germoplasma para os melhoristas.

A variação genética existente entre as cultivares de *S. tuberosum* para resistência a podridão mole já foi demonstrada em diversos trabalhos (GANS, 1984; HOSSAIN; LOGAN, 1983; LAPWOOD; RABOT et al., 1994; WASTIE et al., 1988;). No entanto, somente uma variação quantitativa foi observada, sugerindo que a resistência à podridão mole é principalmente do tipo poligênica não-específica (LYON, 1989).

O mapeamento de locos para caracteres quantitativos (QTL) para resistência a Pca foi feito em híbridos interespecíficos de *Solanum tuberosum* com as espécies selvagens *S. chacoense* e *S. yungasense*. Para a população F1 híbrida, foi construído um mapa, baseado em marcadores AFLP e RFLP, que revelou a existência de locos afetando a resistência a Pca em todos os 12 cromossomos da batata. O maior QTL e de maior efeito na resistência foi mapeado no cromossomo I (GEBHARDT, 2001).

No programa de melhoramento genético da Universidade Federal de Lavras, Silva et al. (2003) e Assis (2007) mensuraram o padrão de resistência de alguns clones à podridão mole dos tubérculos. Dentre esses clones, o CBM 9-10 se encontra entre os que apresentaram menores médias para as variáveis área lesionada, diâmetro, profundidade e volume da lesão provocados pela bactéria, o que demonstra maior nível de resistência à doença.

O melhoramento populacional conduzido no Centro Internacional de La Papa (CIP), no Peru, obteve vários clones com resistência a diversos patógenos, sendo que um dos métodos utilizados foi a hibridação de uma espécie tetraplóide ($2n=4x=48$) como a *S. tuberosum* com uma espécie diplóide ($2n=2x=24$) como a *S. phureja*, cujos tubérculos apresentam alto teor de proteína e matéria seca e tem sido utilizada como fonte de resistência a algumas doenças e pragas (ORTIZ et al., 1994). A resistência a Pcc também poderia ser obtida com tal tipo de hibridação.

Uma estratégia do melhoramento populacional para manter uma ampla variabilidade genética, aliada ao aumento na frequência dos alelos favoráveis, é a aplicação de ciclos de seleção recorrente com testes de progênie (MENDONZA, 1990). Tal método proporciona uma melhor utilização de fontes de resistência e sucessivos ganhos de seleção. Da mesma maneira, esta ferramenta poderia ser aplicada para seleção de clones de batata resistentes a Pcc.

Fontes de resistência duráveis, encontradas por meio de isolados apropriados do patógeno, associados a um maior entendimento desta resistência, são pré requisitos necessários a um programa de melhoramento de sucesso, visando resistência a Pcc. Identificar clones resistentes a Pcc, com caracteres agrônômicos desejáveis e adaptados às condições do Sul de Minas Gerais, é de suma importância (ASSIS, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas avaliações agronômicas e de reação a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc) em clones de batata na primeira geração clonal obtidos na safra de 2010. O objetivo foi avaliar a resistência dos clones quanto à ação da Pcc atuando nos tubérculos (podridão mole) e na haste (canela preta), bem como as características de produção.

3.1 Avaliação agronômica de famílias clonais

Clones do programa de melhoramento genético da batata da Universidade Federal de Lavras foram inter cruzados para obtenção das progênies avaliadas neste estudo. Os cruzamentos foram realizados visando resistência a *P. carotovorum*. Os clones parentais considerados resistentes a Pcc foram selecionados a partir do trabalho realizado por Assis (2007) (Tabela 1). Sementes botânicas de sete famílias clonais resultantes destes cruzamentos foram plantadas em bandejas de isopor na casa de vegetação do Departamento de Biologia da UFLA.

Quando se apresentaram ligeiramente desenvolvidas, 120 plântulas de cada família foram transplantadas para vasos individuais, nos quais permaneceram até o final do ciclo. De cada cultivar em potencial (clone), apenas um tubérculo foi colhido. Em razão das perdas de algumas plântulas transplantadas, oitenta clones de cada família foram selecionados ao acaso para compor o experimento de campo. Os tubérculos ficaram conservados em câmara frigorífica, a 4°C e 85% de umidade relativa do ar durante 30 dias. Dois meses antes da instalação do experimento, os tubérculos foram colocados em condição ambiente para induzir a brotação espontânea.

O experimento foi instalado em uma área de produção comercial de batata consumo, localizada a 22°21' de latitude Sul, 45°52' de longitude Oeste e uma altitude de 880 metros, no município de Pouso Alegre, MG. O experimento foi conduzido durante a safra da seca (no período de fevereiro a junho de 2010).

O solo foi preparado com aração e gradagem. A seguir a área foi sulcada, colocando-se nos sulcos de plantio adubação correspondente a 3000 Kg/ha do formulado comercial 4-14-8 (N, P₂O₅, K₂O). Aos 40 dias após o plantio, na ocasião da amontoa, foi realizada adubação de cobertura com 300 Kg/ha do formulado comercial 20-00-20 (N, P₂O₅, K₂O).

O controle de plantas daninhas, insetos pragas, doenças e demais tratamentos culturais foram realizados conforme a produção comercial de batata no estado de Minas Gerais. As irrigações seguiram um turno de rega semanal desde o plantio, sendo suspensas uma semana antes da colheita do experimento.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com nove tratamentos (sete famílias clonais e duas testemunhas), com parcelas constituídas de dez plantas espaçadas de 0,50 m x 0,80 m, com oito repetições. As testemunhas utilizadas foram as cultivares Ágata e Atlantic, que são comercialmente utilizadas, apresentando baixo e alto teores de matéria seca, respectivamente.

A colheita e avaliação de produtividade e peso específico se deram em nível de plantas individuais, dentro de cada parcela.

Tabela 1 Genealogia das famílias avaliadas agronomicamente e para resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*

Pedigree	Clones	Progênie
JUG 5-25 x RVS 6-37	80	CLO 1
CBM 22-19 x CBM 9-10	80	CLO 2
JUG 5-25 x CBM 22-19	80	CLO 3
RVS 6-37 x CBM 22-19	80	CLO 4
CBM 3-26 x RVS 6-37	80	CLO 5
RVS 6-37 x RVS 24-07	80	CLO 6
JUG 1-63 x RVS 6-37	80	CLO 7

3.1.1 Características avaliadas

- a) Produção total de tubérculos (g/planta);
- b) Produção total da repetição: somatório do peso total de cada planta da parcela;
- c) Peso específico de tubérculos: obtido em balança hidrostática.

$$\text{Peso específico de tubérculos} = \frac{\text{peso no ar}}{(\text{peso no ar} - \text{peso na água})}$$
- d) Nota de aparência dos tubérculos: nota média atribuída por dois avaliadores, levando em consideração formato, aspereza da pele, profundidade de olhos ou gemas, variando de um (tubérculos com má aparência), a cinco (tubérculos com ótima aparência).

3.1.2 Análises estatísticas

As características avaliadas foram submetidas a uma análise de variância, segundo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + f_i + b_j + e_{(ij)} + d_{(ij)k}$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado referente à parcela i , no bloco j ;

μ = média geral;

f_i = efeito da família i , sendo i ($i= 1,2,3,\dots,9$);

b_j = efeito do bloco j ($j= 1,2,\dots,8$);

$e_{(ij)}$ = efeito do erro experimental no nível da parcela que recebeu o tratamento i , no bloco j , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 ;

$d_{(ij)k}$ = efeito da planta k dentro da parcela ij , sendo k ($k = 1,2,3,\dots, 720$)

A comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Scott & Knott (1974).

Foram estimadas as variâncias genéticas (σ_g^2), fenotípicas ($\sigma_g^2 + \sigma_e^2$) e ambientais (σ_e^2), a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), os coeficientes de variação genética, ambiental e o índice b e, ainda a correlação fenotípica entre as características avaliadas.

As análises de variância e os parâmetros genéticos foram estimados utilizando-se o programa computacional Genes.

3.2 Reação dos clones a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc)

Para reação aos sintomas de podridão mole e canela preta, foram avaliados 125 clones previamente selecionados na avaliação do experimento de famílias clonais, que apresentavam peso específico superior ou igual a 1,08 e/ou nota média de aparência maior ou igual a 3.

3.2.1 Origem do isolado e teste de patogenicidade

Na primeira repetição do experimento de reação à podridão mole foi empregado um isolado de Pcc advindo de tubérculos de batata recolhidos no comércio de Lavras, apresentando sintomas típicos de podridão mole. A partir da segunda repetição, bem como nos ensaios de canela preta, empregou-se um isolado de Pcc oriundo de uma abóbora também recolhida no comércio de Lavras e apresentando os mesmos sintomas de podridão mole, visto que ocorreu a perda da patogenicidade do primeiro isolado.

Para o teste de patogenicidade, utilizou-se a cultivar Ágata, sob condições controladas de laboratório, conforme se segue:

a) inoculação em tubérculo sadio utilizando-se uma agulha estéril, a partir do tecido apodrecido, seguido por 24 horas de incubação, sob câmara úmida, em BOD a 28°C;

b) observação dos sintomas: o tubérculo inoculado apresentou os mesmos sintomas da batata ou abóbora apodrecidos, sendo a bactéria então isolada com uma alça de platina flambada e levada para uma placa de Petri contendo o meio 523 de Kado e Heskett (1970);

c) após 24 horas, as colônias típicas de *P. carotovorum* foram isoladas e transportadas para tubos de ensaio contendo o mesmo meio, no qual

permaneceram armazenadas durante todo o período experimental, tomando-se o cuidado de repicar a bactéria em tubérculos de batata sadios antes de cada bateria experimental, repetindo todo o processo para evitar a perda de patogenicidade da bactéria.

3.3 Cultura bacteriana

A bactéria foi cultivada em meio 523 de Kado e Heskett (1970), em placas de Petri. Esse meio é rotineiramente utilizado para isolamento, cultivo e manutenção de bactérias fitopatogênicas no Laboratório de Bacteriologia da UFLA.

3.3.1 Preparo das suspensões

No preparo das suspensões, utilizou-se água destilada e esterilizada em cada tubo contendo as colônias bacterianas. O tubo foi agitado em um agitador de tubos do tipo “vortex” para que as colônias ficassem bem diluídas. Dessa suspensão, uma alíquota de 100 µL foi repicada com micropipeta para o meio 523 e espalhados com alça de Drigalski.

Após 24 horas, as colônias estavam prontas para o preparo da suspensão bacteriana, de modo a ser usada para inoculação nos tubérculos para avaliação dos sintomas de podridão mole, bem como nas hastes das plantas para avaliação dos sintomas de canela preta. As suspensões bacterianas foram preparadas e ajustadas para densidade ótica de $A_{580} = 1,9$ em espectrofotômetro, equivalente à concentração entre 10^8 e 10^{10} unidades formadoras de colônias (UFC's) por mL.

3.4 Inoculação de Pcc nos tubérculos

Os trabalhos de inoculação nos tubérculos se deram no Laboratório de Bacteriologia da UFLA. Antes, porém, os tubérculos foram lavados com água e sabão neutro e desinfetados com hipoclorito de sódio 2%. Em seguida os tubérculos foram mergulhados em água destilada e esterilizada para retirar o excesso de hipoclorito. Em cada tubérculo foram feitos dois perfuros, em posições opostas, com ponteira estéril de 0,5 cm de diâmetro. Cada perfuro com 1,5 cm de profundidade foi feito em um ângulo de 45° em relação à superfície do tubérculo visando evitar a penetração do anel vascular, retirando-se todo o tecido existente. Em cada orifício foram depositados 50µl da suspensão bacteriana.

Após a inoculação os orifícios foram selados com vaselina. Os tubérculos de cada clone foram distribuídos em bandejas plásticas, no delineamento inteiramente casualizado. Nos espaços existentes entre os tubérculos nas bandejas, foram depositados chumaços de algodão embebidos em água para manutenção do ambiente úmido. Cada bandeja foi protegida com um saco plástico para conservar a umidade e permaneceram em BOD, por 72 horas, à temperatura de 28°C.

Para cada clone foram utilizados três tubérculos, que representaram três repetições. As testemunhas foram a cultivar Ágata (testemunha suscetível) e o clone CBM 9-10 (testemunha resistente).

3.4.1 Medições das lesões

Após 72 horas da inoculação, foram tomadas medidas dos diâmetros (*D*) e das profundidades (*P*) das lesões, utilizando-se um paquímetro. O volume foi determinado empregando-se uma pipeta graduada. A partir dos dados de

diâmetro e profundidade foi estimada a penetrabilidade (δ) das lesões, através da expressão modificada de Lapwood et al. (1984):

$$\delta = \frac{\frac{D - 0,5}{2} + (P - 1,5)}{2}$$

3.4.2 Padronização dos dados

Os dados de cada variável foram padronizados através do índice Z conforme expressão a seguir.

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma} + 3$$

em que:

Z : índice de padronização dos dados

X_i : cada valor individual dos caracteres

μ : média do caráter

σ : desvio padrão dos dados

3: constante

Assim, foi feito o somatório das médias padronizadas em Z de diâmetro, profundidade, volume, penetrabilidade e área, de modo a ser possível verificar o comportamento dos clones com base em todos os caracteres, simultaneamente.

3.5 Inoculação de Pcc nas hastes

Três tubérculos de cada clone, após a brotação estar completada, foram plantados em vasos individuais com capacidade de 3 Kg, contendo substrato organomineral. Foram utilizadas, portanto, três plantas de cada clone, que representaram três repetições no delineamento inteiramente casualizado. Aos 25 dias após a emergência, as hastes de todas as plantas foram contadas. Vinte e quatro horas antes do início do processo de inoculação, as plantas foram colocadas no interior das câmaras de nevoeiro do Departamento de Biologia da UFLA, sob temperatura de 24°C e 100 % de umidade relativa do ar.

O processo de inoculação foi segundo Allefs (1996) e consistiu na inserção de uma linha de algodão de 6 cm de comprimento, com uma agulha no meio de cada uma das hastes das plantas, cerca de dois centímetros acima do nível do solo. A extremidade oposta da linha foi imersa em um tubo tipo eppendorf de 1,5 mL contendo o mesmo volume da suspensão bacteriana, sendo o mesmo em seguida fixado no substrato na base do caule.

Após a inoculação, as plantas foram mantidas nas câmaras de nevoeiro por 72 horas, sendo em seguida, transferidas para a casa de vegetação do departamento de biologia, onde permaneceram por mais 72 horas.

Foram utilizadas três plantas de cada clone, que representaram três repetições. As testemunhas foram as cultivares Ágata e Monte Bonito (testemunhas suscetíveis) e as cultivares Hansa e Karlena (testemunhas resistentes). Neste caso, também foi avaliado o comportamento do clone CBM 9-10, que se apresenta resistente à ação da Pcc no tubérculo.

3.5.1 Quantificação das lesões

Após 72 horas dentro da câmara de nevoeiro, foram tomados os números de hastes com os sintomas de canela preta em cada uma das plantas, bem como 72 horas após as plantas serem transferidas para a casa de vegetação. Não foi possível medir as lesões, devido à grande agressividade que o patógeno manifestou nas hastes das plantas, fazendo com que as mesmas ficassem totalmente comprometidas, uma vez que a doença se manifestasse.

Assim, foram estimadas as porcentagens de hastes infectadas em cada uma das plantas com 72 e 144 horas após a inoculação, conforme a seguinte expressão:

$$P = \frac{F}{T} \times 100$$

em que:

P : porcentagem de plantas infectadas

F : número de hastes infectadas

T : número total de hastes inoculadas

3.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos nas inoculações com podridão mole foram submetidos à análise de variância com base no seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{(ij)}$$

em que:

Y_{ij} = valor observado referente ao genótipo i , dentro da repetição j ;

μ = média geral;

t_i = efeito aleatório do clone i ($i=1,2,3,\dots,132$)

$e_{(ij)}$ = efeito aleatório do erro experimental da parcela que recebeu o clone i dentro da repetição j , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 .

Para os dados obtidos nas inoculações com canela preta, aplicou-se uma análise de covariância conforme o seguinte modelo estatístico, uma vez que não foi possível controlar o número de hastes entre os clones e as repetições antes da inoculação.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b(x_{ij} - \bar{x}) + e_{(ij)}$$

em que:

Y_{ij} = valor observado referente ao genótipo i , dentro da repetição j ;

μ = média geral;

t_i = efeito aleatório do clone i ($i=1,2,3,\dots,132$)

b = coeficiente de regressão linear entre número de hastes e porcentagem de hastes infectadas.

x_{ij} = número de hastes antes da inoculação para cada planta.

\bar{x} = número médio de hastes das plantas.

$e_{(ij)}$ = efeito aleatório do erro experimental da parcela que recebeu o clone i dentro da repetição j , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ_e^2 .

Para a comparação das médias dos tratamentos, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Scott e Knott (1974).

A partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância, foram estimadas as variâncias genéticas (σ_g^2), fenotípicas ($\sigma_g^2 + \sigma_e^2$) e ambientais (σ_e^2). A herdabilidade no sentido amplo (h_a^2), para cada característica, foi estimada de acordo com o procedimento de Vencovsky e Barriga (1992), através da seguinte expressão:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \sigma_e^2)} \times 100$$

Os coeficientes de variação genética, ambiental e o índice b (relação CV_g/CV_e), para as características avaliadas, foram estimados a partir das expressões a seguir:

$$CV_g (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\mu} \times 100$$

$$CV_e (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\mu} \times 100$$

em que:

CV_g = coeficiente de variação genética;

CV_e = coeficiente de variação ambiental;

μ = média geral do experimento.

As estimativas de correlação fenotípica entre as características avaliadas foram obtidas de acordo com a seguinte expressão:

$$r_{Fxy} = \frac{COV_{Fxy}}{\sqrt{\sigma_{Fx}^2 \times \sigma_{Fy}^2}}$$

em que:

r_{Fxy} = coeficiente de correlação entre as características x e y;

COV_{xy} = covariância fenotípica entre as características x e y;

σ_{Fx}^2 = variância fenotípica da característica X;

σ_{Fy}^2 = variância fenotípica da característica Y.

Para verificação da significância dos coeficientes de correlação fenotípica, foi realizado o teste t para cada uma das correlações.

As estimativas das análises de variância e dos parâmetros genéticos foram realizadas utilizando-se o programa computacional Genes. A reação dos clones de batata quanto à resistência à podridão mole e à canela preta foi realizada com base em análise estatística, pelo Teste Cluster, no programa computacional SAS, para agrupamento dos clones de acordo com sua respectiva reação a Pcc, no tubérculo e no caule.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação agronômica de famílias clonais

Os resultados da avaliação dos caracteres agronômicos das famílias estão dispostos na Tabela 2. Pode-se perceber que houve diferença significativa, a 1% de probabilidade, para os três caracteres avaliados. A herdabilidade, no sentido amplo entre famílias, foi maior do que dentro de famílias para todas as características. Este fato condiz com o relatado por Melo (2007), que relata as herdabilidades entre famílias sendo superiores às herdabilidades dentro de famílias. Assim, considerando os caracteres avaliados, a seleção para produção, peso específico e aparência, seria mais eficiente se fosse realizada em nível de família, já que se trata de primeira geração clonal.

Os coeficientes de variação (CVs) apresentaram de forma geral, valores reduzidos, com exceção do caráter aparência (26,84%), o que mostra a existência de uma maior variabilidade entre os clones dentro das famílias. Este fato pode ser confirmado pelo intervalo dos dados dos caracteres apresentados na Tabela 3, uma vez que dentro de uma única família, foi possível observar clones com notas de aparência variando de um (tubérculos com má aparência), até cinco (tubérculos com aparência excelente).

Para o caráter produção, o intervalo existente entre o menor e o maior valor evidencia a presença de uma variação ambiental considerável. Algumas plantas produziram apenas um tubérculo, representando poucas gramas, enquanto outras produziram vários tubérculos, que somaram mais de um quilograma de produção.

No caso do peso específico, o intervalo também deixa clara a existência da variação ambiental. A cultivar Ágata, por exemplo, que é sabidamente de baixo peso específico, apresentou 1,084 de valor máximo para este caráter. Este fato é em função da baixa produção apresentada por algumas plantas, que contribuiu para uma redução da precisão da balança hidrostática, que sofreu

grandes oscilações quando poucas gramas de tubérculos foram colocadas no sexto submerso.

As médias dos caracteres agrônômicos das famílias avaliadas e das cultivares Ágata e Atlantic, também estão dispostas na Tabela 3. De maneira geral, as famílias foram mais produtivas que as duas testemunhas. As famílias CLO 01, 02, 03, 04 e 05 se destacaram pela alta produção apresentada. Quanto ao peso específico dos tubérculos, apresentaram maior valor as famílias CLO 02 e 05, superando a testemunha Atlantic, que é comercialmente conhecida pelo alto peso específico dos tubérculos. A cultivar Ágata apresentou valor médio de 1,05, sendo considerado muito reduzido para este caráter. No caráter aparência, a cultivar Ágata se destacou apresentando maior nota média, estando à frente de todas as famílias.

Tabela 2 Resumo da anava para produção, peso específico e aparência de famílias clonais de batata

FV	GL	Quadrado Médio		
		Produção	Peso Especifico	Aparência
Bloco	7	218092,60 ns	0,00043 ns	0,90968 ns
Família	8	1174642,34**	0,002489**	6,307926**
Erro	55	222658,48	0,000639	1,862
Dentro	112	75152,46	0,000162	0,563905
Média		533,4	1,0617	2,77
CV(%)		13,16	1,7	26,84
h_a^2 entre		0,75	0,71	0,54
h_a^2 dentro		0,44	0,43	0

** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste F
ns = não significativo

Tabela 3 Produção média, peso específico e aparência de tubérculos de batata das famílias avaliadas

Clone	Produção	Intervalo	P. Esp.	Intervalo	Aparência	Intervalo
CLO 05	748,2 a	32,4 – 2120,0	1,071 a	1,035 – 1,255	2,68 b	1,0 – 4,0
CLO 01	647,1 a	28,0 – 2110,0	1,061 b	1,039 – 1,222	2,90 b	1,5 – 4,0
CLO 02	612,6 a	50,0 – 1626,8	1,070 a	1,044 – 1,133	2,57 c	1,0 – 3,5
CLO 04	594,2 a	28,0 – 1611,4	1,058 c	1,007 – 1,089	2,91 b	1,5 – 4,0
CLO 03	587,0 a	23,5 – 1304,7	1,064 b	1,029 – 1,119	2,66 c	1,5 – 4,0
CLO 07	463,6 b	43,0 – 1617,2	1,054 c	1,024 – 1,076	2,80 b	1,5 – 4,0
Ágata	394,3 b	25,0 – 1104,0	1,052 c	1,030 – 1,084	3,50 a	1 – 5,0
Atlantic	385,9 b	15,0 – 1026,1	1,063 b	1,007 – 1,129	2,41 c	1 – 4,5
CLO 06	337,6 b	20,0 – 1066,0	1,058 c	1,042 – 1,082	2,50 c	1,0 – 3,5

*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

4.2 Reação dos clones a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Pcc)

4.2.1 Avaliação da resistência a Pcc nos tubérculos

Dentre as características utilizadas para avaliar a reação dos clones previamente selecionados na avaliação agronômica à podridão mole, todas se apresentaram com diferenças significativas, a 1 % de probabilidade, evidenciando a existência de variabilidade entre os clones (Tabela 4).

As médias das características foram maiores que as encontradas no trabalho conduzido por Assis (2007), com exceção da profundidade, que apresentou valor semelhante (18,7 mm). As demais características apresentaram valores muito maiores comparados a tal trabalho, com destaque para penetrabilidade (11,67 mm vs 3,0 mm) e área da lesão (172,97 mm² vs 8,2 mm²), representando um aumento de 289 % e 2009,4 %, respectivamente.

Em comparação com o clone CBM 9-10, que foi o único genótipo comum neste trabalho e no trabalho de Assis (2007), os valores foram também muito discrepantes. Maior destaque pode ser dado para a área da lesão, que apresentou 1239,8% de aumento (57,61mm² vs 4,3mm²). As possíveis causas dos maiores valores das variáveis analisadas no presente trabalho podem estar relacionadas dentre outros fatores às diferenças nas condições ambientais de condução dos ensaios, como BOD's diferentes, distinta origem do isolado, etc.

Tabela 4 Resumo da anava para diâmetro, profundidade, volume, penetrabilidade e área da lesão causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* em tubérculos de batata

FV	GL	Quadrado médio				
		Diâmetro	Profund.	Volume	Penetrab.	Área
Clones	126	78,16**	133,29**	10,24**	57,84**	48688,55**
Resíduo	271	16,03	16,56	1,34	6,33	14050,76
Média		13,58	18,306	2	11,67	172,97
CV _e (%)		26,73	20,77	53,73	21,61	46,19
σ^2_F		32,35	51,30	4,10	22,54	17114,24
σ^2_G		19,17	36,84	2,94	16,18	10728,83
h _a ² (%)		0,59	0,71	0,71	0,71	0,62
CV _G (%)		32,24	33,16	53,73	21,61	46,19
CV _G /CV _e		1,2	1,59	1,59	1,59	1,29

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

Os CVs no geral apresentaram valores baixos, com exceção do volume e da área. Silva et al. (2003) encontraram coeficiente de variação bem mais reduzido para volume ($CV=27,7$). Este fato pode ser justificado pela dificuldade na obtenção desta medida. A virulência da bactéria aliada à alta suscetibilidade de alguns genótipos, fez com que as lesões dispostas em lados opostos de um único tubérculo se unissem em uma única lesão que atravessava o tubérculo transversalmente, o que certamente prejudicou no momento da avaliação com pipeta volumétrica.

A herdabilidade no sentido amplo apresentou valores elevados para todas as características avaliadas, indicando que a seleção baseada nestas características poderia ser realizada com eficiência. Maior ênfase a este fato pode ser dada pelos altos valores da razão CV_G/CV_e , que foram todos superiores a 1.

Assim como no trabalho de Assis (2007), o diâmetro da lesão foi o caráter que apresentou maior poder de discriminar diferenças entre os clones. O diâmetro apresentou baixo CV e também se correlacionou significativamente com as demais características utilizadas para avaliar a reação a Pcc. Desta forma, ele foi empregado como padrão para a definição dos grupos de resistência.

Os clones foram classificados em quatro grupos de resistência, através dos dados padronizados pelo índice Z: altamente suscetíveis (15), suscetíveis (39), moderadamente resistentes (37) e resistentes (34) (Apêndice A).

A média do índice dos clones classificados como resistentes foi 10,7. A testemunha resistente (CBM 9-10) apresentou índice igual a 10,18, sendo, portanto, classificado como tal. Já a média do índice dos clones classificados como altamente suscetíveis, foi 21,85, sendo 18,9 % superior ao índice da

cultivar Ágata (17,7), fazendo com que a mesma fosse encaixada dentro da média do grupo suscetível. Consistentemente, quando é considerado o somatório dos valores que compõem o índice, ou a média dos valores padronizados de todos os caracteres considerados individualmente, observa-se uma redução dos mesmos, conforme se aumenta a resistência dos clones (Apêndice A). A diferença entre os grupos de resistência pode ser observada na Figura 1. Nela, é possível ver o clone CBM 9-10 com uma lesão reduzida, passando por clones com resistência intermediária, até a cultivar Ágata.

Os clones CLO 01-62, CLO 01-66, CLO 02-34, CLO 01-41, CLO 01-71, CLO 02-25, CLO 01-05, CLO 01-14, CLO 01-18, CLO 01-44 e CLO 02-11 apresentaram os menores índices e podem ser considerados os mais resistentes.



Figura 1 Diferentes níveis de resistência à podridão mole. Cultivar Ágata (A) e clone CBM 9-10 (B)

Com base nas médias ajustadas de cada variável analisada, foram construídos gráficos mostrando a reação dos clones à podridão mole (Gráfico 1). Percebe-se que os clones se comportaram de maneira semelhante para todas as variáveis. No entanto, a variável diâmetro foi a que apresentou maior amplitude entre os níveis de resistência. Essa maior diferença evidencia que a seleção baseada nesse caráter seria mais eficiente. Por outro lado, as variáveis profundidade e penetrabilidade, apesar de terem apresentado menores diferenças, tiveram os maiores valores de herdabilidade, além dos menores coeficientes de variação, sendo possível concluir que esses caracteres também seriam eficientes para a seleção.

As variáveis volume e área apresentaram amplitudes de variação intermediárias (2,23 e 2,37, respectivamente). No entanto, apresentaram também os maiores CVs, de modo que a seleção baseada nestes caracteres seria menos eficiente que baseada nos demais.

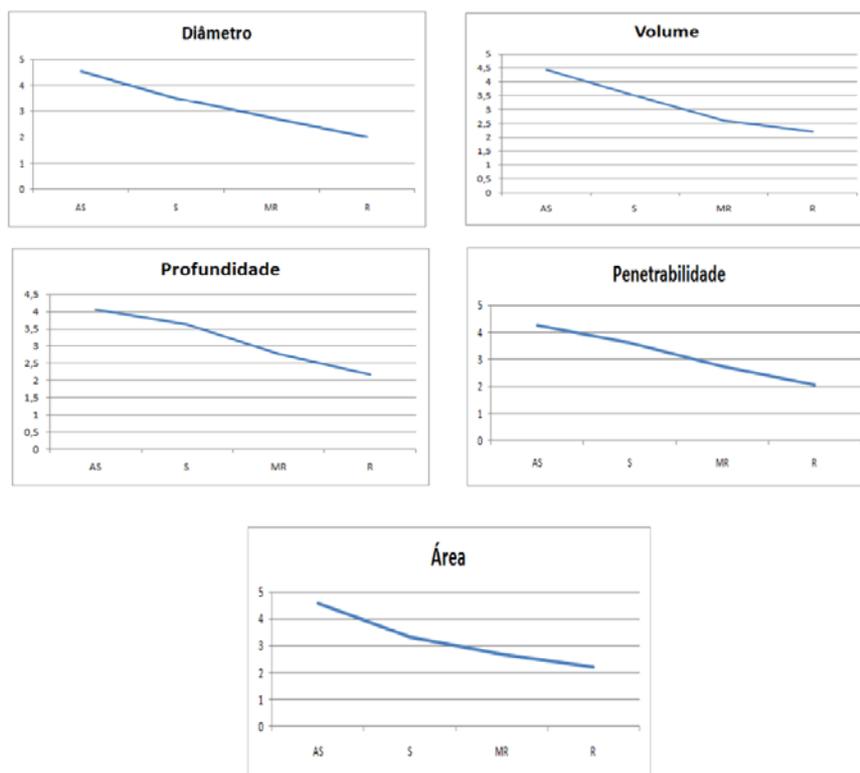


Gráfico 1 Níveis de resistência dos clones de batata à podridão mole avaliados pelo diâmetro da lesão, profundidade, volume, penetrabilidade e área.

4.2.2 Avaliação da resistência a Pcc nas hastes

Na avaliação da resistência à canela preta, houve diferença significativa entre a porcentagem de hastes infectadas após 72 horas, evidenciando a presença de variabilidade na reação a Pcc entre os clones (Tabela 5). Com 144 horas, não foi possível avaliar a doença nas hastes remanescentes da avaliação de 72 horas, uma vez que a mesma não se manifestou em praticamente nenhuma

delas. Tal fato, provavelmente, se deve à perda de patogenicidade da bactéria aliada às mudanças no ambiente devido à ausência de umidade no interior da casa de vegetação, onde as plantas estavam nesta última avaliação.

O número de hastes presente em cada planta antes da inoculação variou de 1 a 13. O resultado da análise de covariância presente na Tabela 5 evidencia que a diferença no número de hastes nas diferentes repetições e genótipos não altera a precisão experimental, o que pode ser confirmado pelo quadrado médio do erro ajustado, que não sofreu redução em relação ao não ajustado, além da ausência de correlação entre o número de hastes antes da inoculação e a porcentagem de hastes com sintomas da doença após 72 horas ($r = -0,10$ n.s.), o que prova que a distribuição do número de hastes não foi tendenciosa.

O coeficiente de variação foi de 26,26 %, indicando a baixa variação na porcentagem de hastes infectadas entre as repetições do ensaio. A herdabilidade no sentido amplo foi superior a 90 %, indicando que a seleção de genótipos com determinado grau de resistência à canela preta pode ser realizada com eficiência. A razão CV_G/CV_e foi maior que três, o que dá maior ênfase a este fato.

As porcentagens médias de hastes afetadas pela doença se encontram no Apêndice B. Os clones foram agrupados em quatro grupos de resistência: altamente suscetível (58 clones); Suscetível (13 clones); moderadamente resistente (12 clones), e resistente (39 clones).

Os clones agrupados como resistentes, apresentaram média de apenas 2,11 % das hastes infectadas. A cultivar Hansa, uma das testemunhas resistentes, teve 12,5 % das hastes infectadas e foi classificada neste grupo. Já a outra testemunha resistente (cultivar Karlena), teve 16,23 % das hastes com sintomas da doença, sendo classificada como moderadamente resistente. O

mesmo ocorreu com o clone CBM 9-10, que teve média de 22,22 %. As duas testemunhas suscetíveis, Ágata e Monte Bonito, ficaram dentro do grupo altamente suscetível, apresentando média de 100 % e 94,44 %, respectivamente. Assim, conforme a resistência dos clones aumenta, ocorre redução nos valores das porcentagens.

Na Figura 2, é possível observar uma planta da cultivar Ágata com todas as hastes tomadas por canela preta.

Com base nestes valores foi construído um gráfico apresentando as classes de resistência dos clones (Gráfico 2). A amplitude de variação foi de 91,23 %, evidenciando, em conjunto com a alta herdabilidade, que a seleção com base no caráter porcentagem de hastes afetadas é eficiente.



Figura 2 Planta de batata da cultivar Ágata apresentando todas as hastes com canela preta

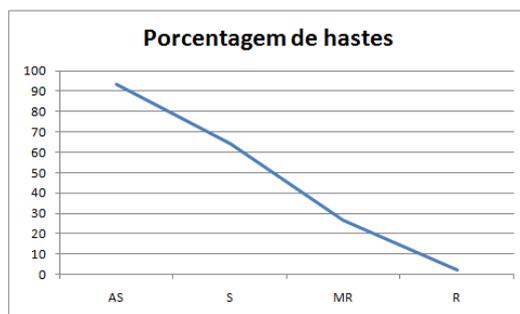


Gráfico 2 Níveis de resistência para canela preta

Tabela 5 Resumo da análise de covariância para porcentagem de hastes infectadas

FV	GL	Quadrado médio
		Porcentagem
Clones	128	4460,23**
Resíduo	205	200,67
Média		53,93
CV _e (%)		26,26
Clones ajustado	128	4410,80**
Resíduo ajustado	204	201,39
Média ajustada		53,93
CV _e (%) ajustado		26,26
σ^2_F		1543,39
σ^2_G		1392,87
h_a^2 (%)		0,90
CV _G (%)		69,74
CV _G /CV _e		3,04

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

4.3 Análise de correlação

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas estão dispostos na Tabela 6.

Entre as variáveis relacionadas à reação dos clones à podridão mole, foram observadas as correlações mais altas, sendo os maiores coeficientes para penetrabilidade. Na porcentagem de hastes infectadas, os valores foram muito baixos, somente sendo significativa a correlação da porcentagem de hastes com os caracteres área e diâmetro. Esta ausência de correlação entre a resistência à podridão mole e canela preta também foi encontrada por Allefs et al. (1995), e indica que os mecanismos de resistência às duas doenças são independentes.

Quanto ao caráter produção, somente houve correlação significativa com diâmetro e área. No entanto, tais valores foram muito baixos, mostrando a possibilidade de clones com diferentes níveis de resistência a Pcc sem alterações na produção. No entanto, os clones que apresentaram a maior resistência a Pcc no tubérculo, foram os advindos das famílias que apresentaram as maiores médias de produção (Tabela 1). Dentro dos grupos resistente e moderadamente resistentes (Apêndice A), somente ocorreram clones advindos das famílias CLO 01, CLO 02 e CLO 03 (mais produtivas), enquanto que as famílias CLO 04, CLO 05, CLO 06 e CLO 07 (menos produtivas) tiveram seus clones distribuídos dentro dos grupos suscetível e altamente suscetível.

Entre produção e porcentagem de hastes, a correlação foi não significativa, mostrando que é possível a ocorrência de clones produtivos e com diferentes níveis de resistência à canela preta. Porém, neste caso, a distribuição das famílias dentro dos grupos de resistência se deu de maneira bastante aleatória, indicando que a seleção para produção em nível de famílias não levaria a uma distribuição destes clones em determinado grupo de resistência.

A correlação entre produção e peso específico dos tubérculos foi não significativa, o que reforça a falta de associação entre estas características, conforme também observado por Assis (2007) e Lambert (2001).

Também não houve significância entre peso específico dos tubérculos e as características relacionadas à reação a Pcc. No trabalho de Assis (2007), estas correlações foram significativas, no entanto, com valores muito baixos. Assim, é possível a identificação de clones com baixo peso específico e, ao mesmo tempo, com bom nível de resistência.

Resultados semelhantes foram encontrados para o caráter aparência dos tubérculos, no qual a correlação foi positiva, porém com valores baixos, mostrando a possibilidade de ocorrência de clones de boa aparência com níveis de resistência variáveis.

Tabela 6 Coeficientes de correlação de Pearson entre produção de tubérculos (Prod), peso específico dos tubérculos (PET), aparência dos tubérculos (Apar), porcentagem de hastes infectadas (% Hastes), área de lesão, diâmetro (Diam), profundidade (Prof), penetrabilidade (Penet) e volume de lesão (Vol)

	Diam (mm)	Prof (mm)	Vol (cm³)	Penet.	Área (mm²)	% Hastes	Prod (g.pl⁻¹)	PET
Apar	0,26**	0,11 ^{ns}	0,22**	0,17*	0,24**	0,16*	-0,20 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Diam		0,79**	0,86**	0,85**	0,96**	0,17*	-0,19*	-0,06 ^{ns}
Prof			0,82**	0,98**	0,72**	0,07 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Vol				0,87**	0,83**	0,11 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
Penet.					0,82**	0,11 ^{ns}	-0,16*	-0,01 ^{ns}
Área						0,16*	-0,20*	-0,09 ^{ns}
% Hastes							-0,06 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
Prod								0,12 ^{ns}

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

ns = não significativo

5 CONCLUSÕES

Foram identificados clones com bom nível de resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotoorum* nos tubérculos (podridão mole), bem como com bons níveis de resistência nas hastes (canela preta).

Os mecanismos de resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotoorum* nas hastes e nos tubérculos são independentes.

Os caracteres agronômicos não são correlacionados com a resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotoorum*.

Os clones CLO 01-07, 01-14, 01-44, 01-66, 02-03, 02-11, 02-15, 02-17, 02-21, 02-25, 02-52, 03-02 e 03-64 apresentaram alto nível de resistência a *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotoorum* no tubérculo e na haste, além de pertencerem a famílias com boas características agronômicas. Assim, podem futuramente servir como genitores em programa de melhoramento genético, visando aumentar a resistência à podridão mole e canela preta.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2010. 715 p.
- AHMET, L. T. et al. Transfer of tuber soft rot and early blight resistances from *Solanum brevidens* into cultivated potato. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 109, n. 6, p. 249–254, June 2004.
- ALLEFS, J. J. H. M. et al. Resistance to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* in second backcross populations of somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and *S. brevidens*. **Potato Research**, Wageningen, v. 38, n. 8, p. 11–21, Aug. 1995.
- ALLEFS, J. J. H. M. et al. Components of partial resistance to potato blackleg caused by pectolytic *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and *E. chrysanthemi*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 45, n. 6, p. 486–496, June 1996.
- ANDRADE, O. E. et al. Comportamento de híbridos tetraplóide-diplóide (4x x 2x) entre *Solanum tuberosum* L. e *Solanum chacoense* Bitt. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 22, n. 7/8, p. 265-272, jul./ago. 1998.
- ASSIS, J. C. **Resistência de clones de batata à podridão mole (*Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*)**. 2007. 61 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- AVROVA, A. O. et al. Application of amplified fragment length polymorphism fingerprinting for taxonomy and identification of the soft rot bacteria *Erwinia carotovora* and *Erwinia chrysanthemi*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 68, n. 5, p. 1499–1508, May 2002.
- AYSAN, Y. ; KARATAS, A. ; CINAR, O. Biological control of bacterial stem rot caused by *Erwinia chrysanthemi* on tomato. **Crop Protection**, Pullman, v. 22, n. 7, p. 807-811, July 2003.
- BAIN, R. A. ; PÉROMBELON, M. C. M. Methods of testing potato cultivars for resistance to soft rot of tubers caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 37, n. 8, p. 431– 437, Aug 1988.

- BAINS, P. S. et al. Identification of stem soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) resistance in potato. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 76, n. 3, p. 137-141, June 1999.
- BAN H. F. et al. Transgenic morphophallus konjac expressing synthesized acyl-homoserine lactonase (aiiA) gene exhibit enhanced resistance to soft rot disease. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 28, n. 6, p. 1847–1855, June, 2009.
- BELL, K. S. et al. Genome sequence of the enterobacterial phytopatogen *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* and characterization of virulence factors. **Proceedings of National Academy of Science of United of America**, Washington, v. 101. n. 7, p. 101-111, July 2004.
- BENAVENTE, C. A. T. **Seleção de famílias clonais de batata em gerações precoce para tolerância ao calor**. 2010. 95 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- BENELLI, A. I. H. et al. Reação de cultivares de batata à podridão mole causada por *Pectobacterium carotovorum* subsp. *atrosepticum*, por *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e por *P. chrysanthemi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 155-159, mar./abr. 2004.
- BINSFELD, P. ; WINGENDER, R. ; SCHNABL, H. Cytogenetic analysis of interspecific sunflower hybrids and molecular evaluation of their progeny. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 2, p. 1280-1285, Feb. 2001.
- BRADSHAE, J. E. et al. Early-generation selection between and within pair crosses in potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, n. 8, p. 1331-1339, Aug. 1998.
- BRADSHAW, J. E. ; LEES, A. K. ; STEWART, E. How to breed potatoes for resistance to fungal and bacterial diseases. **Plant Breeding and Seed Science**, Hohenheim, v. 44, n. 2. p. 3-20, Feb. 2000.
- BROWN, J. et al. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 103, n. 2, p. 339-346, Oct. 1984.

BRUNE, S. ; LOPES, C. A. ; BUSO, J. A. Melhoramento genético da batata no Brasil para resistência à pinta preta (*Alternaria solani*). In: **CONTROL integrado de lãs principais enfermidades fungosas de la papa**. Lima: CIP, 1995. p. 35-37.

CALIGARI, P. ; BROWN, J. ; ABBOTT, R. Selection for yield and yield components in the early generations of a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 73, n. 2, p. 218-222, Feb. 1986.

CEDILLO, D. et al. Selection among and within and combined selection in oil palm families derived from Dura x Dura. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1/2, p. 65-71, Jan./Feb. 2008.

CZAJKOWSKI, R. ; GRABE, G. J. ; VAN DER WOLF, J. M. Distribution of *Dickeya spp.* and *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* in naturally infected seed potatoes. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 125, n. 2, p. 263-275, Feb. 2009.

DE HAAN, E. et al. *Pectobacterium carotovorum* subsp *carotovorum* can cause potato blackleg in temperate climates. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 122, n. 4, p. 561-569, Apr. 2008.

DELEO, J. P. B. Gestão Sustentável na Bataticultura. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 95, n. 10, p. 8-26, out. 2010.

DE MAINE, M. et al. Soft-rot resistance combined with other tuber characters in long day-adapted *Solanum phureja*. **Potato Research**, Wageningen, v. 41, n. 1, p. 69-82, Jan. 1998.

DENARDI, F. ; CAMILO, A. P. Estratégia do melhoramento genético da macieira na EPAGRI, Santa Catarina. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO E MELHORAMENTO DE PLANTAS 2. , 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1998. p. 123-133.

DINIZ, M. C. D. R. **Número de clones por família, seleção clonal e seleção de famílias em programas de melhoramento de batata**. 2002. 123 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

- DUARTE, V. et al. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, Malden, v. 96, n. 11, p. 535-545, Nov. 2004.
- FUNNELL, K. A. ; MACKAY, B. R. Directions and challenges of the New Zealand calla industry, and the use of calcium to control soft rot. In: SHEEN, T. F. ; CHEN, J. J. ; YANG, T. C. **International Symposium on Development of Bulbous Flower Industry**. Taiwan: [s. n.], 1999. p. 30–31.
- GANS, P. T. et al. A comparison of methods to evaluate the susceptibility of potato cultivars to blackleg (caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in the field at different sites. **Plant Pathology**, Oxford, v. 40, n. 2, p. 238–248, Feb. 1991.
- GARDAN, L. et al. Elevation of three subspecies of *Pectobacterium carotovorum* to species level: *Pectobacterium atrosepticum* sp. nov. *Pectobacterium betavascukorum* sp. nov. and *Pectobacterium wasabiae* sp. nov. **International Journal Systematic Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 53, n. 2, p. 381-391, Mar. 2003.
- GEBHART, C. ; VALKONEM, J. P. T. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 39, n. 6, p. 79-102, Jun. 2001.
- GRAHAM, D. C. ; VOLCANI, Z. Experiments on the control of black-leg disease of potato by disinfection of seed tubers with Mercury compounds and streptomycin. **Europe Potato Journal**, Wageningen , v. 4, n. 2, p. 129-137, Feb. 1961.
- GUDMESTAD, N. ; SECOR, G. Management of soft rot and ring rot. In: ROWE, R. R. **Potato Health Management**. St. Paul: APS, 1993. p. 135-139.
- GUO, X. et al. Meiotic behavior of pollen mother cells in relation to ploidy level of somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and *S. chacoense*. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 29, n. 11, p. 1277-1285, Nov. 2010.
- HEGELSON, J. P. et al. Sexual progeny of somatic hybrids between potato and *Solanum brevidens*: Potential for use in breeding programs. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n. 6, p. 437-452, June 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201010.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2010.

JANSKY, S. ; ROUSE, D. Multiple disease resistance in interspecific hybrids of potato. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, n. 3, p. 266-272, Mar. 2003.

KADO, C. I. ; HESKETT, M. G. Selective media for isolation of *Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* and *Xanthomonas*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 60, n. 6, p. 969-976, June 1970.

KIMBENG, C. A. ; COX, M. C. Early generation selection of sugarcane families and clones in Australia: a review. **Journal American Society of sugarcane technologist**, Baton Rouge, v. 23, n. 6, p. 20-39, June 2003.

LAFERRIERE, L. et al. Fertile *Solanum tuberosum* plus *S-commersonii* somatic hybrids as sources of resistance to bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 32, n. 6, p. 1272-1278, June 1999.

LAMBERT, E. S. **Híbridos interespecíficos de batata com diferentes proporções do genoma de espécies exóticas**. 2001. 90p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

LAPWOOD, D. H. ; GANS, P. T. A method for assessing the field susceptibility of potato cultivars to blackleg (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*). **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v. 104, n. 4, p. 315-320, April 1984.

LAPWOOD, D. H. ; REED, P. J. The susceptibility of stems of different potato cultivars to blackleg caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v. 109, n. 12, p. 555-560, Dec. 1986.

LAPWOOD, D. H. et al. Methods for assessing the susceptibility of potato-tubers of different cultivars to rotting by *Erwinia carotovora* subspecies *atroseptica* and *carotovora*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 13-20, Jan. 1984.

LAURILA, J. et al. Characterization of Dickeya strains isolated from potato and river water samples in Finland. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 122, n. 2, p. 213–225, Feb. 2008.

LEBECKA, R. et al. Resistance to soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) in Tetraploid Potato Families Obtained from 4x-2x Crosses. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 82, n. 7, p. 203-210, Jul. 2004

LYON, G. The biochemical basis of resistance of potatoes to soft rot *erwinia* spp - a review. **Plant Pathology**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 313-339, Sept. 1989.

MACKAY, G. R. Selecting and breeding for better potato cultivars. In: ABBOTT, A. J. ; ATKIN, R. K. **Improving vegetatively propagated crops**. New York: [s. n.], 1987. p. 181-196.

MARTIN, M. Early generation selection methods for resistance and horticultural factors - Introduction. **American Potato Journal**, Orono, v. 61, n. 7, p. 383-384, Jul. 1984.

MCGRATH, J. et al. Introgression and stabilization of *Erwinia* tuber soft rot resistance into potato after somatic hybridization of *Solanum tuberosum* and *S. brevidens*. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 79, n. 1/2, p. 19-24, Jan./Feb. 2002.

MELO, D. S. **Viabilidade da seleção de famílias de batata em gerações precoces**. 2007. 127p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

MENDONZA, H. Mejoramiento poblacional: una estrategia para la utilización del germoplasma de papa cultivada primitiva y especies silvestres. In: HIDALGO, O. ; RINCÓN, R. H. (Ed.). **Avances en el mejoramiento genético de la papa en os países del Cono Sur**. Lima: CIP, 1991. p. 47-62.

MERWE, J. J. van der. et al. *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Brasiliensis* causing blackleg on potatoes in South Africa. **Europe Journal Plant Pathology**, Dordrecht, v. 126, n. 2, p. 175-185, Feb. 2010.

ORTIZ, R. et al. Breeding potatoes for developing countries using wild tuber bearing *Solanum* spp and ploidy manipulations. **Journal of Genetics & Breeding**, Madison, v. 48, n. 1, p. 89-98, Mar. 1994.

PAIVA, H. F. **Influência das adubações nitrogenada e potássica na incidência de *Erwinia* spp. e *Alternaria solani* (ELL. % Smart.) Jones & Grout na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1997. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PASCO, C. et al. Resistance Behaviour of Potato Cultivars and Advanced Breeding Clones to Tuber Soft Rot Caused by *Pectobacterium atrosepticum*. **Potato Research**, Wageningen, v. 49, n. 2, p. 91–98, Feb. 2006.

PATRA, N. K. et al. A unique interspecific hybrid spearmint clone with growth properties of *Mentha arvensis* L. and oil qualities of *Mentha spicata* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 4, p. 471–476, Apr. 2001.

PÉROMBELON, M. C. M. Potato blackleg: epidemiology, host-pathogen interaction and control. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 135 -146, Feb. 1992.

PÉROMBELON, M. C. M. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. **Plant Pathology**, Oxford, v. 51, n. 2, p. 1-12, Feb. 2002.

PÉROMBELON, M. C. M. et al. Effects of contamination by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* and *E. carotovora* subsp. *atroseptica* of potato seed tubers and of cultivar resistance on blanking or non-emergence and blackleg development in Valencia, Spain. **Potato Research**, Wageningen, v. 31, n. 1, p. 591–599, Jan. 1988.

PÉROMBELON, M. C. M. ; KELMAN, A. Ecology of soft rot erwinias. **Annual Review of Phytopathology**, Palo alto, v. 18, n. 7, p. 361-387, Sept. 1980.

PÉROMBELON, M. C. M. ; KELMAN, A. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot erwinias - proposal for revision of terminology, **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 6, p. 283-285, Jun. 1987.

PÉROMBELON, M. C. M. ; SALMOND, G. P. C. Bacterial soft rots. In: SINGH, U. S. ; SINGH, R. P. ; KOHMOTO, K. **Pathogenesis and Host Specificity in Plant Diseases**, Oxford: [s. n.], 1995. p. 1-20.

PUITE, K. et al. Somatic hybrid potato plants after electrofusion of diploid *Solanum tuberosum* and *Solanum phureja*. **Plant Cell Reports**, Heidelberg, v. 5, n. 4, p. 262-265, Apr. 1986.

RABOT, B. et al. Assessing six Austrian potato cultivars for resistance to *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. **Potato Research**, Wageningen, v. 37, n. 2, p. 197-203, Feb. 1994.

ROBINSON, K. ; FOSTER, G. Control of potato blackleg by tuber pasteurization: the determination of time-temperature combinations for the inactivation of pectolytic *Erwinia*. **Potato Research**, Wageningen, v. 30, n. 1, p. 121-125, Jan. 1987.

ROUSSELLE-BOURGEOIS, F. ; PRIOU, S. Screening tuber-bearing *Solanum* spp. for resistance to rot caused by *Erwinia carotovora* ssp. *atroseptica*. **Potato Research**, Wageningen, v. 38, n. 1, p. 111-118, Jan. 1995.

ROWELL, A. et al. Comparative field performance of potatoes from seedlings and tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 63, n. 4, p. 219-227, Apr. 1986.

SCOTT, A. J. ; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, Fort Collins, v. 30, n. 3, p. 507-512, Sept., 1974.

SILVA, L. A. et. al. Reação de clones de batata à Podridão Mole causada por *Erwinia* spp. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2. , 2003, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Alegre, 2003.

SIMMONDS, N. Family selection in plant breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 90, n. 2, p. 201-208, Feb. 1996.

SIMON, G. A. **Interação de famílias por ambientes e seleção de cloens de batata resistentes à pinta preta e tolerantes ao calor**. 2005. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SIMPSON, D. W. ; BEECH, M. G. Strawberry breeding in the United Kingdom. In: ABBOTT, A. J. ; ATKIN, R. K. **Improving vegetatively propagated crops**, London: Academic Press, 1987. p. 149-158.

SOUZA, J. C. **Capacidade de combinação e seleção clonal em um dialelo de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1999. 83 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SPOONER, D. M. et al. Nuclear and chloroplast DNA reassessment of the origin of Indian potato varieties and its implications for the origin of the early European potato. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 110, n. 3, p. 1020-1026, Mar 2005.

STEVENSON, W. R. et al. **Compendium of potato diseases**. 2. ed. St Paul: USA, 2001. 125p.

THIEME, R. et al. Novel somatic hybrids (*Solanum tuberosum* L. x *Solanum tarnii*) and their fertile BC1 progenies express extreme resistance to potato virus Y and late blight. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 116, n. 5, p. 691–700, May 2008.

TOKESHI, H. ; BERGAMIN, F. Doenças da batata. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: [s. n.], v. 2, p. 102-105, 1980.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. **Técnicas usadas na determinação do gênero de bactéria fitopatogênica**. Lavras, 2005. 14 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Bactérias Fitopatogênicas**. Viçosa, MG, 2000. 283 p.

VENKOVSKY, R. ; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.

WALTERS, P. I. C. ; COLLINS, W. W. Estimation of genetic parameters for resistance to *Erwinia* soft rot, specific gravity, and calcium concentration in diploid potatoes. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 5, p. 1346-1352, May 1995.

WASTIE, R. L. et al. Assessing potato cultivars for resistance to tuber soft rot (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) at four test centres in the UK. **Potato Research**, Wageningen, v. 31, n. 1, p. 67–72, Jan. 1988.

WASTIE, R. L. et al. Effect of *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* on yield of potatoes from cut and uncut seed tubers in Valencia. **Potato Research**, Wageningen, v. 37, n. 1, p. 21–24, Jan. 1994.

WRIGHT, P. J. ; BURGE, G. K. Irrigation, sawdust mulch, and Enhance (R) biocide affects soft rot incidence, and flower and tuber production of calla. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 28, n. 6, p. 225–231, Jun. 2000.

ZINK, R. T. ; Secor, G. A. Interaction of fungal wilt pathogens and potato blackleg. **Plant Disease**, St. Paul, v. 66, n. 11, p. 1053 –1056, Nov. 1982.

APÊNDICE A

Tabela 1 Média das avaliações e índice de resistência dos clones do Programa de Melhoramento Genético da Batata da UFLA quanto a Pcc no tubérculo

Altamente Suscetível						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CLO 02-13	4,52	2,23	2,44	2,88	5,81	17,88
CLO 02-37	4,1	3,04	2,9	3,37	4,04	17,45
CLO 03-24	4,51	4,06	4,07	4,28	4,49	21,4
CLO 04-17	4,08	4,24	5,13	4,29	3,93	21,67
CLO 04-18	4,7	4,51	4,55	4,69	4,72	23,17
CLO 04-22	4,03	4,27	3,63	4,3	3,88	20,12
CLO 04-23	4,46	4,44	4,05	4,56	4,38	21,89
CLO 04-25	4,71	4,26	4,33	4,5	4,8	22,6
CLO 04-27	5,84	4,51	7,18	5,05	6,57	29,15
CLO 04-28	4,55	3,9	4,17	4,18	4,51	21,31
CLO 04-37	4,43	3,69	3,74	3,98	4,39	20,23
CLO 04-44	4,33	4,7	5,7	4,72	4,22	23,66
CLO 04-45	4,59	4,36	5,32	4,54	4,61	23,41
CLO 04-73	4,02	3,88	4,03	3,99	3,87	19,79
CLO 04-77	4,71	4,62	5,16	4,78	4,75	24,02
Média	4,51	4,05	4,43	4,27	4,60	21,85
Suscetível						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
Agata	3,81	3,24	3,55	3,44	3,66	17,7
CLO 02-22	3,81	3,1	3,26	3,33	3,84	17,34
CLO 02-28	3,44	2,65	2,9	2,87	3,39	15,25
CLO 02-63	3,54	3,2	2,83	3,32	3,38	16,28
CLO 03-70	3,1	3,29	2,88	3,26	3,23	15,77
CLO 04-01	3,67	3,98	3,35	3,97	3,5	18,47
CLO 04-04	3,34	3,73	3,68	3,66	3,12	17,53
CLO 04-11	3,94	4,29	4,35	4,29	3,83	20,7

Tabela 1, continua

Suscetível						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CLO 04-12	3,9	4,07	4,41	4,11	3,71	20,2
CLO 04-29	3,72	4,17	4,51	4,12	3,79	20,3
CLO 04-32	3,88	4,73	3,94	4,6	3,76	20,9
CLO 04-35	3,7	3,89	3,46	3,91	3,53	18,49
CLO 04-41	3,57	3,36	3,41	3,45	3,37	17,15
CLO 04-53	3,41	3,67	2,91	3,64	3,24	16,87
CLO 04-61	3,45	3,91	3,54	3,84	3,22	17,96
CLO 04-71	3,83	3,89	4,02	3,94	3,64	19,31
CLO 04-74	3,5	4,07	3,67	3,98	3,28	18,48
CLO 04-75	3,94	4,52	3,8	4,46	3,85	20,57
CLO 05-01	3,26	2,9	2,96	3	3,12	15,24
CLO 05-04	3,62	3,35	4,07	3,46	3,47	17,98
CLO 05-05	3,41	3,38	3,54	3,42	3,33	17,08
CLO 05-09	3,34	3,17	3,03	3,23	3,17	15,93
CLO 05-11	3,4	3,24	3,85	3,31	3,3	17,1
CLO 05-12	3,33	3,19	3,09	3,25	3,12	15,98
CLO 05-13	3,49	3,17	3,31	3,28	3,3	16,55
CLO 05-14	3,16	3,31	3,03	3,29	2,99	15,78
CLO 05-25	3,43	3,41	3,21	3,45	3,23	16,74
CLO 05-32	3,47	3,21	3,31	3,31	3,26	16,57
CLO 05-34	3,48	3,23	3,66	3,32	3,34	17,02
CLO 05-51	3,17	3,32	2,67	3,29	3,06	15,51
CLO 05-56	3,17	6,74	3,38	5,93	3,03	22,26
CLO 05-57	3,25	3,15	3,28	3,19	3,07	15,95
CLO 05-68	3,48	3,77	4,47	3,75	3,3	18,76
CLO 05-73	3,58	3,45	3,5	3,52	3,4	17,45
CLO 06-42	3,45	3,33	3,19	3,4	3,31	16,69
CLO 07-03	3,51	3,31	3,18	3,4	3,37	16,76
CLO 07-31	3,21	2,9	3,1	2,99	3,07	15,27
CLO 07-42	3,51	4,63	4,73	4,42	3,3	20,6

Tabela 1, continua

CLO 07-61	3,22	3,46	3,12	3,42	3,01	16,22
CLO 07-71	3,35	3,6	3,97	3,57	3,13	17,61
Média	3,50	3,62	3,50	3,63	3,35	17,61
Moderadamente Resistente						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CLO 01-16	2,52	2,01	2,51	2,09	2,48	11,6
CLO 01-20	2,7	1,82	2,25	2	2,61	11,37
CLO 01-42	2,95	2,46	2,59	2,57	2,78	13,35
CLO 01-51	2,47	2,1	2,36	2,14	2,46	11,53
CLO 01-53	2,76	1,96	2,5	2,13	2,64	11,99
CLO 01-67	2,49	2,12	2,29	2,16	2,46	11,52
CLO 02-14	3,05	3,03	3,03	3,04	2,86	15,02
CLO 02-27	2,47	2,26	2,35	2,27	2,53	11,88
CLO 02-41	2,44	2,23	2,49	2,23	2,52	11,91
CLO 02-61	2,62	2,67	2,49	2,63	2,61	13,02
CLO 02-62	2,55	2,26	2,6	2,29	2,52	12,22
CLO 02-71	2,64	2,72	2,52	2,67	2,62	13,17
CLO 03-15	2,9	2,56	2,4	2,63	2,95	13,44
CLO 03-33	2,56	2,8	2,28	2,71	2,51	12,86
CLO 03-34	2,54	2,65	2,34	2,59	2,51	12,62
CLO 03-43	2,64	2,98	2,22	2,88	2,57	13,29
CLO 03-61	2,81	2,79	2,26	2,78	2,73	13,35
CLO 03-66	2,55	2,91	2,18	2,79	2,51	12,94
CLO 03-73	2,58	2,74	2,2	2,66	2,52	12,7
CLO 03-77	2,64	3,12	2,4	2,98	2,58	13,71
CLO 03-79	2,74	2,75	2,53	2,73	2,68	13,43
CLO 05-03	2,84	3,14	3	3,06	2,74	14,77
CLO 05-21	3,03	3,15	3,08	3,12	2,88	15,26
CLO 05-22	2,93	2,75	2,68	2,79	2,8	13,94
CLO 05-26	2,9	2,97	2,59	2,95	2,83	14,25
CLO 05-52	2,79	3,13	2,62	3,04	2,66	14,25
CLO 05-53	2,91	3,22	2,72	3,14	2,78	14,77

Tabela 1, continua

Moderadamente Resistente						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CLO 05-66	2,77	3,18	2,72	3,07	2,69	14,43
CLO 06-02	3,04	3,19	2,98	3,16	2,85	15,22
CLO 06-69	2,95	3,25	2,94	3,18	2,82	15,14
CLO 06-73	2,81	3,21	2,81	3,1	2,69	14,62
CLO 07-09	2,65	2,71	2,7	2,66	2,56	13,28
CLO 07-11	3	3,03	2,84	3,02	2,83	14,72
CLO 07-21	3	2,94	3,37	2,95	2,98	15,24
CLO 07-22	2,89	3,19	2,87	3,11	2,75	14,8
CLO 07-53	2,76	3,38	2,87	3,22	2,65	14,89
CLO 07-59	2,92	3,11	2,87	3,06	2,78	14,73
Média	2,75	2,77	2,61	2,75	2,67	13,55
Resistente						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CBM 9-10	2,05	1,77	2,33	1,75	2,27	10,18
CLO 01-01	2,25	2,05	2,34	2,04	2,34	11,02
CLO 01-05	2,21	1,34	2,18	1,48	2,31	9,52
CLO 01-07	1,96	2,07	2,21	1,96	2,19	10,39
CLO 01-14	2,02	1,62	2,14	1,63	2,21	9,62
CLO 01-17	2,33	1,85	2,27	1,91	2,38	10,75
CLO 01-18	2,19	1,45	2,2	1,56	2,3	9,71
CLO 01-21	2,37	1,95	2,31	1,99	2,39	11,01
CLO 01-41	1,95	1,44	2,11	1,48	2,19	9,17
CLO 01-44	1,9	1,8	2,2	1,74	2,19	9,83
CLO 01-61	2,13	2,06	2,25	2	2,26	10,7
CLO 01-62	1,67	1,55	2,15	1,47	2,08	8,92
CLO 01-65	2,19	2,12	2,4	2,07	2,3	11,08
CLO 01-66	1,91	1,4	2,12	1,43	2,18	9,05
CLO 01-68	2,3	1,91	2,26	1,94	2,35	10,77
CLO 01-71	1,98	1,42	2,16	1,46	2,19	9,21
CLO 02-03	1,88	2,09	2,28	1,95	2,18	10,38

Tabela 1, conclusão

Resistente						
Clone	Diam.	Prof.	Vol.	Penet.	Área	Índice
CLO 02-11	1,65	2,15	2,14	1,92	2,06	9,9
CLO 02-15	1,55	3,14	2,14	2,65	2,03	11,51
CLO 02-17	2,05	2,22	2,26	2,1	2,23	10,87
CLO 02-21	1,93	2,65	2,36	2,4	2,21	11,54
CLO 02-25	1,64	1,85	2,1	1,69	2,06	9,34
CLO 02-32	1,81	2,31	2,2	2,1	2,14	10,56
CLO 02-34	1,52	1,85	2,11	1,65	2,02	9,14
CLO 02-52	2,18	2,69	2,23	2,51	2,35	11,96
CLO 03-02	2,2	2,58	2,14	2,43	2,29	11,65
CLO 03-16	1,81	2,98	2,09	2,61	2,12	11,61
CLO 03-19	2,31	2,8	2,17	2,63	2,35	12,25
CLO 03-36	1,9	2,71	2,08	2,43	2,16	11,28
CLO 03-38	2,3	2,58	2,14	2,46	2,35	11,82
CLO 03-64	2,21	2,74	2,15	2,55	2,31	11,96
CLO 03-65	2,32	2,83	2,21	2,65	2,36	12,36
CLO 03-67	1,95	2,56	2,13	2,34	2,18	11,16
CLO 03-71	2,25	2,65	2,14	2,5	2,33	11,88
CLO 03-72	2,11	3,17	2,16	2,85	2,25	12,54
Média	2,03	2,18	2,20	2,07	2,23	10,70

APÊNDICE B

Tabela 1 Média das avaliações da resistência dos clones de batata do Programa de Melhoramento Genético da Batata da UFLA, quanto a Pcc nas hastes

Altamente Suscetível	
Clone	% Hastes
CLO 05-12	81,11
CLO 07-31	83,33
CLO 03-67	83,33
CLO 04-61	83,33
CLO 05-09	83,33
CLO 02-32	83,33
CLO 05-57	83,33
CLO 02-71	83,33
CLO 01-01	83,33
CLO 04-12	83,33
CLO 01-20	83,33
CLO 07-61	83,33
CLO 03-33	83,33
CLO 07-03	83,33
CLO 04-75	85,92
CLO 1-18	86,66
CLO 02-63	87,50
CLO 5-68	88,89
CLO 04-27	88,89
CLO 02-34	88,89
CLO 04-45	88,89
CLO 05-52	88,89
CLO 06-42	90,00

CLO 03-24	91,66
-----------	-------

Tabela 1, continua

Altamente Suscetível	
Clone	% Hastes
CLO 07-21	91,66
CLO 02-28	91,66
CLO 05-56	91,66
CLO 04-25	91,66
Monte Bonito	94,44
CLO 06-02	94,44
CLO 04-32	94,44
CLO 05-66	100,00
CLO 07-22	100,00
CLO 07-59	100,00
CLO 07-71	100,00
CLO 05-73	100,00
CLO 06-73	100,00
CLO 07-09	100,00
CLO 03-16	100,00
CLO 01-71	100,00
CLO 03-36	100,00
CLO 03-79	100,00
CLO 03-65	100,00
CLO 01-68	100,00
CLO 01-21	100,00
Ágata	100,00
CLO 01-53	100,00
CLO 01-67	100,00
CLO 01-62	100,00
CLO 05-21	100,00
CLO 04-73	100,00
CLO 05-34	100,00
CLO 05-53	100,00

CLO 05-51	100,00
-----------	--------

Tabela 1, continua

Altamente Suscetível	
-----------------------------	--

Clone	% Hastes
CLO 04-71	100,00
CLO 04-04	100,00
CLO 01-41	100,00
CLO 04-28	100,00
CLO 04-37	100,00
CLO 04-35	100,00
Média	93,34

Suscetível	
-------------------	--

Clone	% Hastes
CLO 03-61	41,66
CLO 02-22	50,00
CLO 01-05	50,00
CLO 04-18	55,55
CLO 01-65	58,33
CLO 04-77	61,11
CLO 03-77	62,50
CLO 04-53	66,67
CLO 03-73	73,89
CLO 05-13	75,00
CLO 02-13	75,00
CLO 02-14	76,66
CLO 05-26	77,77
CLO 03-38	78,33
Média	64,46

Moderadamente Resistentes	
----------------------------------	--

Clone	% Hastes
Karlina	16,23
CLO 01-17	16,66
CLO 04-74	17,77

CLO 03-72	18,05
-----------	-------

Tabela 1, continua

Moderadamente Resistentes	
----------------------------------	--

Clone	% Hastes
CLO 06-69	22,22
CLO 03-71	22,22
CLO 03-19	22,22
CBM 9-10	22,22
CLO 04-41	25,00
CLO 02-27	27,77
CLO 05-01	33,33
CLO 05-22	33,33
CLO 01-42	38,88
CLO 03-66	41,07
CLO 05-14	41,66
Média	26,57

Resistentes	
--------------------	--

Clone	% Hastes
CLO 03-02	0
CLO 02-62	0
CLO 03-15	0
CLO 03-34	0
CLO 07-42	0
CLO 02-52	0
CLO 02-21	0
CLO 02-17	0
CLO 02-25	0
CLO 02-41	0
CLO 02-37	0
CLO 03-43	0
CLO 05-03	0
CLO 04-44	0
CLO 05-05	0

CLO 05-25	0
Tabela 1, conclusão	
Resistentes	
Clone	% Hastes
CLO 05-32	0
CLO 04-29	0
CLO 03-70	0
CLO 03-64	0
CLO 07-11	0
CLO 04-22	0
CLO 04-17	0
CLO 01-16	0
CLO 01-14	0
CLO 01-66	0
CLO 01-44	0
CLO 01-51	0
CLO 01-07	0
CLO 02-03	0
CLO 04-23	5,55
CLO 04-11	5,55
CLO 02-11	5,55
CLO 07-53	5,55
CLO 02-15	8,33
CLO 05-11	8,33
CLO 05-04	11,11
CLO 04-01	11,11
CLO 02-61	11,11
Hansa	12,5
Média	2,11