

**INTERAÇÃO FAMÍLIAS POR AMBIENTES E
SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA
RESISTENTES À PINTA PRETA E
TOLERANTES AO CALOR**

GUSTAVO ANDRÉ SIMON

2005

GUSTAVO ANDRÉ SIMON

**INTERAÇÃO FAMÍLIAS POR AMBIENTES E SELEÇÃO DE CLONES
DE BATATA RESISTENTES À PINTA PRETA E TOLERANTES AO
CALOR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia, área de concentração em
Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do
título de “Doutor”.

Orientador
Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

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

Simon, Gustavo André

Interação famílias por ambientes e seleção de clones de batata resistentes a pinta-preta e tolerantes ao calor / Gustavo André Simon. -- Lavras : UFLA, 2005.

114 p. : il.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Batata. 2. Seleção. 3. Clone. 4. Pinta preta. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.2194

GUSTAVO ANDRÉ SIMON

**INTERAÇÃO FAMÍLIAS POR AMBIENTES E SELEÇÃO DE CLONES
DE BATATA RESISTENTES À PINTA PRETA E TOLERANTES AO
CALOR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia, área de concentração em
Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do
título de “Doutor”.

APROVADA em 11 de novembro de 2005

Prof. João Bosco dos Santos	UFLA
Prof. João Cândido de Souza	UFLA
Prof. Luiz Antônio Augusto Gomes	UFLA
Pesquisador Cícero Bezerra de Menezes	SAKATA

Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**Dedico esta publicação aos
meus pais, Alírio e Helena; à
minha esposa, Ana Claudia e
ao meu filho, Pedro.**

AGRADECIMENTOS

Especialmente a Deus, por todas as bênçãos recebidas.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Professor César Brasil, pela orientação e companheirismo.

Aos demais professores, tanto do Departamento de Biologia como de outros departamentos, que contribuíram para a minha formação.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial a secretária de departamento, Elaine e também ao grande amigo Raimundo “Ramon”, que teve expressiva contribuição no sucesso das atividades experimentais.

Aos colegas do grupo de pesquisa da batata: Eduardo Lambert, Cassiano Martins, Mário Andreu, Ricardo Oliveira, Flávio Benites, Cristiana, Diogo, André, Luis, Leonardo e Alexandre, pelo grande auxílio nos experimentos e pelo companheirismo.

Aos colegas de pós-graduação, em especial aos do GEN, pela convivência, companheirismo e incentivo.

Aos inesquecíveis amigos Eduardo Lambert, Cassiano Martins, Ildon e Elisângela, Raimundo “Ramon”, Ricardo Oliveira, Mário, Mariela e Mariano, Fábio Gurgel, Flávio Benites e Sandro Barbosa.

Ao povo mineiro, pela simpatia, hospitalidade e generosidade, os quais me fizeram sentir feliz no período da especialização.

À Ana Cláudia, que esteve em todos os momentos ao meu lado, tanto alegres como tristes, me apoiando e incentivando.

A todos meus familiares, em especial aos meus pais, Alírio e Helena, que, mesmo distantes, tiveram importância incalculável na minha formação.

A todos que contribuíram para o êxito deste trabalho, mesmo que da forma mais simples, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Seleção entre e dentro de famílias	4
2.1.1 Aspectos relacionados à seleção clonal	4
2.1.2 Seleção precoce de clones	7
2.1.3 Emprego da seleção de famílias	10
2.2 Melhoramento para a resistência à pinta preta.....	13
2.2.1 Considerações gerais	13
2.2.2 Herança da resistência à pinta preta.....	14
2.2.3 Associação entre resistência à pinta preta e ciclo vegetativo.....	17
2.2.4 Aspectos relacionados à avaliação da reação de resistência à pinta preta	19
2.3 Influência da temperatura na produção e qualidade de tubérculos	21
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO 2: INTERAÇÃO FAMÍLIAS X AMBIENTES EM BATATA.....	34
RESUMO	35
ABSTRACT	36
1 INTRODUÇÃO.....	37
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 Material experimental.....	39
2.2 Experimentos.....	41
2.3 Delineamento e condução dos experimentos.....	42
2.4 Características avaliadas.....	43
2.5 Análises estatísticas	43
2.5.1 Análise de variância individual dos experimentos de famílias	43
2.5.2 Análise de variância conjunta dos experimentos de famílias.....	44
2.5.3 Correlação fenotípica.....	45
2.5.4 Decomposição da interação famílias x ambientes	46
2.5.5 Progressos genéticos com a seleção por famílias	47

2.5.5.1 Progressos diretos – seleção baseada no desempenho em um ambiente (i) e progresso no mesmo ambiente (i).....	47
2.5.5.2 Progressos indiretos (resposta correlacionada) - seleção em um ambiente (i) e progresso em outro ambiente (j).....	48
2.5.5.3 Seleção em um ambiente (i) e progresso na média dos ambientes (m).....	48
2.5.5.4 Seleção baseada na média dos ambientes (m) e progresso em ambientes individuais (j)	49
2.5.5.5 Seleção baseada na média dos ambientes e progresso na média dos ambientes ..	49
2.5.5.6 Eficiência da seleção indireta (ESI).....	50
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
3.1 Interação famílias x ambientes	51
3.2 Progressos genéticos esperados com a seleção.....	64
3.3 Considerações finais	69
4 CONCLUSÕES.....	70
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO 3: SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA QUANTO À RESISTÊNCIA À PINTA PRETA E TOLERÂNCIA AO CALOR.....	73
RESUMO	74
ABSTRACT	75
1 INTRODUÇÃO.....	76
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	78
2.1 Material experimental.....	78
2.2 Híbridações e obtenção da primeira e segunda geração clonal.....	78
2.3 Experimento da safra de inverno de 2003	81
2.3.1 Material experimental.....	81
2.3.2 Delineamento e condução do experimento	81
2.4 Experimentos da safra das águas de 2003/2004	82
2.4.1 Material experimental.....	82
2.4.2 Delineamento e condução dos experimentos.....	83
2.5 Características avaliadas.....	84
2.6 Análises estatísticas	85
2.6.1 Análises de variância	85
2.6.2 Estimativa de parâmetros genéticos.....	87
2.6.3 Correlação fenotípica.....	88
2.6.4 Índice de seleção para diferentes condições ambientais	89
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
3.1 Resistência à pinta preta	90

3.2 Tolerância ao calor	102
3.3 Associação entre resistência à pinta preta e tolerância ao calor.....	106
4 CONCLUSÕES.....	109
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO.....	113

RESUMO

SIMON, Gustavo André. **Interação famílias por ambientes e seleção de clones de batata resistentes à pinta preta e tolerantes ao calor**. 2005. 114 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

Nos programas de melhoramento genético de batata para condições tropicais existem alguns aspectos imprescindíveis para se obter sucesso. Entre eles está a seleção de clones adaptados ao clima quente e com altos níveis de resistência à pinta preta, que é uma doença comum nestes ambientes. Uma estratégia de pesquisa que tem sido alvo de estudos, tanto para condições tropicais como temperadas, é a avaliação de famílias em vez de clones, nas primeiras gerações clonais, permitindo, dessa forma, a utilização de repetições. Nesse sentido, foram realizados alguns estudos com o objetivo de: a) mensurar a interação famílias por ambientes e avaliar a eficiência da seleção de famílias em gerações precoces e b) identificar clones de batata que associem alto nível de resistência à pinta preta e tolerância ao calor. Para a avaliação da interação famílias por ambientes, foram avaliadas 22 famílias e 2 testemunhas, em 3 locais em Minas Gerais. Houve interação altamente significativa para o caráter peso específico de tubérculos. As estimativas de ganhos esperados com a seleção na média dos ambientes proporcionam progressos genéticos consideráveis no caráter produção de tubérculos por planta. Também foram conduzidos três ensaios para avaliação da tolerância ao calor e resistência à pinta preta. Um ensaio foi conduzido na safra de inverno e os outros dois na safra das águas. Os resultados mostraram haver alta interação significativa para o caráter peso específico de tubérculos. Não há associação entre resistência à pinta preta e tolerância ao calor. Identificaram-se três clones tolerantes ao calor e responsivos aos ambientes favoráveis, além de apresentarem altos níveis de resistência à pinta preta.

* Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

ABSTRACT

SIMON, Gustavo André. **Families x environments interaction and selection of potato clones to early blight resistance and heat tolerance**. 2004. 114 p. Thesis (Doctorate in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

Potato breeding programs for tropical conditions require some specific aspects which should be considered to lead to successful results. Included among these aspects are the selection of clones adapted to heat stress and with reasonable level of resistance to early blight. Early blight is a common disease in the tropics and is caused by *Alternaria solani*. Another breeding strategy that has been studied for both temperate and tropical environments is the evaluation of families in the first clonal generations, instead of individual clones, allowing the use of replications and families performance in multiple environments. In this sense, studies were performed with the objectives a) to measure the families x environments interaction and evaluate family selection efficiency in early generations; and b) to identify potato clones associating high levels of resistance to early blight and to heat stress. To evaluate families x environments interaction 22 families and two control cultivars were grown in three locations in Minas Gerais state, Brazil. Estimates of expected genetic gains from selection in the average of environments allowed reasonable success for tuber yield per plant. Also, three other experiments were performed to evaluate heat tolerance and resistance to early blight. One experiment was conducted during the winter season and the other two during the water season. Results indicated a high significant interaction for large tubers and tuber specific gravity. It was shown that there was no association between heat tolerance and early blight resistance. Three clones were identified showing heat tolerance and responsiveness to environmental improvement and also with high levels of resistance to early blight.

* Adviser Professor: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os programas de melhoramento de batata utilizam, em sua maioria, como técnica de hibridação que consiste de cruzamentos bi-parentais, entre clones elites do próprio programa e cultivares comerciais, bem como, fazem uso de famílias de polinização livre ou famílias de meios-irmãos. É comum extrair de cada família um número consideravelmente grande de sementes botânicas.

A maioria dos programas de melhoramento de batata utiliza populações grandes de indivíduos na primeira etapa, utilizando a seleção massal nesta fase e considerando caracteres relacionados à aparência externa (aparência geral) dos tubérculos. Tal metodologia apresenta sucesso relativo, considerando que resultados relatados na literatura indicam que a eficiência na seleção visual seja baixa para caracteres de baixa herdabilidade. Em função da importância e dos custos envolvidos nestas etapas iniciais, melhoristas têm se empenhado em buscar métodos de seleção mais eficientes e menos onerosos. Sob tal perspectiva, as pesquisas têm sido voltadas para o emprego de seleção por famílias e para a seleção combinada, que faz uso, inicialmente, da seleção por família e, posteriormente, da seleção individual estratificada de clones dentro das melhores famílias.

Além de considerar as médias das famílias no processo de seleção, outro aspecto a enfatizar é a avaliação destas em mais de um ambiente, possibilitando aumentar a precisão na seleção das promissoras e maximizar ganhos com a seleção. Geralmente, é possível avaliar famílias, em vários ambientes, em estágios iniciais do melhoramento, ao contrário de clones individuais que apresentam limitado número de tubérculos-sementes.

A cultura da batata está associada, geralmente, a graves problemas fitossanitários, principalmente em se tratando de doenças. Entre as doenças

fúngicas consideradas mais importantes, em especial para as condições brasileiras, encontra-se a pinta preta, causada pelo fungo *Alternaria solani* Sorauer. Sob condições climáticas favoráveis, a infecção pela pinta preta pode causar redução no rendimento, além de influenciar significativamente no aumento do custo de produção, pela elevada utilização de defensivos agrícolas.

Entre os fatores climáticos, a temperatura é o principal obstáculo para a produção de batata em regiões tropicais. Por ser uma espécie adaptada ao clima ameno, as temperaturas elevadas, como as observadas em certas safras e regiões do Brasil, provocam, além da incidência de pinta preta, acentuada redução na produção e qualidade de tubérculos.

Condições climáticas desfavoráveis ao cultivo da batata podem afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente pela redução na capacidade fotossintética e perdas com a respiração, bem como, podem reduzir o rendimento pelo atraso no início da tuberização, reduzindo a taxa de crescimento do tubérculo, devido à redução do período de acúmulo de reservas. Outro aspecto, que pode ser considerado de maior relevância, é com relação à diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos, diminuindo, assim, o seu teor de matéria seca, afetando consideravelmente a qualidade da batata.

A associação das características de alta resistência à pinta preta e tolerância ao calor em um mesmo material é fundamental em programa de melhoramento de batata para regiões de clima tropical, podendo representar um aumento considerável de produção e redução no uso de agrotóxicos.

Considerando estes aspectos como relevantes em programa de melhoramento de batata e, na tentativa de se estabelecer parâmetros que permitam comparar estes procedimentos, propôs-se o presente trabalho, primeiramente, com o objetivo de mensurar a interação famílias x ambientes e sua influência nos ganhos com a seleção, comparar o ganho esperado com a

seleção realizado em um ambiente e na média dos ambientes e avaliar a eficiência da seleção de famílias. Além disso, objetivou-se identificar clones de batata que associem alto nível de resistência à pinta preta e tolerância ao calor e obter informações sobre o comportamento de clones avaliados na presença e ausência do fungo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Seleção entre e dentro de famílias

2.1.1 Aspectos relacionados à seleção clonal

A maior parcela do melhoramento genético da batata é representada pelo método de seleção clonal (Ross, 1986). A partir deste procedimento, é realizada hibridação e posterior seleção de clones nas sucessivas gerações clonais, o que significa haver apenas uma recombinação entre os genitores e liberação de variabilidade.

As bases teóricas da seleção clonal são muito bem exploradas por Souza Jr. (1995), que argumenta que a distribuição dos dados de um caráter quantitativo freqüentemente se ajusta a uma distribuição normal, como ilustrado na Figura 1. Em se tratando de um caráter complexo, como é o caso da produtividade de tubérculo, as informações geralmente referem-se às médias de tratamentos que foram avaliados em um ou mais experimentos, com repetições e, até mesmo, em mais de um ambiente. Desta forma, os valores genotípicos são intimamente representados pelos valores fenotípicos e as variações das interações dos genótipos com ambientes são diminuídas devido ao uso de repetições e avaliações em diversos ambientes. Sendo assim, a Figura 1, além de representar a distribuição dos valores médios fenotípicos, pode também referir-se à distribuição dos valores genotípicos.

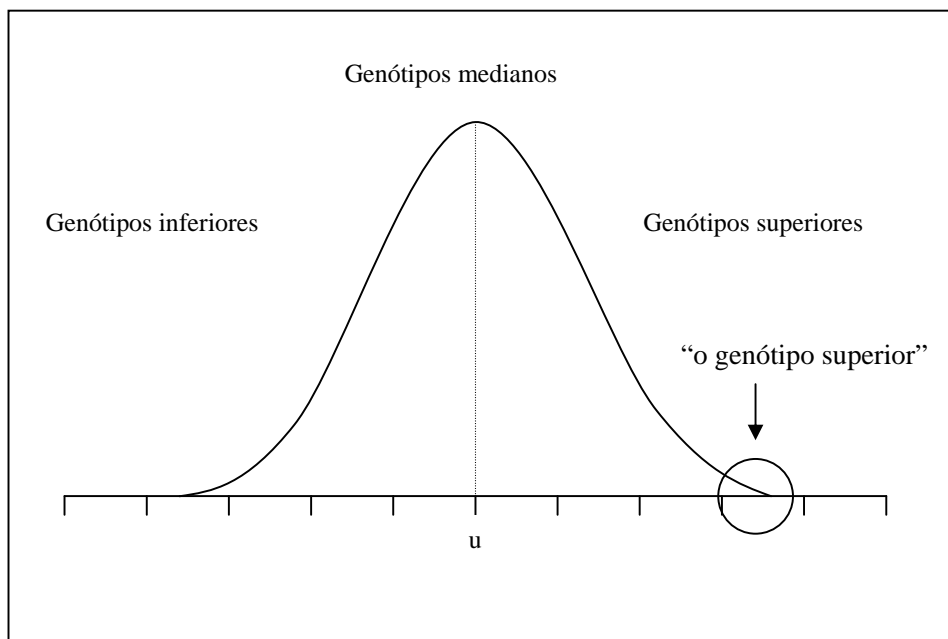


FIGURA 1. Distribuição fenotípica (genotípica) de um caráter quantitativo.

Os programas de melhoramento genético de plantas almejam obter, a partir da identificação e seleção, genótipos superiores que, por ventura, podem ser explorados comercialmente. Na cultura da batata, o genótipo de cada planta pode ser transmitido integralmente através das gerações e multiplicado via clonagem, através dos tubérculos. Assim, o genótipo de cada planta é multiplicado constantemente de geração a geração, de forma a permitir a avaliação com repetições e em vários ambientes, aumentando a precisão dos resultados. De forma complexa, para chegar a ser considerada uma cultivar

comercial, o genótipo superior deve situar-se próximo da extremidade da distribuição para diversos caracteres, simultaneamente.

Como na seleção clonal, a liberação da variabilidade genética ocorre uma única vez; a população inicial deve ser bastante numerosa para aumentar a probabilidade de o genótipo superior estar presente nessa população. Após os cruzamentos, a população gerada passa por uma seleção individual para os caracteres de alta herdabilidade, como aparência, formato de tubérculos e profundidade de gemas, descartando-se aqueles que estão abaixo dos níveis mínimos desejados. Geralmente, nesta fase têm-se milhares de plantas e aquelas selecionadas são clonadas para se iniciar a avaliação em experimentos com repetições. Inicialmente, tem-se muitos genótipos e pouco material de cada genótipo e, devido a isso, utilizam-se parcelas pequenas com poucas repetições e em geral apenas um local.

Nesta etapa, a precisão experimental é baixa e não permite que a intensidade de seleção seja elevada, tendo-se, na realidade, apenas descarte de genótipos inferiores. À medida que o número de genótipos diminui gradativamente com as etapas de seleção, aumenta-se, de forma gradativa, o número de repetições, o número de locais em avaliação e também utilizam-se parcelas maiores. Assim, aos poucos, aumenta-se a precisão experimental e, conseqüentemente, pode-se elevar a intensidade de seleção em cada etapa de avaliação. Nas avaliações finais, têm-se poucos genótipos, as parcelas são maiores, o número de repetições por local e o número de locais são elevados de forma que a precisão experimental é alta o suficiente para permitir identificar e selecionar o “genótipo superior” (Pinto, 2000; Souza Jr., 1989).

A seleção em espécies de propagação vegetativa, como é o caso da batata, é realizada por etapas, de acordo com o avanço das gerações clonais. Geralmente, inúmeras dificuldades inerentes a este processo são tidas como fatores limitantes ao progresso com a seleção. Além de alguns já citados

anteriormente, outro fator que dificulta a seleção é a ocorrência de viroses que são transmitidas pelos propágulos vegetativos, fazendo com que sua incidência aumente rapidamente em poucas gerações, podendo atingir até 90% das plantas em três ciclos de propagação a campo (Andrade & Figueira, 1991).

2.1.2 Seleção precoce de clones

A seleção realizada nas primeiras gerações após a hibridação nos programas de melhoramento de batata é denominada de seleção precoce. A vantagem da seleção precoce é poder agilizar o programa e encurtar os ciclos de seleção. Nestes estádios, a disponibilidade de tubérculos é limitada e o número de genótipos geralmente é elevado, impossibilitando avaliações com parcelas maiores e maior número de repetições.

Os programas de melhoramento estão, em sua maioria, direcionados para os caracteres agronômicos, aspecto visual e qualidades culinárias dos tubérculos. Esses programas, em geral, se iniciam com hibridações controladas, obtendo-se daí sementes botânicas que são semeadas em casa de vegetação. A partir de cada semente botânica, é obtido um clone, que é diferente dos demais, e que pertence ao conjunto de clones provenientes de um cruzamento, que constitui uma família clonal. Os novos clones originados constituem a geração plântula, do inglês *seedling*. Tais plantas normalmente são cultivadas em vasos de pequeno diâmetro, produzindo poucos tubérculos de tamanho reduzido. Inúmeros trabalhos indicam que nenhuma seleção para componentes de produção deve ser realizada nesta fase (Brown et al., 1987). Mesmo nas subseqüentes gerações iniciais de multiplicação, denominadas de gerações clonais, a disponibilidade de tubérculos para semeadura é ainda pequena, de maneira que a seleção nessas fases iniciais deveria ser conduzida apenas para

características de alta herdabilidade, como cor e aspereza da película, formato de tubérculos e profundidade dos olhos (Schaalje et al., 1987).

A seleção precoce em batata, diminui o número de clones a serem avaliados posteriormente, o que viabiliza a avaliação com maior precisão dos remanescentes a partir da utilização de delineamentos estatísticos que apresentam maior eficiência.

Em alguns programas de melhoramento são produzidos de 30 a 50 mil plântulas, podendo atingir até 100 mil (Mackay, 1987). Esse grande número se faz necessário porque, durante o processo de seleção, nenhum outro cruzamento será realizado, o que não torna possível a recombinação genética que permite aumento da frequência de alelos favoráveis. Além do mais, a segregação tetrassômica, que ocorre com a batata, gera mais variabilidade do que a segregação dissômica, requerendo populações mais numerosas para aumentar a probabilidade de obtenção dos tipos desejados (Bradshaw, 1994; Pinto, 1999).

A seleção realizada nas primeiras gerações é uma prática comum nos programas de melhoramento de batata, mas sua eficiência é limitada, ainda mais quando são considerados caracteres de baixa herdabilidade, como produção de tubérculos e seus componentes (Pinto et al., 1994). Além do mais, comumente é utilizada a seleção a partir de avaliações visuais, que tem apresentado baixa eficiência e, freqüentemente, resulta em decisões incorretas no processo de seleção (Anderson & Howard, 1981; Bradshaw et al., 1998; Brown et al., 1987; Tai, 1975)

Teoricamente, relaciona-se a eficiência da seleção precoce em batata com a realizada somente em características que apresentam alta herdabilidade. No entanto, até mesmo para estas características, resultados indicam que a seleção precoce, se realizada, deve ser branda, até mesmo de forma a eliminar somente os piores indivíduos ou famílias.

Tai & Young (1984) substituíram a seleção na geração plântula por seleção de progênies na primeira geração clonal e concluíram que não houve acréscimo na resposta à seleção, reflexo do pequeno incremento nos valores de herdabilidade e que uma intensidade moderada de seleção deve ser utilizada no avanço das primeiras gerações para equilibrar os ganhos com a seleção e perda de genótipos potenciais.

Neele et al. (1989) avaliaram 600 clones provenientes de 20 progênies, na primeira e segunda geração clonal, em dois anos e encontraram valores de correlação variando entre 0,45 e 0,69 entre as gerações, de forma que o procedimento que viabiliza a seleção nas gerações precoces é permitida quando é retido um terço dos clones da primeira para a segunda geração. A seleção visual realizada a partir da avaliação da aparência externa é preferida em vez de ser realizada por meio da avaliação de seus componentes principais individualmente (Maris, 1988; Neele et al., 1991). No entanto, a seleção realizada nas primeiras gerações, considerando as avaliações dos componentes principais da aparência externa individualmente, pode ser aplicada de acordo com as respectivas herdabilidades, procedendo seleção negativa para minimizar a eliminação de clones potenciais (Maris, 1988).

A eficiência da seleção precoce pode ser significativamente favorecida, quando a avaliação de clones individuais, considerando caracteres específicos, é realizada em campo em vez de casa de vegetação, permitindo, assim, a expressão do potencial produtivo e de outros caracteres de interesse (Gopal et al., 1992).

A seleção precoce para os caracteres peso específico, teor de glicose nos tubérculos e índice de formato dos tubérculos pode ser recomendada somente com o objetivo de se eliminar os clones inferiores (Amaro, 2002).

2.1.3 Emprego da seleção de famílias

Como foi visto, a seleção de clones realizada nas gerações iniciais, geralmente é pouco eficiente, ainda mais quando são avaliados caracteres de baixa herdabilidade. Nesse sentido, uma ferramenta importante na identificação precoce dos melhores genótipos, para que somente estes sejam multiplicados e avançados, considerando o custo relacionado com a manutenção de enorme quantidade de tubérculos de vários clones, além do requerimento de área e mão-de-obra para instalação dos ensaios, é a seleção de famílias e, dentro destas, a seleção dos clones superiores (Pinto, 2000).

A seleção de família é uma estratégia que tem sido utilizada em batata (Bradshaw et al., 2000; Gopal, 2001) e em cana-de-açúcar (Jackson et al., 1995a, b). No entanto, a seleção precoce de famílias se torna eficiente, desde que se concentrem esforços somente nas famílias que se mostrarem mais promissoras (Gopal, 1997; Neele & Louwes, 1989).

Na cultura da batata, as cultivares são representadas por um conjunto de indivíduos idênticos, denominados de clones, que se originam da propagação assexuada de uma planta altamente heterozigótica (Mackay, 1987). Já a família refere-se ao conjunto de indivíduos ou clones pertencentes ao mesmo cruzamento, podendo este ser um cruzamento biparental ou cruzamento por polinização livre ou mistura de pólen, gerando, assim, as famílias de irmãos germanos e famílias de meios-irmãos respectivamente.

Na seleção de famílias, progênes inteiras são selecionadas ou rejeitadas como unidade, de acordo com seu valor fenotípico médio. Valores individuais de clones dentro de famílias não são considerados, a não ser pelo fato de que eles determinam a média das famílias. Isto porque as parcelas das famílias em um experimento são constituídas por clones diferentes e estes podem estar sendo

representados por uma única planta em apenas uma repetição, o que significa que somente a família que está sendo repetida.

A circunstância principal sob a qual a seleção de famílias é preferida ocorre quando o caráter selecionado apresenta baixa herdabilidade. A eficiência da seleção de famílias baseia-se no fato de que os desvios dos efeitos ambientais dos indivíduos tendem a se anular. Dessa forma, o valor fenotípico médio da família aproxima-se do valor genotípico médio e as vantagens obtidas serão maiores quando os desvios do ambiente constituírem uma grande parte da variância fenotípica ou, em outras palavras, quando a herdabilidade for baixa (Falconer & Mackay, 1996).

Por outro lado, a variação do ambiente comum aos membros da família diminui a eficiência de sua seleção. Se este componente for grande, ele tenderá a confundir as diferenças genéticas entre as famílias, tornando a seleção ineficiente. Outro fator importante, na eficiência da seleção de famílias, diz respeito ao número de indivíduos que representarão a família. Teoricamente, quanto maior for o seu tamanho, maior será a correspondência entre o valor fenotípico médio e o valor genotípico médio. No entanto, é necessário um número relativamente pequeno de genótipos de cada progênie para representar o desempenho da família, sendo suficiente entre 20 e 80 (Bradshaw & Mackay, 1994; Diniz, 2002). Dessa forma, as condições que irão favorecer a seleção de famílias são: baixa herdabilidade, pequenas variações atribuídas ao ambiente comum e famílias com número representativo de indivíduos.

O teste de progênie, método de seleção amplamente aplicado no melhoramento, pode ser considerado como uma forma de seleção de famílias, uma vez que o critério da seleção, como o próprio nome implica, é o valor médio da progênie de um indivíduo (Falconer & Mackay, 1996).

Considerando as bases teóricas da seleção de famílias, apresentadas por Simmonds (1996), cerca de 60% dos melhores indivíduos normalmente são

encontrados entre as 10% melhores famílias. A maior eficiência da seleção entre famílias em relação à seleção entre indivíduos é efetiva se o produto da raiz quadrada da herdabilidade pelo desvio padrão genotípico ($h \cdot \sigma_G$) entre famílias for maior que o mesmo produto dentro da família (Simmonds, 1996). No entanto, contrariando estas disposições, tem sido verificado que as variâncias fenotípica e genética são maiores dentro de famílias do que entre famílias (Bradshaw et al., 1998; Diniz, 2002; Gopal, 2001), mas que a seleção entre famílias poderia propiciar ganhos adicionais em função da maior herdabilidade entre famílias, bem como da repetibilidade da média das famílias ao longo das gerações.

A eficiência da seleção de famílias pode ser aumentada, acrescentando-se a seleção entre indivíduos dentro das melhores famílias. Neste caso, o critério da seleção dentro de famílias consiste no desvio de cada indivíduo em relação ao valor médio da família à qual pertence (Falconer & Mackay, 1996).

Um ponto favorável à seleção por família, quando comparada com a seleção individual, é que o seu desempenho pode ser mensurado em vários ambientes ainda nas etapas iniciais do processo seletivo. Isto é possível uma vez que, a partir de um cruzamento, são obtidos centenas de clones, que podem ser divididos em vários grupos de tamanho suficiente de indivíduos visando representar a família.

Ao estabelecer ensaios de famílias em mais de um local, é possível obter estimativas de herdabilidade com maior precisão, além do mais, realizar análises de interação de genótipos por ambientes (Gopal, 2001; Jackson et al., 1995a, b).

O estudo da interação famílias por ambientes tem sido realizado com a cultura da cana-de-açúcar (Bressiani, 2001; Bull et al., 1992; Jackson et al., 1995a, b). Avaliando 33 famílias de cana-de-açúcar em dois locais, Bressiani (2001) observou interação significativa entre famílias e locais para todos os caracteres avaliados, bem como destacou que as variâncias de família foram

superiores às variâncias da interação famílias por locais. A decomposição da variância da interação família por local, com base nos valores fenotípicos e genotípicos, mostrou-se complexa em quase sua totalidade, destacando-se a dificuldade na seleção de famílias adaptadas a ambos os locais (Bressiani, 2001).

As avaliações realizadas com cana-de-açúcar na Austrália têm mostrado claramente que a interação genótipos por ambientes tem maior importância comparada com a interação genótipos por cortes e genótipos por anos, indicando a relevância em avaliar as famílias em mais de um local para obter estimativas mais precisas do seu potencial e maximizar ganhos com a seleção (Jackson et al., 1995a).

2.2 Melhoramento para a resistência à pinta preta

2.2.1 Considerações gerais

A pinta preta, ou crestamento foliar causado pelo fungo *Alternaria solani* Sorauer, é uma das doenças foliares mais importantes em praticamente todas as regiões onde a batata tem sido cultivada (Pelletier & Fry, 1990). No Brasil, ela se destaca por encontrar condições climáticas satisfatórias à sua infestação, desenvolvimento e disseminação.

O desenvolvimento rápido desta doença é proporcionado por temperaturas entre 15°C e 30°C, umidade relativa acima de 80%, fotoperíodos mais curtos e umidade na forma de orvalho (Bambawale & Bedi, 1982). A variação nas condições climáticas, entre períodos úmidos e secos, favorece ainda mais o rápido desenvolvimento da pinta preta (Dias & Iamauti, 1997).

A infecção pelo fungo *Alternaria solani* pode ocorrer tanto nas folhas, como nas hastes e tubérculos, embora, relativamente, as pesquisas tenham se concentrado no que diz respeito aos sintomas da parte aérea da planta (Pavek &

Corsini, 1994). Esta doença caracteriza-se pelo aparecimento, preferencialmente nas folhas mais velhas, localizadas na parte inferior das plantas, onde desenvolvem lesões necróticas sobre as folhas que, em alta infestação, coalescem, causando desfolha prematura, provocando, conseqüentemente, consideráveis perdas de rendimento de tubérculos (Nachmias et al., 1988).

A ocorrência desta doença pode provocar sérias perdas de produção em cultivares suscetíveis (Teng & Bisonette, 1985b). Embora a resistência genética a *Alternaria solani* tenha sido relatada (Frank et al., 1979), esta doença é controlada, principalmente, com o uso de produtos químicos (Teng & Bisonette, 1985a). Entretanto, existem práticas alternativas que visam reduzir, além do uso de produtos químicos, as perdas de rendimento e armazenamento provocadas pela ocorrência da doença, entre as quais se destaca a utilização de cultivares de batata com alto nível de resistência, provenientes de programas de melhoramento vegetal (Christ & Haynes, 2001).

Cultivares com resistência genética representam uma das mais práticas, econômicas e ecológicas ferramentas utilizadas no cultivo da batata, na redução de perdas provenientes da incidência de pinta preta (Reifschneider, 1987).

2.2.2 Herança da resistência à pinta preta

É conhecida a existência de variabilidade genética para o caráter resistência a *Alternaria solani* (Ross, 1986). Altos níveis de resistência a pinta preta já foram relatados por vários autores (Christ, 1991; Douglas & Pavék, 1972; Frank et al., 1979; Pinto et al., 2002; Reifschneider et al., 1985, 1986).

Diferentes conceitos de resistência à pinta preta têm sido relatados na literatura, no entanto, todos direcionam para um mesmo entendimento, indicando ser um caráter tipicamente quantitativo. A resistência à pinta preta que tem sido detectada, caracteriza-se como resistência redutora de taxa de infecção

ou horizontal (Christ & Haynes, 2001; Holley et al., 1983; Martins, 1995; Nelson, 1978), resistência parcial ou quantitativa (Parlevliet, 1979; Boiteux et al., 1995) e resistência geral (Shtienberg & Fry, 1990).

Estimativas de herdabilidade no sentido restrito para a característica de resistência à pinta preta foram observadas por volta de 0,70 (Mendoza & Martin, 1989). Martins (1995) avaliando o nível de resistência à pinta preta em 540 clones, obteve estimativa de herdabilidade no sentido amplo variando de 0,31 a 0,43. Pinto et al. (2002), avaliando 192 clones quanto à resistência à pinta preta obtiveram estimativa de herdabilidade, no sentido amplo, de 0,89. Estes valores de herdabilidade indicam que, embora a resistência à pinta preta apresente a tendência de ser um caráter quantitativo, ela é controlada por um número não elevado de genes (Boiteux et al., 1995).

O conhecimento do controle genético desta característica é importante para que o melhoramento possa ser realizado de maneira rápida e efetiva, visando à obtenção de clones com níveis elevados de resistência à pinta preta. Brandolini (1992) observou a ocorrência de efeitos gênicos aditivos e não aditivos, ao avaliar 18 clones e 12 cultivares no Delineamento Carolina do Norte II. Martins & Pinto (1996) avaliaram a capacidade de combinação de oito genótipos de batata para resistência à pinta preta e observaram que a capacidade geral de combinação foi mais importante no controle genético desta característica. Sendo assim, presume-se predominância de variância genética aditiva na população. Entretanto, Gopal (1998), estudando 72 progenies e seus parentais, constatou, pela análise combinatória, que, ações gênicas, aditivas e não aditivas, foram importantes no controle do caráter, porém, a última com certa supremacia.

A herança da resistência à pinta preta tem sido estudada também em batata dipóide (2x), principalmente por considerá-la uma fonte alternativa de alelos de resistência, em potencial para serem transferidos para a batata

tetraplóide (4x). Ao contrário do que ocorre com a batata tetraplóide, o efeito gênico aditivo parece predominar em espécies de batata diplóide estudadas até o presente (Herriot et al., 1986; Ortiz et al., 1993), em híbridos 4x-2x, envolvendo estas espécies diplóides (Herriot et al., 1990) e na primeira geração de retrocruzamento com *S. tuberosum* (Christ & Haynes, 1997).

Estudando uma população diplóide híbrida de *Solanum phureja* x *Solanum stenotomum*, Herriot et al. (1986) estimaram a herdabilidade no sentido restrito para o caráter resistência à pinta preta em 0,83. Ortiz et al. (1993), utilizando os mesmos parentais em uma análise dialélica, obtiveram estimativas de herdabilidade no sentido restrito, variando entre 0,64 e 0,78.

A herdabilidade no sentido amplo é uma estimativa importante, considerando que parte da variância de dominância pode ser transferida de parentais diplóides para descendentes tetraplóides em cruzamentos 4x-2x (Haynes, 1990).

Christ & Haynes (2001), avaliando a reação de 280 clones de batata à pinta preta, obtiveram estimativa de herdabilidade no sentido amplo para área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de 0,73, com intervalo de confiança de 0,65 a 0,78.

Avaliando 16 famílias de polinização livre, originárias de clones híbridos entre *Solanum tuberosum* (4x) x *S. phureja*-*S. stenotomum* (2x), Christ et al. (2002) obtiveram estimativa de herdabilidade no sentido amplo para resistência à pinta preta de 0,91, com intervalo de confiança variando entre 0,80 e 0,94. Os autores observaram que o efeito da capacidade geral de combinação é mais importante nesta população 4x-2x. Os alelos que conferem resistência à *Alternaria* na população tetraplóide derivada de híbridos 4x-2x parecem diferir dos genes que conferem a mesma característica em *S. tuberosum* (Christ et al., 2002).

2.2.3 Associação entre resistência à pinta preta e ciclo vegetativo

A existência de associação entre a característica de resistência à pinta preta e ciclo tardio dos genótipos, tem sido relatada em alguns trabalhos (Christ, 1991; Douglas & Pavék, 1972; Herriot et al., 1990; Hooker, 1981; Johanson & Thurston, 1990; Martins & Pinto, 1996; Reifschneider et al., 1986). Porém, a explicação para a correlação entre a reação de resistência à pinta preta e a duração do ciclo vegetativo ainda não foi bem elucidada. Entretanto, sabe-se que os sintomas deste tipo de doença ocorrem, principalmente, em tecidos mais velhos ou fisiologicamente debilitados (Barratt & Richards, 1944). Isto é facilmente verificado no campo, uma vez que os sintomas ocorrem com maior intensidade sobre as folhas inferiores, mais velhas, enquanto as folhas superiores normalmente permanecem sadias por mais tempo (Martins, 1995).

A ausência de sintomas de pinta preta em folhas mais jovens não se deve à inexistência do fungo sobre as mesmas, mas sim a um mecanismo fisiológico que inibe o desenvolvimento do patógeno, sendo, portanto, uma característica determinada pelo ciclo vegetativo da planta e não pela resistência genética propriamente dita (Johanson & Thurston, 1990).

Entretanto, alguns estudos demonstram haver pouca associação da resistência à pinta preta com o ciclo vegetativo. Trabalhando com cultivares tetraplóides, Christ (1991) observou que as mais tardias foram mais resistentes à pinta preta que as mais precoces, no entanto, não foram mais resistentes que as de ciclo médio. Neste aspecto, a identificação de materiais com certo nível de resistência e mais precoces indica haver resistência genética verdadeira.

Holley et al. (1983), estudando três cultivares com o mesmo ciclo vegetativo, verificaram variações significativas nas respostas destas cultivares à infecção pela doença e concluíram que a reação destas cultivares deve ser

atribuída à resistência genética e não ao ciclo vegetativo, uma vez que este era semelhante entre elas.

Em materiais diplóides também parece ocorrer associação entre resistência e ciclo vegetativo longo, no entanto, com valores baixos de coeficiente de correlação (Herriot et al., 1990). Os autores estimaram em -0,21 o coeficiente de correlação entre a reação à doença e o ciclo vegetativo. Embora a associação entre as duas características seja baixa, existe uma tendência para plantas suscetíveis apresentarem ciclo vegetativo precoce. O coeficiente de correlação baixo também indica que a maioria dos clones testados provavelmente apresentava resistência genética, pois se a resistência fosse determinada apenas pelo ciclo vegetativo, o coeficiente de correlação deveria ser mais alto. Martins & Pinto (1996) também verificaram a associação entre as duas características e estimaram em -0,38 e -0,44 o coeficiente de correlação entre a reação à pinta preta e o ciclo vegetativo aos 75 e 90 dias após o plantio, respectivamente.

Douglas & Pavek (1972) observaram que todos os genótipos estudados com ciclo tardio apresentaram altos níveis de resistência à pinta preta, porém, nem todos os genótipos de ciclo precoce foram altamente suscetíveis. Isto evidencia que a reação à doença pode ser determinada por dois fatores: o primeiro deles, a resistência genética propriamente dita e o segundo, que tem relação com o ciclo vegetativo mais longo da planta.

A reação de resistência da batata à pinta preta, por ser correlacionada com o ciclo vegetativo tardio das cultivares, dificulta o melhoramento visando obter clones resistentes (Boiteux & Reifschneider, 1993). Isto se evidencia quando é dada prioridade à seleção de clones precoces em um programa de melhoramento. A característica de precocidade ainda é associada à maior rentabilidade econômica pelos bataticultores. Entretanto, a seleção visando o

aumento do ciclo vegetativo é uma estratégia possível de ser adotada para aumentar a produtividade da cultura da batata em regiões tropicais (Silva, 2004).

2.2.4 Aspectos relacionados à avaliação da reação de resistência à pinta preta

As avaliações de genótipos quanto à reação à pinta preta, são realizadas normalmente em campo, onde os clones são submetidos tanto à infecção natural, como, principalmente, à inoculações com esporos do fungo (Nachmias et al., 1988). Entretanto, a eficiência de avaliações preliminares em casa de vegetação utilizando-se de inoculações artificiais com suspensão de conídios do fungo, para identificar clones resistentes e descartar os suscetíveis, tem sido constatada por alguns pesquisadores (Bussey & Stevenson, 1991; Hoopes et al., 1986; Lynch et al., 1991; Stewart et al., 1994).

A avaliação preliminar consiste em uma ferramenta útil no aumento da eficiência de seleção e redução de materiais para serem avaliados em condições de campo, desde que seja possível discriminar de forma correta os genótipos que apresentam maior nível de resistência à pinta preta nas primeiras gerações. Conforme relata a literatura, a seleção para a resistência à pinta preta na geração de plântula é favorável quando realizada na média da família em vez de planta individual. Mesmo assim, é recomendada apenas para eliminar as piores famílias (Hoopes et al., 1986; Stewart et al., 1994).

Avaliando dez cultivares de batata quanto à resistência à pinta preta, Bussey & Stevenson (1991) observaram a existência de alta correlação entre dados de casa de vegetação com dados de campo. Os autores empregaram metodologia que utiliza discos de 14mm de diâmetro, retirados de folhas localizadas no ápice da planta, aos 60 dias após a emergência e que, posteriormente, são inoculados com suspensão de conídios do fungo, na

concentração de $3,0 \times 10^3$ esporos/ml. Em seguida, os discos foliares foram mantidos em ambiente escuro em temperatura ambiente, entre três e cinco dias, submersos em solução de fitormônio que simula a senescência natural das plantas.

Stewart & Bradshaw (1993), ao avaliarem 40 genótipos de batata, obtiveram dados em casa de vegetação que concordaram com dados de campo, quanto à resistência à pinta preta e observaram que melhores resultados foram encontrados quando a inoculação em casa de vegetação foi realizada na época do florescimento e com suspensão contendo $2,5 \times 10^3$ esporos/ml. Vale salientar que tanto neste, como na pesquisa realizada por Bussey & Stevenson (1991), empregaram-se gerações clonais avançadas e não a geração plântula. Sendo assim, os resultados enfatizam a importância da utilização de metodologia eficiente na discriminação de genótipos quanto à resistência à pinta preta em casa de vegetação, em período do ano impróprio à avaliação da incidência da *Alternaria* no campo.

Nas condições de campo, é indiscutível a eficiência da metodologia que utiliza inoculações artificiais com suspensão de conídios do fungo, para discriminar a resistência de genótipos à pinta preta (Douglas & Pavek, 1972). No entanto, outra metodologia de inoculação, que apresenta também alta eficiência, caracteriza-se pela utilização de folhas e ramos de batata previamente infectados que, após serem coletados, são desidratados à sombra e macerados, para, posteriormente, serem distribuídos sobre as parcelas que serão avaliadas (Reifshneider et al., 1986).

O número de avaliações da severidade da doença é um fator determinante na predição correta do nível de resistência de genótipos, tendo em vista que na maioria das vezes, a pinta preta apresenta um progresso lento durante o ciclo da cultura, refletindo numa falsa impressão de resistência quando é realizada apenas uma avaliação, não permitindo uma classificação confiável da

resistência em termos epidemiológicos (Boiteux et al., 1995; Holley et al., 1983).

Embora haja relatos de ser mais eficiente, o emprego de inúmeras avaliações depende de alta demanda de mão-de-obra e tempo, principalmente nas primeiras gerações, quando há elevado número de genótipos de batata sendo avaliado. Entretanto, a utilização de duas avaliações a campo para determinar a área abaixo da curva de progresso da doença, causada pela *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*, proporciona a obtenção de resultados equivalentes aos obtidos de repetidas avaliações (Jeger & Rollinson, 2001). Segundo foi relatado por Pinto et al. (2002), ao avaliarem a incidência da doenças aos 60, 70, 80 e 90 dias após o plantio (DAP), verificaram que, na primeira, o nível de doença ainda era baixo e, na última, a maioria das parcelas apresentava sinais de senescência.

Os critérios empregados na avaliação da resistência da batata à pinta preta, constituem um fator importante na correta discriminação de clones com maior ou menor nível de resistência. Nas avaliações a campo, o número e o tamanho de lesões provocadas pela doença são considerados uns dos melhores caracteres para quantificar os diferentes níveis de resistência à pinta preta (Nunes, 1983; Reifschneider et al., 1981).

2.3 Influência da temperatura na produção e qualidade de tubérculos

Do total de cultivo da batata no Brasil, cerca de 54% ocorrem no período das águas, no qual freqüentemente ocorrem temperaturas elevadas (Filho & Mazzei, 1996). Nestas condições, além da incidência de doenças, ocorre queda acentuada no rendimento, diminuição no teor de matéria seca dos tubérculos, bem como o aumento do número de tubérculos com defeitos fisiológicos, reduzindo, com isso, a qualidade comercial da batata.

O efeito da temperatura elevada na cultura da batata é considerado um dos principais fatores climáticos limitantes, afetando, além do rendimento, a aparência externa e a qualidade dos tubérculos (Prange et al., 1990). A temperatura média considerada ideal para a batata, está entre 10°C e 20°C (Antunes & Fortes, 1981). Ambientes que proporcionam maior número de horas de luz e mais dias com temperaturas variando entre 18°C e 23°C durante o dia, noites frias e com menor número de horas do dia com temperaturas acima de 25°C, são os mais apropriados para o cultivo da batata (Fontes & Finger, 1999).

As altas temperaturas têm efeitos prejudiciais em dois estádios de desenvolvimento da planta. No estádio de desenvolvimento que compreende o início da tuberização e o desenvolvimento inicial dos tubérculos, as temperaturas elevadas retardam o início da tuberização (Menezes et al., 1999; Prange et al., 1990). No período de rápido crescimento e amadurecimento dos tubérculos, as temperaturas elevadas estimulam o desenvolvimento aéreo da planta, refletindo negativamente no rendimento da cultura (Manrique et al., 1989; Sarquís et al., 1996).

A redução na produção e na qualidade de tubérculos é resultado das alterações no processo fotossintético e na respiração da planta, em que as elevadas temperaturas provocam a queda da fotossíntese líquida e aumento considerável da respiração (Prange et al., 1990; Reynolds et al., 1990; Wolf et al., 1990), resultando na redução da partição de matéria seca para os tubérculos (Fontes & Finger, 1999; Van Der Zaag & Burton, 1978).

Além disso, outro efeito significativo está em relação ao atraso do início da tuberização (Manrique, 1989; Menezes et al., 1999) e a senescência mais rápida de folhas (Marinus & Boadlaender, 1975), que promovem a redução do enchimento de tubérculos pelo encurtamento do período de acúmulo de reservas. Os efeitos negativos das altas temperaturas também são observados no aspecto qualitativo, reduzindo a qualidade de tubérculos para fritura em consequência da

diminuição do teor de matéria seca (Haynes & Haynes, 1983; Prange et al., 1990).

Nos ensaios para avaliação de clones e famílias clonais na safra das águas, Menezes (1999) observou que os efeitos adversos das temperaturas elevadas proporcionaram decréscimo na porcentagem e peso de tubérculos graúdos e conseqüentemente, redução de 46,0% na produção de tubérculos. Nas mesmas condições, a qualidade dos tubérculos também foi afetada, ocorrendo aumento de oito vezes na incidência de defeitos fisiológicos e redução de 22,4% no teor de matéria seca, em comparação com os ensaios da safra de inverno.

As altas temperaturas influenciam também no aumento significativo da incidência de certas doenças, como é o caso da pinta preta (Bittencourt et al., 1985) e promovem o aumento considerável no número de tubérculos com defeitos fisiológicos, como rachaduras, crescimento secundário (embonecamento) e manchas internas (Hooker, 1990; Menezes et al., 1999).

As evidências relacionam um número considerável de características que sofrem influência das condições adversas do clima, principalmente em se tratando de temperaturas elevadas. Contudo a seleção de clones tolerantes ao calor tem sido realizada, principalmente, considerando os caracteres produção de tubérculos, peso específico, porcentagem de tubérculos graúdos e porcentagem de tubérculos com defeitos fisiológicos. Menezes et al. (2001), ao avaliarem estas características, identificaram clones que tiveram bom desempenho em condições de temperaturas mais altas na safra das águas no Sul de Minas Gerais.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO, G. B. **Seleção precoce de clones de batata para caracteres do tubérculo**. 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDERSON, J. A.; HOWARD, H. W. Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programmes. **Potato Research**, Wageningen, v. 24, p. 289-299, 1981.

ANDRADE, E. R. D.; FIGUEIRA, A. R. Degeneração de seis cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) no sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 1991.

ANTUNES, F. Z.; FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 76, p. 19-23, Abr. 1981.

BAMBAWALE, O. M.; BEDI, P. S. Epidemiology of early blight of potato in the Punjab. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v. 35, n. 4, p. 574-582, Dec. 1982.

BARRATT, R. W.; RICHARDS, M. C. Physiological maturity in relation to *Alternaria blight* in the tomato. **Phytopathology**, St. Paul, v. 34, n. 12, p. 997, Dec. 1944. Abstract.

BITTENCOURT, C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; MAGALHÃES, J. R.; FURUMOTO, O.; FEDALTO, A. A.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C.; GIORDANO, L. B. **Cultivo da Batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília: CNPH/EMBRAPA, 1985. 20 p. (Instruções Técnicas, 8).

BOITEUX, L. S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Identificação e caracterização da resistência do tipo redutora de taxa de progresso do crestamento foliar (*Alternaria solani*, Sorauer) em clones e cultivares de batata. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 86-90, 1993.

BOITEUX, L. S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; FONSECA, M. E. N.; BUSO, J. A. Search for sources of early blight (*Alternaria solani*) field resistance not associated with vegetative late maturity in tetraploid potato germplasm. **Euphytica**, Wageningen, v. 83, n. 1, p. 63-70, 1995.

BRADSHAW, J. E. Quantitative genetics theory for tetrasomic inheritance. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. **Potato genetics**. Cambridge: CAB International, 1994. p. 71-99.

BRADSHAW, J. E.; DALE, M. F. B.; SWAN, G. E. L.; TODD, D.; WILSON, R. N. 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, Dec. 1998.

BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (Ed.). **Potato genetics**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 467-497.

BRADSHAW, J. E.; TODD, D.; WILSON, R. N. Use of tuber progeny tests for genetical studies as part of a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, n. 5, p. 772-781, May 2000.

BRANDOLINI, A. Genetic variation for resistance to *Alternaria solani* in an advanced population of potatoes. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 120, n. 2, p. 353-360, Apr. 1992.

BRESSIANI, J. A. **Seleção sequencial em cana-de-açúcar**. 2001. 104 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BROWN, J.; CALIGARI, P. D. S.; MACKAY, G. R.; SWAN, G. E. L. The efficiency of visual selection in early generations of a potato breeding programme. **Annals Applied Biology**, Warwick, v. 110, n. 2, p. 357-363, Apr. 1987.

BULL, J. K.; HOGARTH, D. M.; BASFORD, K. E. Impact of genotype x environment interactions on response to selection in sugarcane. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 32, n. 6, p. 731-737, 1992.

BUSSEY, M. J.; STEVENSON, W. R. A leaf disk assay for detecting resistance to early blight caused by *Alternaria solani* in juvenile potato plants. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, n. 4, p. 385-390, Apr. 1991.

CHRIST, B. J. Effect of disease assessment method on ranking potato cultivars for resistance to early blight. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, n. 4, p. 353-356, Apr. 1991.

CHRIST, B. J.; HAYNES, K. G. General combining ability for early blight resistance from open pollinated 4x-2x early blight resistant potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 74, n. 6, p. 422-423, Nov./Dec. 1997.

CHRIST, B. J.; HAYNES, K. G. Inheritance of resistance to early blight disease in a diploid potato population. **Plant Breeding**, Berlin, v. 120, n. 2, p. 169-172, Apr. 2001.

CHRIST, B. J.; HAYNES, K. G.; VINYARD, B. T. Inheritance of early blight resistance from open-pollinated 4x-2x potato hybrids. **American Journal Potato Research**, Orono, v. 79, n. 6, p. 403-410, Apr. 2002.

DIAS, J. A. C. S.; IAMAUTI, M. T. Doenças da Batateira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, cap. 14, p. 137-164.

DINIZ, M. C. D. R. **Número de clones por família, seleção clonal e seleção de famílias em programas de melhoramento de batata**. 2002. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DOUGLAS, D. R.; PAVEK, J. J. Screening potatoes for field resistance to early blight. **American Potato Journal**, Orono, v. 49, n. 1, p. 1-16, Jan. 1972.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. London: Longman, 1996. 464 p.

FILHO, W. P. C.; MAZZEI, A. R. Bataticultura no Mercosul, produção e mercado no Brasil e na Argentina. **Informação Econômica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 53-67, mar. 1996.

FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L. Dormência dos tubérculos, crescimento da parte aérea e tuberização da batateira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 24-29, mar./abr. 1999.

FRANK, J. A.; WEBB, R. E.; DOUGLAS, D. R. Evaluation of several USDA potato clones for resistance to early blight. **Plant Disease Report**, St. Paul, v. 63, n. 5, p. 392-394, 1979.

GOPAL, J. Between and within variation and family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics and Breeding**, v. 36, p. 201-208, 2001.

GOPAL, J. Heterosis and combining ability analysis for resistance to early blight (*Alternaria solani*) in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 41, n. 4, p. 311-317, 1998.

GOPAL, J. Progeny selection for agronomic characters in early generations of potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetic**, Berlin, v. 95, n. 3, p. 307-311, Aug. 1997.

GOPAL, J.; GAUR, P. C.; RANA, M. S. Early generation selection for agronomic characters in a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, n. 5/6, p. 709-713, Aug. 1992.

HAYNES, K. G. Covariances between diploid parent and tetraploid offspring in tetraploid x diploid crosses of *Solanum tuberosum* L. **Journal Heredity**, Cary, v. 81, n. 3, p. 208-210, May/June 1990.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. Stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 60, n. 1, p. 17-26, jan. 1983.

HERRIOT, A. B.; HAYNES, Jr. F. L.; SHOEMAKER, P. B. The heritability of resistance to early blight in diploid potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *Phureja* and *Stenotomum*). **American Potato Journal**, Orono, v. 63, n. 4, p. 229-232, Apr. 1986.

HERRIOT, A. B.; HAYNES, Jr. F. L.; SHOEMAKER, P. B. Inheritance of resistance to early blight disease in tetraploid x diploid crosses of potatoes. **Hortscience**, Alexandria, v. 25, n. 2, p. 224-226, Feb. 1990.

HOLLEY, J. D.; HALL, R.; HOFSTRA, G. Identification of rate-reducing resistance to early blight in potatoes. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 5, n. 2, p. 111-114, June 1983.

HOOKER, W. J. **Compendium of potato diseases**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1981. 125 p.

HOOPEES, R. W.; PLAISTED, R. L.; THURSTON, H. D. Seedling screening for early blight resistance. **American Potato Journal**, Orono, v. 63, n. 8, p. 433-434, Aug. 1986.

JACKSON, P. A.; MCRAE, T. A.; HOGARTH, D. M. Selection of sugarcane families across variable environments. I. Sources of variation and an optimal selection index. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 43, n. 2/3, p. 109-118, 1995a.

JACKSON, P. A.; MCRAE, T. A.; HOGARTH, D. M. Selection of sugarcane families across variable environments. I. Sources of variation and an optimal selection index. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 43, n. 2/3, p. 109-118, 1995b.

JEGER, M. J.; ROLLINSON, S. L. H. V. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 1, p. 32-40, Jan. 2001.

JOHANSON, A.; THURSTON, N. D. The effect of cultivar maturity on the resistance of early blight by *Alternaria solani*. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 9, p. 615-623, Sept. 1990.

LYNCH, D. R.; WASTIE, R. L.; STEWART, H. E.; MACKAY, G. R.; LYON, G. D.; NACHMIAS, A. Screening for resistance to early blight (*Alternaria solani*) in potato (*Solanum tuberosum* L.) using toxic metabolites produced by the fungus. **Potato Research**, Wageningen, v. 34, n. 3, p. 297-304, 1991.

MACKAY, F. R. Selection and breeding for better potato cultivars. In: ABBOTT, A. J.; ATKIN, R. K. (Ed.). **Improving vegetatively propagated crops**. London: Academic Press, 1987. p. 181-196.

MANRIQUE, L. A. Analysis of growth of kennebec potatoes grown under differing environments in the tropics. **American Potato Journal**, Orono, v. 66, n. 5, p. 277-291, May 1989.

MANRIQUE, L. A.; BARTHOLOMEW, D. P.; EWING, E. E. Growth and yield performance of several potato clones grown at three elevations in Hawaii: I. Plant Morphology. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 363-370, Mar./Apr. 1989.

MARINUS, J.; BODLAENDER, K. B. A. Response of some potato varieties to temperature. **Potato Research**, Wageningen, v. 18, n. 2, p. 189-201, June 1975.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generations selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, n. 3, p. 205-224, 1988.

MARTINS, P. R. **Capacidade de combinação de cultivares de batata para reação à pinta preta e outros caracteres agronômicos**. 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, P. R.; PINTO, C. A. B. P. Capacidade de combinação de genótipos de batata para resistência à pinta preta, produtividade e peso específico de tubérculos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 161-169, nov. 1996.

MENDOZA, H. A.; MARTIN, C. Breeding for resistance to early blight (*Alternaria solani*). In: _____. **Fungal disease of the potato**. Lima, Peru: Internacional Potato Center, 1989. p. 119-137.

MENEZES, C. B. de. **Escolha de genitores e seleção de clones de batata para as safras de inverno e das águas**. 1999. 117 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; LAMBERT, E. S. Combining Ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 145-157, Apr./June 2001.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; NURMBERG, P. L.; LAMBERT, E. S. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras das águas e inverno no Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 777, out./dez. 1999.

NACHMIAS, A.; CALIGARI, P. D. S.; MACKAY, G. R.; LIVESCU, L. The effects of *Alternaria solani* and *Verticilium dahliae* on potatoes growing in Israel. **Potato Research**, Wageningen, v. 31, n. 3, p. 443-450, Sept. 1988.

NEELE, A. E. F.; LOUWES, K. M. Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in greenhouse or screenhouse. **Potato Research**, Wageningen, v. 32, n. p. 293-300, 1989.

NEELE, A. E. F.; NAB, H. J.; JONGH de LEEUW, M. J.; VROEGOP, A. P.; LOUWES, K. M. Optimising visual selection in early clonal generations of potato based on genetic and economic considerations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 78, n. 5, p. 665-671, 1989.

NEELE, A., E. F.; NAB, H. J.; LOUWES, K. M. Identification of superior parents in a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 5, p. 264-272, 1991.

NELSON, R. R. Genetics of horizontal resistance to plant disease. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 359-378, 1978.

NUNES, M. A. L. **Parâmetros que expressam a resistência da batata (*Solanum tuberosum* L.) a “Pinta preta” (*Alternaria solani*, (Ellis & Martin) Jones & Grout)**. 1983. 58 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ORTIZ, R.; MARTIN, C.; IWANAGA, M.; TORRES, H. Inheritance of early blight resistance in diploid potatoes. **Euphytica**, Wageningen, v. 71, n. 1/2, p. 15-19, 1993.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review Phytopathologic**, Palo Alto, v. 17, p. 203-222, 1979.

PAVEK, J. J.; CORSINI, D. L. Inheritance of resistance to warm-growing-season fungal disease. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (Ed.), **Potato genetics**. Wallingford: CAB Internacional, 1994. p. 403-409.

PELLETIER, J. R.; FRY, W. E. Characterization of resistance to early blight in three potato cultivars: Receptivity. **Phytopathology**, St. Paul, v. 80, n. 4, p. 361-366, Apr. 1990.

PINTO, C. A. B. P. Melhoramento genético da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 120-128, mar./abr. 1999.

PINTO, C. A. B. P. Métodos de melhoramento aplicados às plantas de propagação vegetativa. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS: genética e melhoramento de espécies de propagação vegetativa, 4., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000. p. 76-97.

PINTO, C. A. B. P.; FARIA, C. A. de; LAMBERT, E. S. Potato clones resistance to early and late blight. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 189-196, June 2002.

PINTO, C. A. B. P.; VALVERDE, V. I. R.; ROSSI, M. S. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 771-778, maio 1994.

PRANGE, R. K.; McRAE, K. B.; MIDMORE, D. J.; DENG, R. Reduction in potato growth at high temperature: role of photosynthesis and dark respiration. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 6, p. 357-369, June 1990.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. Alternativas para a redução ou eliminação de produtos químicos no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 2, p. 305-306, jun. 1987.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CARRIJO, A. A.; LACERDA, F. N.; LOPES, C. A. Tamanho e número de lesões como indicadores de resistência em batata (*Solanum tuberosum* L.) a *Alternaria solani* (Ellis & Martin) Sorauer. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 277-280, 1981.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CORDEIRO, C. M. T.; FILGUEIRA, F. A. R. Resistência da batata a *Alternaria solani*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 22-25, nov. 1986.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CORDEIRO, C. M. T.; FILGUEIRA, F. A. R.; BITTENCOURT, C.; FONSECA, M. E. N. Avaliação da resistência de germoplasma de batata (*Solanum* spp.) a *Alternaria solani*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 597-604, out. 1985.

REYNOLDS, M. P.; EWING, E. E.; OWENS, T. G. Photosynthesis at high temperature in tuber bearing *Solanum* species. **Plant Physiology**, Rockville, v. 93, n. 2, p. 791-797, June 1990.

ROSS, H. **Potato breeding – problems and perspectives**. Berlin: Paul Parey, 1986. 132 p. (Advances in Plant Breeding, 13).

SARQUÍS, J. I.; GONZÁLEZ, H.; BERNAL-LUGO, I. Response of two potato clones (*S. tuberosum* L.) to contrasting temperature regimes in the field. **American Potato Journal**, Orono, v. 73, n. 7, p. 285-300, July 1996.

SCHAALJE, G. B.; LYNCH, D. R.; KOZUB, G. C. Field evaluation of a modified augmented design for early stage selection involving a large number of test lines without replication. **Potato Research**, Wageningen, v. 30, n. 1, p. 35-45, Mar. 1987.

SHTIENBERG, D.; FRY, W. E. Quantitative analysis of host resistance, fungicide and weather effects on potato early and late blight using computer simulation models. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 5, p. 277-286, May 1990.

SILVA, L. A. S. **Duração do ciclo vegetativo e sua relação com o potencial produtivo de genótipos de batata**. 2004. 106 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

SOUZA Jr., C. L. **Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 134 p.

SOUZA Jr., C. L. **Melhoramento de espécies de reprodução vegetativa**. Piracicaba: ESALQ. Departamento de Genética, 1995. 41 p. (Publicação Didática).

STEWART, H. E.; BRADSHAW, J. E. A glasshouse test for assessing resistance to early blight (*Alternaria solani*). **Potato Research**, Wageningen, v. 36, n. 1, p. 35-42, 1993.

STEWART, H. E.; BRADSHAW, J. E.; WASTIE, R. L.; MACKAY, G. R.; ERLICH, O.; LIVESCU, L.; NACHMIAS, A. Assessing progenies of potato for resistance to early blight. **Potato Research**, Wageningen, v. 37, n. 4, p. 257-269, 1994.

TAI, G. C. C. Effectiveness of visual selection for early clonal generation seedling of potato. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 1, p. 15-18, Jan./Feb. 1975.

TAI, G. C. C.; YOUNG, D. A. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. **American Potato Journal**, Orono, v. 61, n. 8, p. 419-434, Aug. 1984.

TENG, P. S.; BISONETTE, H. L. Estimating potato yield responses from chemical control of early blight in Minnesota. **American Potato Journal**, Orono, v. 62, n. 11, p. 595-606, Nov. 1985a.

TENG, P. S.; BISONETTE, H. L. Potato yield losses due to early blight in Minnesota fields, 1981 and 1982. **American Potato Journal**, Orono, v. 62, n. 11, p. 619-627, Nov. 1985b.

VAN DER ZAAG, D. E.; BURTON, W. G. Potato germplasm development for warm climates: genetic enhancement of tolerance to heat stress. Heat tolerance 4x-2x hybrids. **Euphytica**, Wageningen, v. 98, n. 1/2, p. 83-92, 1978.

WOLF, S.; OLESINSKI, A. A.; RUDICH, J.; MARANI, A. Effect of high temperature on photosynthesis in potatoes. **Annals of Botany**, London, v. 65, n. 2, p. 179-185, Feb. 1990.

CAPÍTULO 2

INTERAÇÃO FAMÍLIAS POR AMBIENTES EM BATATA

RESUMO

SIMON, Gustavo André. **Interação famílias por ambientes em batata**. 2005. 114 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

A seleção precoce em batata tem sido avaliada há várias décadas, tendo em vista a importância em discriminar e selecionar clones promissores já nas primeiras gerações. Na tentativa de contornar a baixa eficiência da seleção precoce para caracteres de baixa herdabilidade, esforços estão sendo despendidos na avaliação do progresso genético com a utilização de famílias nas primeiras gerações. O objetivo deste estudo foi mensurar a interação famílias por ambientes e avaliar o progresso genético com a seleção de famílias em gerações precoces. Foram avaliadas 22 famílias e 2 testemunhas, em 3 locais, em Minas Gerais, no delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições. As repetições consistiram da divisão do número de clones por família, em três partes. Foram realizadas análises de variância individuais e conjuntas, além de estimativas de correlação, decomposição da interação, progressos genéticos e resposta correlacionada. Ouve interação altamente significativa para o caráter peso específico de tubérculos. As estimativas de ganhos esperados com a seleção na média dos ambientes proporcionam progressos genéticos consideráveis no caráter produção de tubérculos por planta.

* Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

ABSTRACT

SIMON, Gustavo André. **Families x environments interaction in potato.** 2005. 114 p. Thesis (Doctorate in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

Early selection of potato clones have been evaluated for many decades with the aim to discriminate and to select promising genotypes in the very beginning of the breeding program. In an attempt to surpass low selection efficiency for characters with low heritability, efforts have been put in the evaluation of genetic progress using first generations families. The objective of this study was to measure the families x environments interaction and to evaluate families selection efficiency in early generations. Twenty-two families and two control cultivars were evaluated in three locations in Minas Gerais state, Brazil, in a random complete block design with three replicates. Replications consisted of a sample of 10 clones, totaling approximately 30 clones per family. Individual and combined analyses of variance were performed and estimates of correlations, decomposition of interactions and correlated responses were obtained. Results indicated a high significant interaction for large tubers and tuber specific gravity. Estimates of expected genetic gains from selection in the average of environments allowed reasonable success for tuber yield per plant.

* Adviser Professor: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento de batata utilizam, em sua maioria, a técnica de hibridação através de cruzamentos bi-parentais, entre clones elites do próprio programa e cultivares comerciais, gerando as famílias de irmãos germanos. Além disso, mas em menor escala, utilizam famílias de polinização livre ou famílias de meios-irmãos. Em ambos os casos, geralmente, é obtido um número consideravelmente grande de famílias e, em cada família, é possível extrair um número elevado de sementes. Considerando que, a partir de cada semente, é obtido um clone, a fase inicial do melhoramento, também denominada de geração plântula, geralmente se caracteriza por apresentar milhares de indivíduos.

A maioria dos programas de melhoramento de batata utiliza populações grandes de indivíduos na primeira etapa; em consequência, empregam a seleção massal nesta fase. Tais programas apresentam sucesso relativo, considerando que resultados relatados na literatura indicam que a eficiência na seleção visual seja baixa para caracteres de baixa herdabilidade. Em função da importância e dos custos envolvidos nestas etapas iniciais, melhoristas têm se empenhado em buscar métodos de seleção mais eficientes e menos onerosos. Assim, as pesquisas têm sido voltadas para o emprego de seleção por famílias e para a seleção combinada, que faz uso, inicialmente, da seleção por família e, posteriormente, da seleção individual estratificada de clones dentro das melhores famílias.

Além de considerar as médias das famílias no processo de seleção, outro aspecto a enfatizar é a avaliação destas em mais de um ambiente, possibilitando aumentar a precisão na seleção das mais promissoras e maximizar ganhos com a seleção. Geralmente, é possível avaliar famílias em vários ambientes, em

estágios iniciais do melhoramento, ao contrário de clones individuais que apresentam limitado número de tubérculos-sementes.

Na tentativa de se estabelecer parâmetros que permitam comparar estes procedimentos, propôs-se a presente avaliação, que possui os seguintes objetivos:

- _ mensurar a interação famílias x ambientes e sua influência nos ganhos com a seleção;
- _ comparar o ganho esperado com a seleção realizado em um ambiente e na média dos ambientes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O início das atividades relacionadas a este estudo ocorreu em junho de 2003, por ocasião da semeadura de sementes botânicas em casa de vegetação.

2.1 Material experimental

Neste estudo, foram utilizadas sementes botânicas de famílias de polinização livre, obtidas em um experimento da safra das águas de 2001, no município de Lavras. Foram colhidos frutos nas parcelas identificadas e, posteriormente, foram extraídas as sementes, dando origem a 19 famílias de polinização livre de clones pertencentes ao Programa de Melhoramento de Batata da Universidade Federal de Lavras. Além destas, foram utilizadas mais 3 famílias de irmãos germanos, obtidas a partir de cruzamentos bi-parentais (Tabela 1).

As sementes botânicas referentes às 22 famílias foram tratadas com ácido giberélico a 1.500 ppm, por 24 horas, secas à sombra e semeadas em bandejas de plástico. Após trinta dias, foram transplantadas para bandejas de isopor contendo substrato organo-mineral. Quando as plântulas atingiram, aproximadamente, 12cm de altura, foram transplantadas para o campo, em área experimental pertencente ao Departamento de Biologia da UFLA. As práticas culturais e irrigação foram as comumente realizadas nos experimentos de batata. Os tubérculos de primeira geração clonal, colhidos neste campo de multiplicação, foram armazenados em câmara frigorífica a 4°C e 85% de umidade relativa.

TABELA 1. Relação das famílias de polinização livre (PL) e suas genealogias, e famílias de irmãos germanos (IG).

Famílias PL	Genealogia	Famílias IG
ESL 1-10	Atlantic x OMM-47	ESL 7-06 x CBM 2-06
ESL 3-13	Delta x OMM-115	ESL 24-21 x CBM 2-06
ESL 4- 14	EOA-14 x Premiere	CBM 2-02 x NES 3-42
ESL 4- 20	EOA-14 x Premiere	
ESL 5- 15	EOA-19 x Atlantic	
ESL 5- 18	EOA-19 x Atlantic	
ESL 5- 22	EOA-19 x Atlantic	
ESL 5- 24	EOA-19 x Atlantic	
ESL 8-30	EOA-256 x <i>Bulk</i>	
ESL 13-23	Atlantic x ESL-101	
ESL 15-25	EOA-175 x Atlantic	
ESL 16	EOA-02 x Atlantic	
ESL 22-04	EOA-264 x Panda	
ESL 28-11	EOA-134 x Premiere	
ESL 30- 03	Aracy x ESL 101	
ESL 30- 05	Aracy x ESL 101	
ESL 90 e ESL 110	PI 279291-12 x Chiquita	
CBM 2-02	LT7 x Aracy	

2.2 Experimentos

Nesta fase da pesquisa, foram avaliadas 22 famílias, em três municípios, sendo 2 localizados na Região Sul e 1 na região dos Campos das Vertentes em Minas Gerais. As famílias foram representadas por número variável de clones, ficando, por ocasião da colheita, conforme demonstrado na Tabela 2. As testemunhas incluídas nos três experimentos foram as cultivares ‘Monalisa’ e ‘Asterix’.

TABELA 2. Número de clones por família por ocasião da colheita, em Alfenas, Senador Amaral e Lagoa Dourada, Minas Gerais.

Famílias	Número de clones
ESL 1-10	18
ESL 3-13	18
ESL 4- 14	20
ESL 4- 20	14
ESL 5- 15	27
ESL 5- 18	26
ESL 5- 22	27
ESL 5- 24	27
ESL 8-30	19
ESL 13-23	25
ESL 15-25	19
ESL 16	30
ESL 22-04	20
ESL 28-11	24
ESL 30-03	29
ESL 30-05	23
ESL 90	20
ESL 110	18
CBM 2-02	27
ESL 7-06 x CBM 2-06	30
ESL 24-21 x CBM 2-06	19
CBM 2-02 x NES 3-42	27

2.3 Delineamento e condução dos experimentos

Os tubérculos-semente colhidos no campo de multiplicação (geração plântula) foram mantidos em câmara fria por aproximadamente 90 dias. Posteriormente, foram colocados em temperatura ambiente para induzir a brotação espontânea dos tubérculos, por volta de 40 dias do plantio. Foram selecionados três tubérculos com brotação uniforme de cada clone. Todos os clones foram representados por um tubérculo em cada local de avaliação.

Foram conduzidos três experimentos, simultaneamente, em três municípios localizados em Minas Gerais. Os experimentos foram conduzidos no período compreendido entre março e julho de 2004. Um experimento foi conduzido no município de Alfenas (data de plantio 11/03/2004), situado a 843 metros de altitude, 21°21' S de latitude e 45°54' W de longitude. Neste experimento, foi realizada adubação de plantio com quatro toneladas por hectare do adubo formulado 4-14-8 e mais 300kg por hectare de sulfato de amônio em cobertura. Outro experimento foi estabelecido em Senador Amaral (data de plantio 18/03/2004), situado a 1.530 metros de altitude, 22°33' S de latitude e 46°11' W de longitude, sendo neste caso, realizada apenas adubação de plantio, com três toneladas e meia por hectare do formulado 4-14-8. O terceiro experimento foi conduzido no município de Lagoa Dourada (data de plantio 31/03/04), situado a 1.144 metros de altitude, 20°54' S de latitude e 44°04' de longitude. Neste experimento, foi realizada apenas adubação de plantio, com três toneladas do formulado 4-14-8.

O delineamento experimental empregado nos três experimentos foi o blocos casualizados, com três repetições e parcelas constituídas de dez plantas espaçadas de 0,50m entre plantas por 0,80m entre linhas. As repetições consistiram da divisão do número de clones por famílias em três partes. Nas parcelas das famílias que possuíam número menor que trinta clones, foram

acrescentados tubérculos da cultivar Asterix para preenchimento dos espaços vazios e assim evitar que algum clone ficasse favorecido por não apresentar plantas competidoras vizinhas. A cultivar Asterix foi escolhida por apresentar pele roxa, para possibilitar a identificação dos tubérculos que pertenciam aos clones a serem avaliados.

Os tratos culturais, incluindo preparo do solo, amontoa, irrigação e aplicação de defensivos agrícolas, foram comuns à cultura, sendo eles realizados conforme as necessidades de cada local.

2.4 Características avaliadas

Nos três experimentos de famílias foram avaliadas as seguintes características:

- produção média de tubérculos por planta: peso total da parcela dividida pelo número de plantas da parcela (g/planta);

- porcentagem de tubérculos graúdos: peso de tubérculos com diâmetro maior que 45mm, dividida pelo peso total da parcela multiplicado por 100;

- peso específico de tubérculos: determinado pela expressão $[d = \text{peso no ar} / (\text{peso no ar} - \text{peso na água})]$, obtidos em balança hidrostática.

2.5 Análises estatísticas

2.5.1 Análise de variância individual dos experimentos de famílias

Os dados obtidos de todos os caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância, empregando-se o seguinte modelo estatístico para blocos casualizados (Steel & Torrie, 1980):

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

em que:

Y_{ij} : observação do i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

t_i : efeito aleatório do i-ésimo tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 24$);

r_j : efeito aleatório da j-ésima repetição j ($j = 1, 2$ e 3);

e_{ij} : erro experimental do i-ésimo tratamento, na j-ésima repetição, assumindo que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

2.5.2 Análise de variância conjunta dos experimentos de famílias

A análise de variância conjunta foi realizada segundo o seguinte modelo:

$$Y_{ijq} = \mu + t_i + a_q + b_{(q)j} + (ta)_{iq} + \bar{e}_{(q)ij}$$

em que:

Y_{ijq} : observação do tratamento i no bloco j dentro do local q;

t_i : efeito aleatório do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 24$);

a_q : efeito fixo do local q ($q = 1, 2$ e 3);

$b_{(q)j}$: efeito do bloco j dentro do local q ($j = 1, 2$ e 3);

$(ta)_{iq}$: efeito aleatório da interação tratamentos i e locais q;

$\bar{e}_{(q)ij}$: erro experimental médio.

Foram estimados os graus de liberdade do numerador e do denominador para possibilitar a realização do teste de F para locais, segundo expressões propostas por Satterthwaite (1946).

2.5.3 Correlação fenotípica

As estimativas de correlações fenotípicas para as características nos diferentes locais foram obtidas de acordo com a expressão apresentada por Cruz & Regazzi (1997):

$$r_{Fxy} = \frac{PMC_{ij}}{\sqrt{\sigma_{Fi}^2 \cdot \sigma_j^2}}$$

em que:

r_{Fxy} : coeficiente de correlação fenotípica para as características entre os locais i e j;

PMC_{ij} : produto médio para tratamentos das características nos locais i e j;

σ_{Fi}^2 : variância fenotípica da característica no local i;

σ_{Fj}^2 : variância fenotípica da característica no local j.

Os coeficientes de correlação foram testados pela estatística t, para a verificação da hipótese de nulidade ($H_0: \rho=0$), a partir da expressão (Cruz & Regazzi, 1997):

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

em que t está associado a n-2 graus de liberdade e nível de significância α e r a correlação fenotípica.

2.5.4 Decomposição da interação famílias x ambientes

Uma forma de visualizar o tipo da interação famílias por ambientes é decompondo a mesma. Para tanto, empregam-se os quadrados médios da interação, calculando-se dois componentes: um devido às diferenças na variação entre as famílias, dentro de cada local e o outro, que é devido à falta de correlação entre as médias dos tratamentos, de um local para outro. A decomposição da interação famílias por ambientes foi calculada conforme a seguinte expressão (Ramalho et al., 2000):

$$QM_{FA} = (\frac{1}{2})(\sqrt{QF_i} - \sqrt{QF_j})^2 + \sqrt{QF_i \cdot QF_j} (1 - r_{ij})$$

em que:

QM_{FA} : quadrado médio da interação;

QF_i e QF_j : quadrados médios referentes às famílias nos locais i e j, respectivamente;

r_{ij} : correlação fenotípica entre as médias dos tratamentos, nos locais i e j.

Para facilitar a compreensão, esta decomposição foi dividida em dois componentes, como segue:

$$QM_{FA} = A + B$$

em que o componente representado por A , dado por $[(1/2)(\sqrt{QF_i} - \sqrt{QF_j})^2]$, é denominado parte simples, por ser devido apenas às diferenças na variabilidade entre famílias, dentro de locais. O componente representado por B , dado por $[\sqrt{QF_i \cdot QF_j}(1 - r_{ij})]$, é denominado parte complexa, por ser fruto da correlação manifestada entre as famílias. B , portanto, é a parte da interação que tende a impedir a seleção simultânea nos diferentes locais.

2.5.5 Progressos genéticos com a seleção por famílias

As estimativas dos progressos esperados com a seleção foram obtidas por meio das expressões apresentadas por Cruz & Regazzi (1997) e Cruz & Carneiro (2003), mostradas a seguir.

2.5.5.1 Progressos diretos – seleção baseada no desempenho em um ambiente (i) e progresso no mesmo ambiente (i)

$$GS_{(i/i)} = \frac{k \hat{\sigma}_{Gi}^2}{\hat{\sigma}_{Fi}}$$

em que:

k : diferencial de seleção estandarizado, que, no caso, foi de 1,159 ($i = 0,30$);

$\hat{\sigma}_{Fi}$: estimativa do desvio-padrão fenotípico entre médias de tratamentos no ambiente i ;

$\hat{\sigma}_{Gi}^2$: estimativa da variância genética entre tratamentos no ambiente i.

2.5.5.2 Progressos indiretos (resposta correlacionada) - seleção em um ambiente (i) e progresso em outro ambiente (j)

$$GS_{(i/j)} = \frac{kCov(G_{ij})}{\hat{\sigma}_{Fi}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{Fi}$: estimativa do desvio-padrão fenotípico entre médias de tratamentos no ambiente de seleção i;

$Cov(G_{ij})$: estimativa da covariância genética entre médias de tratamentos nos ambientes i (de seleção) e j (de resposta).

2.5.5.3 Seleção em um ambiente (i) e progresso na média dos ambientes (m)

$$GS_{(i/m)} = k \frac{Cov(F_i \bar{M}) - \frac{\sigma_{Ei}^2}{a.r}}{\hat{\sigma}_{Fi}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{Fi}$: estimativa do desvio-padrão fenotípico entre médias de tratamentos no ambiente i;

$Cov(F_i \bar{M})$: covariância genética entre médias de tratamentos no ambiente i com as médias dos respectivos tratamentos em todos os ambientes;

σ_{Ei}^2 : variância residual no ambiente i;

a : número de ambientes;

r : número de repetições dos experimentos.

2.5.5.4 Seleção baseada na média dos ambientes (m) e progresso em ambientes individuais (j)

$$GS_{(m/j)} = k \frac{Cov(F_j \bar{M}) - \frac{\sigma_{ji}^2}{a.r}}{\hat{\sigma}_{Fij}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{Fij}$: estimativa do desvio-padrão fenotípico entre médias de tratamentos nos ambientes.

Os demais termos foram definidos no item anterior.

2.5.5.5 Seleção baseada na média dos ambientes e progresso na média dos ambientes

$$GS_{(m/m)} = \frac{k \hat{\sigma}_{Gij}^2}{\hat{\sigma}_{Fij}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_{Fij}$: estimativa do desvio-padrão fenotípico entre médias de tratamentos nos ambientes;

$\hat{\sigma}_{Gij}^2$: estimativa da variância genética entre tratamentos nos ambientes, obtida a partir das análises de variância conjuntas para os caracteres.

2.5.5.6 Eficiência da seleção indireta (ESI)

$$ESI = \frac{GS_{(i/j)}}{GS_{(j/j)}}$$

em que:

$GS_{(i/j)}$: ganho com a seleção no ambiente j, a partir da seleção com base no desempenho no ambiente i;

$GS_{(j/j)}$: ganho com a seleção no ambiente j, a partir da seleção com base no desempenho no mesmo ambiente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Interação famílias x ambientes

Os resumos das análises de variância individuais e conjunta, para avaliação de famílias de batata, são apresentados nas Tabelas 3 a 6. Na maioria dos casos, os coeficientes de variação experimental (CV) foram baixos para peso específico de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos, porém, apresentaram valores médios para a produção de tubérculos por planta. A menor precisão experimental observada neste último caráter, ocorreu, principalmente, devido às repetições das famílias terem sido representadas por diferentes clones, que pode ter influência maior sobre a produção de tubérculos, além do que, outro aspecto a considerar é a ocorrência de tamanho e brotação desuniforme entre os tubérculos.

O teste F foi significativo para o efeito de tratamento e famílias em todas as avaliações, inclusive na análise conjunta. Isso, de certa forma, vem confirmar a disparidade existente entre os tratamentos, considerando a existência de variabilidade entre famílias e cultivares comerciais. Já para o efeito de cultivares, o teste F não foi significativo na maioria dos ensaios para a produção de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos, significando que as duas testemunhas apresentam potencial produtivo equivalente. Já para o caráter peso específico de tubérculos, houve diferença significativa nos ensaios de Senador Amaral, Lagoa Dourada e na análise conjunta, o que reflete o potencial genético da cultivar Asterix em apresentar maior porcentagem de matéria seca em relação à cultivar Monalisa quando observa-se a média dos ensaios.

O efeito do contraste entre famílias e cultivares apresentou teste F significativo na maioria das avaliações, com exceção para o caráter peso

específico de tubérculos. Comparando-se as médias das famílias com as médias das cultivares, observa-se que, nos três ensaios e, conseqüentemente, na média geral, as cultivares apresentaram maiores médias para produção de tubérculos e, na maioria das vezes, para porcentagem de tubérculos graúdos. As médias de famílias em relação às cultivares foram inferiores a 30,8%, em Alfenas; 54,9%, em Senador Amaral; 31,2%, em Lagoa Dourada e 40,4%, na análise conjunta, para produção de tubérculos por planta (Tabelas 3 a 6). Provável conseqüência, principalmente, da depressão por endogamia ocorrida na maioria das famílias oriundas de polinização livre, tendo em vista que a maior parte das sementes destas famílias é resultado de autofecundação (Arndt et al., 1990). De modo contrário, em relação ao caráter peso específico de tubérculos, as médias de famílias foram superiores às médias das testemunhas em todos os locais de avaliação. A freqüência de alelos favoráveis para esta característica é significativa, considerando que, na genealogia das famílias envolvidas no estudo, estão presentes clones remanescentes de população que foi alvo de elevada intensidade de seleção para este caráter. Outro determinante é que, segundo Momenté & Pinto (1995), para peso específico de tubérculos não foi verificada a ocorrência de depressão por endogamia, o que se deve ao fato desta característica ser controlada por genes de interação aditiva.

A interação tratamentos x locais foi significativa apenas para o caráter peso específico de tubérculos (Tabela 6). Isso indica que as famílias e as testemunhas não apresentaram comportamento coincidente nos diferentes locais de avaliação. Ao considerar o desdobramento da interação em famílias x locais, da mesma forma que ocorreu com tratamentos x locais, houve significância somente para peso específico de tubérculos. Ao que tudo indica, entre as famílias alvo do estudo, algumas podem apresentar adaptação específica a um determinado ambiente. Resultados relatados na literatura, por outro lado, indicam que predomina a interação famílias x ambientes significativa para

produção de tubérculos (Elias et al., 1995; Ortiz & Golmirzaie, 2004). Os autores comentam sobre a importância da escolha correta dos ambientes, quando da significância da interação genótipos x ambientes, para que seja possível identificar famílias promissoras.

Nos programas de melhoramento de cana-de-açúcar, outra espécie de propagação vegetativa, tem sido adotada a seleção de famílias. Além disso, a interação famílias x ambientes tem sido altamente significativa para a maioria das características analisadas (Bressiani, 2001; Jackson et al., 1995). Segundo Jackson et al. (1995), o emprego da avaliação de famílias de cana-de-açúcar em mais de um ambiente é vantajosa se houver alta interação famílias x ambientes.

Apesar de terem sido escolhidos locais relativamente distantes para realização deste estudo, a interação entre famílias x ambientes foi não significativa. No entanto, houve variação entre as famílias nos ambientes, quando analisou-se as médias de produção de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos em cada local (Tabelas 9, 10 e 11) e de forma mais expressiva para peso específico de tubérculos em que a interação famílias x ambientes foi significativa. Dessa forma, os ambientes utilizados apresentam condições edafoclimáticas distintas que viabilizam a seleção de famílias mais amplamente adaptadas. Testando em ambientes contrastantes, é possível auxiliar na redução da interação genótipos x ambientes do componente de variância, propiciando considerável incremento nas estimativas de herdabilidade e conseqüente aumento na eficiência de seleção (Tai & Young, 1984).

A contribuição da interação tratamentos x locais e famílias x locais foi relativamente baixa, constatada pelas estimativas de correlações fenotípicas entre o desempenho médio dos tratamentos e famílias nos locais avaliados (Tabela 7). Estes resultados podem auxiliar na decisão pela forma mais adequada em proceder a seleção de famílias, ao considerar valores médios de mais de um ambiente. Observa-se que, nas condições em que foram avaliadas as

famílias, para todas as características avaliadas, pelas magnitudes das correlações, presume-se que existe algumas delas apresentaram-se promissoras em mais de um ambiente.

Outra maneira de visualizar a natureza da interação famílias x locais é pelo desdobramento do quadrado médio da interação em parte simples e complexa, como exposto na Tabela 8. Os resultados confirmam o que foi observado com as estimativas de correlação, embora as estimativas do componente fruto da interação complexa manifestada entre famílias tenham sido superiores, de modo geral, o componente fruto da interação simples apresentou valores que indicam a possibilidade de seleção de um número pequeno de famílias com comportamento semelhante nos ambientes avaliados. Este resultado é diferente dos observados por Bressiani (2001), em que a parte complexa da interação manifestada entre famílias de cana-de-açúcar em dois locais do estado de São Paulo foi responsável pela totalidade da interação famílias x ambientes.

As médias obtidas nas análises individuais para Alfenas, Senador Amaral e Lagoa Dourada, bem como na análise conjunta, são apresentadas nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, respectivamente. Nota-se que, de modo geral, as médias das famílias e das testemunhas no município de Alfenas foram inferiores às médias dos demais locais, tanto para produção de tubérculos como para peso específico de tubérculos, o que pode ser reflexo das condições climáticas menos favoráveis à cultura da batata em comparação aos outros ambientes avaliados, principalmente devido às maiores temperaturas observadas neste local.

Constata-se que, no caso do caráter produção de tubérculos, nenhuma família superou a melhor testemunha em todos os casos. No entanto, segundo o resultado do teste de médias, algumas famílias não diferiram significativamente das mesmas em se tratando das análises individuais. Em contrapartida, nas médias da análise conjunta, as testemunhas diferiram das famílias pelo teste de

Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade. Como discutido anteriormente, em decorrência da maioria das famílias ser oriunda de polinização livre, há enorme possibilidade da ocorrência de depressão por endogamia para esta característica em algumas famílias. O que reforça este fato é que, considerando as médias da análise conjunta, observa-se que as cinco famílias superiores apresentaram rendimento de tubérculo, aproximadamente o dobro das cinco piores famílias. Também constata-se que, entre as cinco famílias mais produtivas, considerando a média dos três ambientes, duas são de irmãos germanos.

As médias para o caráter porcentagem de tubérculos graúdos não apresentaram grande variação tanto dentro dos ambientes individualmente como na média dos três ambientes. A cultivar Monalisa foi a que apresentou os resultados mais satisfatórios, porém, houve várias famílias que não diferiram dela pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade. Nesse sentido, a maioria das famílias apresenta clones que atendam às qualidades necessárias, em se tratando de classificação de peneira, característica esta importante no processo de seleção de clones com viabilidade comercial.

Os resultados apresentados nas Tabelas 9, 10, 11 e 12, em relação às médias do caráter peso específico de tubérculos, reforçam a suposição de que a maioria das famílias possa ter sido obtida por autofecundação. Como para este caráter não foi observada a ocorrência da depressão por endogamia, conforme conclusão de Momenté & Pinto (1995), espera-se que, tanto em cruzamentos entre clones promissores como na ocorrência de autofecundação dos mesmos, a progênie apresente clones com qualidades equivalentes e até mesmos superiores aos próprios genitores. Contrastando com o que ocorreu com o caráter produção de tubérculos por planta, que apresentou valores bem inferiores comparados com as testemunhas, o peso específico de tubérculos de famílias, de modo geral, foi equivalente ao peso específico de tubérculos observado na cultivar Asterix,

considerada padrão para comparação em relação à seleção de clones quanto à qualidade para a indústria.

TABELA 3. Resumo das análises de variância para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em Alfenas, Minas Gerais.

FV	GL	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
		QM	QM	QM
Repetições	2	65991,85	13,54	$1,4 \times 10^{-4}$ *
Tratamentos	23	57927,47 **	229,04 **	$1,5 \times 10^{-4}$ *
Famílias (F)	21	45068,00 *	217,44 **	$1,6 \times 10^{-4}$ *
Cultivares (C)	1	119851,00 *	143,08	$0,3 \times 10^{-4}$
F vs C	1	266053,35 **	558,70 *	$0,3 \times 10^{-4}$
Erro	46	24611,43	104,67	$0,4 \times 10^{-4}$
Média tratamentos		511,39	53,60	1,0549
Média famílias		493,06	52,20	1,0551
Média cultivares		713,00	69,40	1,0528
CV(%)		30,68	18,25	0,63

**,* significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 4. Resumo das análises de variância para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em Senador Amaral, Minas Gerais.

FV	GL	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
		QM	QM	QM
Repetições	2	65385,88	16,53	$0,1 \times 10^{-4}$
Tratamentos	23	195052,09 **	571,68 **	$7,4 \times 10^{-5}$ **
Famílias (F)	21	93415,00 **	515,69 **	$5,1 \times 10^{-5}$ **
Cultivares (C)	1	34051,00	43,20	$6,0 \times 10^{-4}$ **
F vs C	1	2490436,55 **	2275,98 **	$1,4 \times 10^{-5}$
Erro	46	35696,88	178,00	$8,3 \times 10^{-6}$
Média tratamentos		608,83	43,07	1,0676
Média famílias		552,76	41,37	1,0677
Média cultivares		1225,67	61,72	1,0661
CV(%)		31,03	30,98	0,26

**, * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 5. Resumo das análises de variância para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em Lagoa Dourada, Minas Gerais.

FV	GL	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
		QM	QM	QM
Repetições	2	18868,18	15,25	$9,4 \times 10^{-6}$
Tratamentos	23	206939,03 **	247,55 **	$6,8 \times 10^{-5}$ **
Famílias (F)	21	187276,00 **	256,72 **	$5,8 \times 10^{-5}$ **
Cultivares (C)	1	7072,67	302,46	$1,8 \times 10^{-4}$ **
F vs C	1	819735,35 **	0,18	$1,6 \times 10^{-4}$ **
Erro	46	83340,05	140,05	$2,3 \times 10^{-5}$
Média tratamentos		873,78	69,03	1,0683
Média famílias		841,61	69,05	1,0688
Média cultivares		1227,67	68,87	1,0634
CV(%)		33,04	17,14	0,45

**, * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 6. Resumo das análises de variância conjuntas para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

FV	GL	Produção de tubérculos		% de tubérculos graúdos		Peso específico de tubérculos	
		QM		QM		QM	
Repet./Locais	6	50081,97		15,10		$5,3 \times 10^{-5}$	
Locais (L)	2	2532200,22	**	12132,93	**	$4,1 \times 10^{-3}$	**
Tratamentos (T)	23	343351,56	**	687,01	**	$2,0 \times 10^{-4}$	**
Famílias (F)	21	232302,00	**	652,11	*	$1,8 \times 10^{-4}$	*
Cultivares (C)	1	20134,00		430,22		$6,3 \times 10^{-4}$	*
F vs C	1	2998615,52	**	1676,61	**	$1,6 \times 10^{-4}$	
T x L	46	58283,52		180,63		$4,5 \times 10^{-5}$	**
F x L	42	51490,28		168,86		$4,4 \times 10^{-5}$	**
C x L	2	70420,33		29,26		$6,3 \times 10^{-5}$	
F vs C x L	2	188840,87	**	579,13	**	$2,3 \times 10^{-5}$	
Erro médio	138	47882,78		140,90		$2,5 \times 10^{-5}$	
Média tratamentos		664,67		55,20		1,0636	
Média famílias		629,14		54,20		1,0639	
Média cultivares		1055,45		66,70		1,0608	
CV(%)		32,92		21,18		0,47	

**,* significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 7. Estimativa das correlações fenotípicas (r_{xy}) entre as médias dos tratamentos e das famílias ao longo dos locais de avaliação, para produção de tubérculos (g/planta), porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Tratamentos	Características					
	Produção de tubérculos	P*	% tubérculos graúdos	P	Peso específico de tubérculos	P
r_{12}	0,602	0,00	0,857	0,00	0,399	0,06
r_{13}	0,651	0,00	0,622	0,00	0,516	0,01
r_{23}	0,744	0,00	0,129	0,54	0,710	0,00
Famílias						
r_{12}	0,537	0,00	0,842	0,00	0,463	0,02
r_{13}	0,592	0,00	0,646	0,00	0,520	0,02
r_{23}	0,729	0,00	0,214	0,55	0,782	0,00

1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada. * Nível de significância Teste t.

TABELA 8. Decomposição da interação família por local em valores fenotípicos nos componentes *A* e *B*, para produção de tubérculos (g/planta), porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Interação*	Características					
	Produção de tubérculos		% tubérculos graúdos		Peso específico de tubérculos	
	A (%)	B (%)	A (%)	B (%)	A (%)	B (%)
12	12,67	87,33	31,71	52,90	6,33	93,67
13	39,33	60,67	0,96	99,04	14,07	85,93
23	18,39	81,61	7,25	92,75	2,10	97,90

*1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada.

TABELA 9. Médias das famílias e das testemunhas, para produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos, em Alfenas, Minas Gerais.

Famílias/testemunhas	Produção de tubérculos (g/planta)	% Tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
ESL 4-20	504 b	60,0 a	1,0482 b
ESL 8-30	580 a	39,7 b	1,0578 a
ESL 5-18	308 b	58,1 a	1,0409 b
ESL 30-05	478 b	39,6 b	1,0645 a
ESL 30-03	360 b	51,6 b	1,0506 b
ESL 5-22	491 b	47,0 b	1,0594 a
ESL 15-25	430 b	51,5 b	1,0525 b
ESL 5-15	623 a	72,6 a	1,0537 b
ESL 110	442 b	39,3 b	1,0477 b
CBM 2-02 X NES 3-42	690 a	46,4 b	1,0500 b
ESL 3-13	306 b	57,9 a	1,0503 b
ESL 1-10	397 b	59,8 a	1,0412 b
ESL 24-21 X CBM 2-06	699 a	58,5 a	1,0672 a
ESL 5-24	358 b	60,1 a	1,0664 a
CBM 2-02	548 a	53,0 a	1,0566 a
ESL 90	550 a	49,8 b	1,0536 b
ESL 22-04	749 a	55,5 a	1,0598 a
ESL 7-06 X CBM 2-06	451 b	59,8 a	1,0590 a
ESL 28-11	447 b	38,0 b	1,0637 a
ESL 4-14	561 a	58,0 a	1,0580 a
ESL 16	474 b	49,3 b	1,0580 a
ESL 13-23	403 b	43,2 b	1,0527 b
ASTERIX	572 a	62,3 a	1,0550 b
MONALISA	854 a	76,5 a	1,0506 b

Tratamentos com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

TABELA 10. Médias das famílias e das testemunhas, para produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos, em Senador Amaral, Minas Gerais.

Famílias/testemunhas	Produção de tubérculos (g/planta)	% Tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
ESL 4-20	973 b	52,1 a	1,0718 a
ESL 8-30	482 c	40,6 a	1,0658 b
ESL 5-18	429 c	43,2 a	1,0650 b
ESL 30-05	587 c	27,8 b	1,0686 b
ESL 30-03	462 c	53,3 a	1,0627 c
ESL 5-22	447 c	39,2 a	1,0665 b
ESL 15-25	258 c	13,8 b	1,0740 a
ESL 5-15	659 c	61,4 a	1,0697 a
ESL 110	384 c	19,5 b	1,0633 c
CBM 2-02 X NES 3-42	698 c	31,5 b	1,0590 d
ESL 3-13	393 c	47,9 a	1,0647 b
ESL 1-10	655 c	48,1 a	1,0650 b
ESL 24-21 X CBM 2-06	670 c	49,6 a	1,0744 a
ESL 5-24	612 c	49,8 a	1,0679 b
CBM 2-02	534 c	39,9 a	1,0716 a
ESL 90	559 c	52,3 a	1,0631 c
ESL 22-04	814 b	57,3 a	1,0741 a
ESL 7-06 X CBM 2-06	599 c	41,7 a	1,0711 a
ESL 28-11	560 c	48,2 a	1,0670 b
ESL 4-14	767 c	42,9 a	1,0703 a
ESL 16	306 c	35,9 a	1,0691 b
ESL 13-23	313 c	14,1 b	1,0647 b
ASTERIX	1301 a	59,0 a	1,0761 a
MONALISA	1150 a	64,4 a	1,0561 d

Tratamentos com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

TABELA 11. Médias das famílias e das testemunhas, para produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos, em Lagoa Dourada, Minas Gerais.

Famílias/testemunhas	Produção de tubérculos (g/planta)	% Tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
ESL 4-20	1125 a	67,3 a	1,0720 a
ESL 8-30	951 a	69,4 a	1,0702 a
ESL 5-18	622 b	77,7 a	1,0670 b
ESL 30-05	903 a	69,4 a	1,0704 a
ESL 30-03	520 b	60,6 a	1,0633 b
ESL 5-22	472 b	55,8 a	1,0721 a
ESL 15-25	535 b	71,0 a	1,0779 a
ESL 5-15	850 a	79,3 a	1,0673 b
ESL 110	630 b	63,0 a	1,0646 b
CBM 2-02 X NES 3-42	1024 a	62,5 a	1,0591 b
ESL 3-13	518 b	69,1 a	1,0636 b
ESL 1-10	598 b	70,8 a	1,0645 b
ESL 24-21 X CBM 2-06	1077 a	76,1 a	1,0693 a
ESL 5-24	934 a	82,6 a	1,0715 a
CBM 2-02	984 a	68,9 a	1,0708 a
ESL 90	1118 a	65,8 a	1,0659 b
ESL 22-04	1074 a	70,3 a	1,0736 a
ESL 7-06 X CBM 2-06	1099 a	88,0 a	1,0699 a
ESL 28-11	1167 a	43,9 a	1,0748 a
ESL 4-14	1118 a	74,4 a	1,0706 a
ESL 16	531 b	65,5 a	1,0706 a
ESL 13-23	664 b	67,6 a	1,0644 b
ASTERIX	1193 a	61,8 a	1,0689 a
MONALISA	1262 a	76,0 a	1,0578 b

Tratamentos com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

TABELA 12. Médias das famílias e das testemunhas, para produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos, na análise conjunta.

Famílias/testemunhas	Produção de tubérculos (g/planta)	% Tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
ESL 4-20	868 b	59,8 a	1,0640 a
ESL 8-30	671 c	49,9 a	1,0646 a
ESL 5-18	453 d	59,7 a	1,0576 b
ESL 30-05	656 c	45,6 b	1,0678 a
ESL 30-03	447 d	55,2 a	1,0589 b
ESL 5-22	470 d	47,3 b	1,0660 a
ESL 15-25	408 d	45,4 b	1,0681 a
ESL 5-15	711 c	71,1 a	1,0636 a
ESL 110	485 d	40,6 b	1,0585 b
CBM 2-02 X NES 3-42	804 b	46,8 b	1,0560 b
ESL 3-13	406 d	58,3 a	1,0595 b
ESL 1-10	550 d	59,6 a	1,0569 b
ESL 24-21 X CBM 2-06	815 b	61,4 a	1,0703 a
ESL 5-24	635 c	64,2 a	1,0686 a
CBM 2-02	689 c	53,9 a	1,0663 a
ESL 90	742 c	56,0 a	1,0609 b
ESL 22-04	879 b	61,0 a	1,0692 a
ESL 7-06 X CBM 2-06	716 c	63,2 a	1,0667 a
ESL 28-11	725 c	43,4 b	1,0685 a
ESL 4-14	815 b	58,4 a	1,0663 a
ESL 16	437 d	50,2 a	1,0659 a
ESL 13-23	460 d	41,6 b	1,0606 b
ASTERIX	1022 a	61,0 a	1,0667 a
MONALISA	1089 a	72,3 a	1,0548 b

Tratamentos com a mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

3.2 Progressos genéticos esperados com a seleção

As estimativas de progressos genéticos esperados com a seleção baseada em diferentes critérios estão apresentadas nas Tabelas 13 a 16. Verifica-se que os progressos genéticos apresentados para os ambientes, a partir da seleção no próprio ambiente (Tabela 13), de modo geral, foram superiores aos demais progressos genéticos, segundo diferentes critérios de seleção, principalmente comparados aos progressos genéticos esperados na média dos ambientes a partir da seleção realizada também na média (Tabela 14).

Dada a forte interação tratamentos e famílias x locais para o caráter peso específico de tubérculos, evidencia-se que as maiores respostas refletem na seleção específica em cada ambiente. Tanto é que, entre os caracteres, o peso específico de tubérculos foi o que apresentou, proporcionalmente, a maior diferença entre a média dos progressos na seleção específica (Tabela 13) e a seleção na média dos ambientes (Tabela 14). No entanto, ao que tudo indica, apesar da interação tratamentos e famílias x locais ter sido significativa, tanto as estimativas de correlação entre os ambientes como o desdobramento da interação em parte simples e complexa apontam para um comportamento coincidente de algumas famílias nos diferentes locais quanto ao caráter peso específico de tubérculos.

Observa-se que os ganhos para peso específico de tubérculos (Tabela 13), à primeira vista, parecem baixos, com média de 0,27%, se comparados com as estimativas obtidas para os demais caracteres. No entanto, com a seleção e ganho esperado de 0,27%, promove-se aumento de aproximadamente 0,005 unidades no peso específico, o que representa cerca de 1% no teor de matéria seca de tubérculos, sendo desejáveis genótipos com valores acima de 20% de matéria seca (peso específico igual a 1,0725).

Na Tabela 14 são apresentados os ganhos esperados na média dos ambientes a partir do progresso realizado também na média. Os resultados são inferiores, principalmente quando comparados quando a seleção é realizada para adaptação a um ambiente específico, pois, nas expressões dos ganhos com base na média, são usados os componentes de variância genéticos da análise conjunta, que são livres do componente da interação genótipos por ambientes, demonstrando, dessa forma, os reais ganhos que podem ser obtidos na prática. A seleção baseada na média dos ambientes, embora com resposta inicial menor, tende a explorar o grupo de clones promissores quanto à adaptação geral que, em termos comerciais, apresenta maior viabilidade, pois, de modo geral, uma cultivar é explorada em uma ampla gama de ambientes. Esta tendência de seleção na média para adaptação ampla tem sido relatada por alguns autores (Jackson et al., 1995; Simmonds, 1991). Na cultura da cana-de-açúcar, Jackson & McRae (1998) correlacionaram a performance das famílias com os clones originários da sua seleção e observaram que o ganho foi maior quando se considerou o comportamento médio das famílias em vários ambientes.

Os progressos genéticos esperados nos ambientes, a partir da seleção baseada na média dos ambientes (Tabela 15), indicam a importância da seleção realizada a partir de resultados obtidos em vários ambientes, principalmente para porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos. Isso porque os progressos médios obtidos neste caso foram superiores aos obtidos a partir da seleção baseada no desempenho nos ambientes individuais e progresso na média (Tabela 14), ainda mais quando analisam-se as respostas correlacionadas, em que foram obtidos até valores negativos para porcentagem de tubérculos graúdos (Tabela 16).

Os dados da Tabela 17 apresentam as eficiências médias da seleção indireta. Verifica-se que os valores foram relativamente altos, contrastando com resultados obtidos por Lambert (2004). Para o caráter peso específico de

tubérculos, em média, foi até superior a 100%. De modo geral, na literatura, observa-se que a seleção direta é frequentemente mais eficiente do que a indireta, como sugerido pela teoria de Simmonds (1991). Nesse sentido, como fator limitante à obtenção de resultados mais condizentes e representativos, estariam o número pequeno de famílias avaliadas ou, até mesmo, a escolha de ambientes mais contrastantes que induziriam a explorar com maior intensidade a variância devido à interação genótipos x ambientes.

Desta forma, evidencia-se que há possibilidade de obter clones promissores em maior frequência nas famílias com desempenho superior.

TABELA 13. Progressos genéticos (%) esperados a partir da seleção baseada no desempenho no próprio ambiente, para as características produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Ambiente*	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
1	11,46	5,67	0,32
2	22,89	14,76	0,28
3	12,01	3,82	0,20
Média dos progressos	15,45	7,34	0,27

*1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada.

TABELA 14. Progressos genéticos (%) esperados na média dos ambientes, a partir da seleção baseada no desempenho nos ambientes individuais e na média dos ambientes, para as características produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Ambiente de seleção*	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
1	11,15	4,08	0,11
2	14,44	3,93	0,18
3	10,85	0,26	0,14
Média dos progressos	12,15	2,80	0,14
Seleção na média	9,77	4,79	0,15

*1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada.

TABELA 15. Progressos genéticos (%) esperados nos ambientes, a partir da seleção baseada na média dos ambientes, para as características produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Ambiente*	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
1	5,95	7,06	0,29
2	11,88	10,77	0,33
3	6,45	0,48	0,24
Média dos progressos	8,08	6,10	0,29

*1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada.

TABELA 16. Respostas correlacionadas (%) esperadas a partir da seleção baseada no desempenho nos ambientes individuais, para as características produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Ambiente de seleção*	Ambiente de resposta	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
1	2	15,93	15,45	0,19
1	3	12,73	4,16	0,19
2	1	10,33	12,72	0,24
2	3	14,51	-0,14	0,35
3	1	11,51	3,25	0,27
3	2	20,22	-0,14	0,39
Média		14,21	5,88	0,27

1 – Alfenas; 2 – Senador Amaral; 3 – Lagoa Dourada.

TABELA 17. Eficiências médias¹ (%) da seleção indireta em relação à seleção praticada a partir do desempenho no próprio ambiente, para as características produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos.

Ambiente*	Produção de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Peso específico de tubérculos
1	95,37	140,80	82,02
2	78,97	51,86	103,57
3	113,41	82,62	135,00
Média	95,92	91,76	106,86

¹ em cada linha, os valores representam a média das eficiências da seleção indireta praticada nos outros ambientes.

*1 – Alfenas ; 2 – Senador Amaral ; 3 – Lagoa Dourada.

3.3 Considerações finais

Como os resultados obtidos mostraram não haver interação significativa para produção, confrontando com resultados observados na literatura é aconselhável que eles sejam confirmados em outros experimentos;

Apesar dos resultados apontarem para uma possível eficiência da seleção de famílias em estágios precoces, aconselha-se a realização de avaliações com famílias que contenham maior número de clones, para viabilizar a confirmação dos resultados aqui obtidos, com maior grau de confiabilidade;

Avaliações além da segunda geração clonal são recomendadas, ao considerar que resultados mais confiáveis são obtidos em gerações mais avançadas no processo de melhoramento de batata, viabilizando, dessa forma, estimar a repetibilidade entre famílias e clones pertencentes a estas famílias;

4 CONCLUSÕES

Foi observado interação altamente significativa para o caráter peso específico de tubérculos.

As estimativas de ganhos esperados com a seleção na média dos ambientes proporcionam progressos genéticos consideráveis no caráter produção de tubérculos por planta.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNDT, G. C.; RUEDA, J. L.; KIDANE-MARIAM, H. M.; PELOQUIM, S. J. Pollen fertility in relation to open-pollinated true potato seed production in potato. **American Potato Journal**, Orono, v. 67, n. 8, p. 499-505, Aug. 1990.

BRESSIANI, J. A. **Seleção sequencial em cana-de-açúcar**. 2001. 104 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. v. 1, 390 p.

ELIAS, M.; SARKER, S.; BANIK, B. R. Genotype x environment interaction of true potato seed (TPS) progenies. **Indian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 29, n. 1, p. 79-82, 1995.

GOPAL, J. Between and within variation and family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics and Breeding**, Rome. v. 36, n. 3, p. 201-208, Sept. 2001.

JACKSON, P. A.; MCRAE, T. A. Gains from selection of broadly adapted and specifically adapted sugarcane families. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 151-162, Dec. 1998.

JACKSON, P. A.; MCRAE, T. A.; HOGARTH, D. M. Selection of sugarcane families across variable environments. I. Sources of variation and an optimal selection index. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 43, n. 2/3, p. 109-118, 1995.

LAMBERT, E. S. **Estratégias para o melhoramento da batata para condições tropicais**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOMENTÉ, V. G.; PINTO, C. A. B. P. Seleção de clones de batata em famílias obtidas por cruzamentos biparentais, polinização livre e autofecundação.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 30, n. 11, p. 1319-1325, nov. 1995.

ORTIZ, R.; GOLMIRZAIE, A. M. Genotype x environment interaction and selection in true potato seed breeding. **Experimental Agriculture**, v. 40, p. 99-107, 2004.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **A experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. v. 1, 326 p.

SATTERTWHAITE, F. E. Na approximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics**, Raleigh, v. 2, p. 110-114, 1946.

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

SIMMONDS, N. W. Selection for local adaptation in a plant breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 3, p. 363 – 367, 1991.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

TAI, G. C. C.; YOUNG, D. A. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. **American Potato Journal**, Orono, v. 61, n. 8, p. 419-434, Aug. 1984.

CAPÍTULO 3

SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA RESISTENTES À PINTA PRETA E TOLERANTES AO CALOR

RESUMO

SIMON, Gustavo André. **Seleção de clones de batata quanto à resistência à pinta preta e tolerância ao calor**. 2005. 114 p. Tese Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Condições climáticas observadas em algumas safras e regiões do Brasil em que é cultivada a batata, além de influenciarem diretamente na redução do rendimento e qualidade de tubérculos, favorecem à infecção e disseminação da pinta preta (*Alternaria solani*, Sorauer). Nesse sentido, este estudo teve o objetivo de identificar clones de batata que associem alto nível de resistência à pinta preta e tolerância ao calor. Foram conduzidos três ensaios, sendo um na safra de inverno no delineamento em látice quadrado simples 14 x 14. Dois ensaios idênticos foram conduzidos na safra das águas, no delineamento em látice quadrado 9 x 9, com três repetições, sendo um na ausência e o outro na presença da pinta preta. Além das análises de variância, foram estimados a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e o índice de seleção para diferentes condições ambientais. Evidencia-se que não há associação entre resistência à pinta preta e tolerância ao calor. Identificaram-se três clones tolerantes ao calor e responsivos aos ambientes favoráveis, além do que, apresentam altos níveis de resistência a pinta preta.

* Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

ABSTRACT

SIMON, Gustavo André. **Selection of potato clones to early blight resistance and heat tolerance**. 2004. 114 p. Thesis (Doctorate in Genetics and Plant Breeding) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.*

Environmental conditions during some growing seasons and regions in Brazil reduce tuber yield and quality and also favor infection and spread out with diseases such as early blight. The objective of this study was to identify potato clones associating high levels of resistance to early blight and to heat stress. Three experiments were conducted, one during the winter season in a simple 14 x 14 lattice design, and the other two during the water season, in a 9 x 9 lattice design with three replications. *Alternaria solani* was infected in one of these experiments while the other was kept free from the pathogen. Besides ANOVA the area under the disease progress curve (AUDPC) and selection indices were estimated for different environmental conditions. Results indicated no association between early blight resistance and heat tolerance. Three clones were identified showing heat tolerance and responsiveness to environmental improvement and also with high levels of resistance to early blight.

* Adviser Professor: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da batata está associada, geralmente, a graves problemas fitossanitários, principalmente em se tratando de doenças. Entre as doenças fúngicas consideradas mais importantes, em especial para as condições brasileiras, inclui-se a pinta preta causada pelo fungo *Alternaria solani*, Sorauer.

O número de cultivares com alto nível de resistência a esta doença é limitado ou até mesmo inexistente no comércio, o que implica na utilização, pelos agricultores, de materiais suscetíveis. Quando associada às condições climáticas favoráveis, a infecção pela pinta preta pode causar redução no rendimento, além de influenciar significativamente no aumento do custo de produção.

Entre os fatores climáticos, a temperatura é o principal obstáculo para a produção de batata em regiões tropicais. Por ser uma espécie adaptada ao clima ameno, as temperaturas elevadas, como as observadas em certas safras e regiões do Brasil, provocam, além da incidência de pinta preta, acentuada redução na produção e qualidade de tubérculos.

Condições climáticas desfavoráveis ao cultivo da batata podem afetar o rendimento da cultura de várias formas. Entre os aspectos mais importantes, as altas temperaturas provocam a redução geral no desenvolvimento das plantas, principalmente pela redução na capacidade fotossintética e perdas com a respiração. Há um atraso no início da tuberização, reduzindo a taxa de crescimento do tubérculo, devido à redução do período de acúmulo de reservas. Outro aspecto, que pode ser considerado de maior relevância, é com relação à diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos, diminuindo, assim, o seu teor de matéria seca, afetando consideravelmente a qualidade da batata para processamento na forma de fritura.

A associação das características de alta resistência à pinta preta e tolerância ao calor, em um mesmo material, é fundamental em programa de melhoramento de batata para regiões de clima tropical, podendo representar um aumento considerável de produção e redução no uso de defensivos agrícolas.

Considerando estes aspectos como sendo relevantes em programa de melhoramento de batata, o presente trabalho foi realizado com os objetivos de identificar clones de batata que associem alto nível de resistência à pinta preta e tolerância ao calor e obter informações sobre o comportamento de clones na presença e na ausência do fungo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve início em 2001, quando foram realizadas hibridações entre materiais provenientes do Banco de Germoplasma de Batata da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.1 Material experimental

Foram empregados dezesseis clones no processo de hibridação. Destes, oito foram escolhidos de um conjunto de clones previamente selecionados quanto à resistência à pinta preta, caracteres de produção e peso específico de tubérculos, obtidos por Martins (1995). Os outros oito clones foram escolhidos de um conjunto de clones previamente selecionados por Menezes (1999), quanto à tolerância ao calor, caracteres de produção e peso específico de tubérculos (Tabela 1).

2.2 Hibridações e obtenção da primeira e segunda geração clonal

Foram realizados cruzamentos biparentais entre o grupo de clones com resistência à pinta preta e o grupo de clones tolerantes ao calor, no período compreendido entre março e junho de 2001, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Biologia da UFLA.

TABELA 1. Clones utilizados no processo de hibridação e sua genealogia. Lavras, Minas Gerais.

Clone*	Genealogia	Clone**	Genealogia
PRM 67	Aracy x CFK 69-1	CBM 2-06	LT 7 x Aracy
PRM 149	Aracy x Baraka	CBM 3-26	DTO 28 x Itararé
PRM 461	CFK 69-1 x I 853	CBM 4-16	Baronesa x LT 7
PRM 466	CFK 69-1 x I 853	CBM 11-09	Itararé x Aracy
PRM 471	CFK 69-1 x I 853	CBM 14-16	Baronesa x Aracy
PRM 477	CFK 69-1 x I 853	CBM 15-25	DTO 28 x LT 8
PRM 513	Aracy x I 853	CBM 22-19	LT 9 x EPAMIG 76-0526
PRM 516	Aracy x I 853	CBM 26-22	LT 8 x EPAMIG 76-0580

* Selecionados por Martins (1995); ** Selecionados por Menezes (1999).

A partir dos cruzamentos biparentais foram obtidas doze famílias de irmãos germanos (Tabela 2). As sementes destas famílias foram submetidas à quebra de dormência, permanecendo por um período de 24 horas em solução contendo giberelina a 1.500 ppm, sendo, em seguida, secas à sombra. Posteriormente, as sementes foram plantadas em bandejas de plástico, contendo substrato e, após um período de 30 a 40 dias, foram transplantadas para bandejas de isopor de 128 células, onde permaneceram por mais 30 dias em casa de vegetação. Em seguida, foram transplantadas 3.500 plântulas para vasos, onde permaneceram até a colheita dos tubérculos da primeira geração clonal.

Na colheita da geração *seedling*, foram realizadas seleções visuais, eliminando aqueles que possuíam tubérculos com defeito. Foi mantido apenas um tubérculo de cada plântula restante, para a obtenção da segunda geração clonal. Os tubérculos dos 1.500 clones selecionados da primeira geração clonal foram plantados no município de São João da Mata, na safra das águas

(2002/2003). No processo da colheita, foi realizada seleção visual, considerando a qualidade externa dos tubérculos.

TABELA 2. Código e genealogia dos clones 'GSI'. Lavras, Minas Gerais.

Identificação	Família
GSI 1 - nº do clone	PRM 516 x CBM 22-19
GSI 2 - nº do clone	PRM 477 x CBM 15-25
GSI 3 - nº do clone	PRM 471 x CBM 26-22
GSI 4 - nº do clone	PRM 149 x CBM 11-09
GSI 5 - nº do clone	PRM 466 x CBM 26-22
GSI 6 - nº do clone	PRM 461 x CBM 2-06
GSI 7 - nº do clone	PRM 67 x CBM 2-06
GSI 8 - nº do clone	PRM 471 x CBM 4-16
GSI 9 - nº do clone	PRM 67 x CBM 3-26
GSI 10 - nº do clone	PRM 513 x CBM 14-16
GSI 11 - nº do clone	PRM 461 x CBM 3-26
GSI 12 - nº do clone	PRM 477 x CBM 22-19

2.3 Experimento da safra de inverno de 2003

2.3.1 Material experimental

Os materiais genéticos utilizados para a instalação deste experimento, consistiram de 192 clones de segunda geração clonal, previamente selecionados pela aparência externa dos tubérculos, oriundos do campo de multiplicação estabelecido no município de São João da Mata, Minas Gerais. As testemunhas incluídas neste estudo foram as cultivares Monalisa, Asterix, Bintje e Aracy.

2.3.2 Delineamento e condução do experimento

Os tubérculos-semente obtidos no campo de multiplicação de São João da Mata foram mantidos em câmara frigorífica a 4°C e 85% de umidade relativa até um mês antes da instalação do experimento, quando foram colocados em condições de ambiente natural para induzir a brotação espontânea dos tubérculos. Os tubérculos-semente das cultivares Asterix e Monalisa foram adquiridos de produtores de batata-semente idôneos. Os tubérculos-semente das cultivares Binjte e Aracy foram obtidos no Banco de Germoplasma de Batata do Departamento de Biologia da UFLA. Sempre que possível, foi dada preferência ao uso de tubérculos-semente com tamanho e brotação uniformes, para minimizar a contribuição desses fatores no erro experimental.

A instalação do experimento ocorreu na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA, localizada a 21°14' de latitude sul, 40°17' de longitude oeste e a uma altitude de 918m, no município de Lavras, Minas Gerais. O experimento foi conduzido no período compreendido entre maio e agosto de 2003.

O solo foi preparado por meio de aração e gradagem, após o quê, a área foi sulcada, colocando-se nos sulcos de plantio adubação correspondente a 3.000kg ha^{-1} do formulado comercial 04-14-08 (N, P_2O_5 , K_2O). No sulco de plantio foi feita também a aplicação de 13kg ha^{-1} do inseticida granulado Aldicarb. Após, aproximadamente, 40 dias do plantio, na ocasião da amontoa, foi realizada uma adubação de cobertura com 300kg ha^{-1} do formulado comercial 20-00-20 (N, P_2O_5 , K_2O).

O controle de plantas daninhas, insetos pragas, doenças e demais tratos culturais seguiu os critérios normalmente empregados para a produção comercial de batata na região sul do estado de Minas Gerais. As irrigações obedeceram a um turno de rega semanal desde o plantio, sendo suspensas por volta de duas semanas antes da colheita do experimento.

O delineamento experimental empregado foi o látice quadrado 14×14 , com duas repetições e parcelas constituídas de duas plantas espaçadas de $0,30\text{m}$ entre plantas por $0,80\text{m}$ entre linhas.

2.4 Experimentos da safra das águas de 2003/2004

2.4.1 Material experimental

Avaliaram-se, nesta safra, em dois experimentos com os mesmos tratamentos, 77 clones de terceira geração, oriundos do experimento do item 2.3, previamente selecionados para aparência externa. As testemunhas incluídas nos dois experimentos foram as cultivares Monalisa, Asterix, Bintje e Aracy.

2.4.2 Delineamento e condução dos experimentos

Os tubérculos-semente colhidos na safra de inverno foram mantidos em câmara fria por aproximadamente, 30 dias, e posteriormente colocados em temperatura ambiente para induzir a brotação espontânea, por volta de 40 dias do plantio.

Foram conduzidos dois experimentos simultaneamente, na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA. Os experimentos foram conduzidos no período compreendido entre dezembro de 2003 e abril de 2004. O preparo do solo, a adubação e os tratamentos culturais foram idênticos aos descritos no item 2.3.2, a exceção da aplicação de fungicida, que não foi realizada no experimento conduzido para avaliação da reação de resistência dos tratamentos à pinta preta.

O delineamento experimental empregado em ambos os experimentos foi o látice quadrado 9 x 9, com três repetições e parcelas constituídas de duas plantas espaçadas de 0,30m entre plantas por 0,80m entre linhas.

Foram incluídas bordaduras internas com a cultivar Monalisa, no experimento conduzido para avaliação da reação de resistência dos tratamentos à pinta preta. Neste experimento, foram realizadas duas inoculações do fungo *Alternaria solani*, aos 55 e 65 dias após o plantio. Seguiu-se a metodologia descrita por Reifschneider et al. (1986), utilizando-se folhas e ramos de batata com sintomas da doença, previamente coletados, desidratados à sombra e macerados, sendo posteriormente distribuídos uniformemente sobre as parcelas que foram avaliadas e bordaduras internas.

O outro experimento foi conduzido de forma a possibilitar a avaliação de clones de batata quanto à tolerância ao calor e o comportamento na ausência da doença.

2.5 Características avaliadas

Tanto no experimento da safra de inverno como nos experimentos da safra das águas, foram avaliadas as seguintes características:

- ciclo vegetativo: número de dias da emergência à seca natural das ramas, considerando a data em que 50% das plantas da parcela estavam emergidas (data de emergência) ou secas (data de senescência);

- produção total de tubérculos por planta: produção total da parcela dividida pelo número de plantas da parcela (g/planta);

- porcentagem de tubérculos graúdos: produção de tubérculos com diâmetro maior que 45mm, dividida pela produção total da parcela;

- peso específico de tubérculos: determinado pela expressão $d = \frac{\text{peso no ar}}{(\text{peso no ar} - \text{peso na água})}$, obtidos em balança hidrostática;

- aparência externa de tubérculos (formato, coloração e aspereza da película e profundidade de olhos): através de notas variando de 1 (tubérculos com má aparência) a 5 (tubérculos com ótima aparência).

Na safra das águas, ao avaliar a aparência externa de tubérculos, foi considerada também a presença de defeitos fisiológicos (tubérculos rachados e embonecados).

Além destas características, foi avaliada a reação dos tratamentos à pinta preta no experimento inoculado. O nível de resistência de campo à pinta preta, foi avaliado a partir da realização de duas avaliações (Jeger & Rollinson, 2001), aos 85 e 95 dias após o plantio, utilizando uma escala diagramática para facilitar a indexação, apresentada por Reifschneider et al. (1984). As notas foram dadas de acordo com a porcentagem de área com tecido lesionado, numa escala variando de 1 a 5 (1 = 0%; 2 = 1%-25%; 3 = 26%-50%; 4 = 51%-75% e 5 = 76-100%), por três avaliadores de forma independente. A média das três notas foi

utilizada para estimar a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD), empregando-se a metodologia de Shaner & Finney (1977).

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i)/2] [X_{i+1} - X_i]$$

em que Y_i é a severidade da doença (nota por parcela em %) na i ésima observação; X_i é o tempo (dias) na i ésima observação e n é o número total de observações.

Para auxílio da seleção de clones superiores, foi utilizado o índice com base na soma de postos (Mulamba & Mock, 1978). Esse índice consiste em classificar os materiais em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. As ordens referentes a cada caráter são somadas, resultando em uma medida tomada como índice para seleção dos materiais (Cruz & Regazzi, 1997). Os caracteres usados para a construção das médias do índice foram produção de tubérculos por planta, porcentagem de tubérculos graúdos, peso específico de tubérculos que são considerados relevantes, tanto pela sua importância agrônômica como industrial. No experimento não inoculado da safra das águas, foi considerada também a aparência externa dos tubérculos.

2.6 Análises estatísticas

2.6.1 Análises de variância

Foram realizadas análises de variância para todos os caracteres avaliados, bem como para o índice com base na soma de postos de Mulamba & Mock (1978), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + b_{(j)k} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : é a observação referente ao clone ou testemunha i no bloco k dentro da repetição j ;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio;

t_i : é o efeito aleatório do clone ou testemunha i , sendo ($i = 1, 2, \dots, m$);

r_j : é o efeito aleatório da repetição j , sendo ($j = 1, 2, \dots, n$);

$b_{(j)k}$: é o efeito aleatório do bloco k , na repetição j , sendo ($k = 1, 2, \dots, v$);

e_{ijk} : é o efeito aleatório do erro experimental da parcela que recebeu o clone ou testemunha i no floco k dentro da repetição j , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Posteriormente, foi realizada análise de variância conjunta, envolvendo os dois experimentos da safra das águas 2003/2004 (um conduzido na presença e outro na ausência da doença), conforme o seguinte modelo estatístico (Ramalho et al., 2000; Steel & Torrie, 1980):

$$Y_{ijkl} = \mu + t_i + a_l + (ta)_{il} + r_{j(l)} + b_{(j)k} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} : é a observação referente ao clone i no bloco k , na repetição j , dentro do experimento l ;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio;

t_i : é o efeito aleatório do clone ou testemunha i , sendo ($i = 1, 2, \dots, m$);

a_l : é o efeito fixo do experimento l ($l = 1, 2$);

$(ta)_{il}$: é o efeito da interação do clone i com o experimento l ;

$r_{j(l)}$: é o efeito aleatório da repetição j , sendo ($j = 1, 2, \dots, n$), dentro do experimento l ;

$b_{(j)k}$: é o efeito aleatório do bloco k , na repetição j , sendo ($k = 1, 2, \dots, v$);

e_{ijl} : é o efeito aleatório do erro experimental médio, da parcela que recebeu o genótipo i na repetição j dentro do experimento l , assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Para a realização das análises individuais e conjunta, foram utilizados os programas estatísticos MSTAT-C e SISVAR.

2.6.2 Estimativa de parâmetros genéticos

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) para os caracteres avaliados nos experimentos de clones, de acordo com o procedimento mostrado por Venkovsky & Barriga (1992). Foram estimadas as herdabilidades no sentido amplo, por meio da expressão:

$$h_a^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_e^2 + \sigma_G^2} \cdot 100$$

em que:

σ_G^2 : é a variância genética;

σ_e^2 : é a variância residual.

Foram também obtidos os coeficientes de variação genética e ambiental para as características, a partir das expressões:

$$CV_G (\%) = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{m} \quad \text{e} \quad CV_e (\%) = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{m}$$

em que:

CV_G : é o coeficiente de variação genética em porcentagem;

CV_e : é o coeficiente de variação ambiental em porcentagem;

m : é a média geral do ensaio para a característica considerada;

σ_G^2 : é a variância genética;

σ^2 : é a variância residual.

2.6.3 Correlação fenotípica

As estimativas de correlação fenotípicas entre as características foram obtidas de acordo com a expressão apresentada por Cruz & Regazzi (1997):

$$r_{F_{xy}} = \frac{PMC_{xy}}{\sqrt{\sigma_{F_x}^2 \cdot \sigma_{F_y}^2}}$$

em que:

$r_{F_{xy}}$: é o coeficiente de correlação fenotípica entre as características x e y;

PMC_{xy} : é o produto médio para clone nas características x e y;

$\sigma_{F_x}^2$: é a variância fenotípica da característica x;

σ_{Fy}^2 : é a variância fenotípica da característica y.

Os coeficientes de correlação foram testados pela estatística t, para a verificação da hipótese de nulidade ($H_0: \rho=0$), a partir da expressão (Cruz & Regazzi, 1997):

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$$

em que t está associado a n-2 graus de liberdade e nível de significância α .

2.6.4 Índice de seleção para diferentes condições ambientais

Foi calculado índice de seleção para auxiliar na discriminação de clones tolerantes ao calor e responsivos a melhoria do ambiente, conforme a seguinte expressão (Parentoni et al., 2001):

$$I_4 = \frac{(pe_i * pa_i)}{\bar{pe} * \bar{pa}}$$

em que:

pe_i : média para a característica do genótipo i nos ambientes com estresse;

pa_i : média para a característica do genótipo i nos ambientes sem estresse;

\bar{pe} : média de todos os genótipos sob condições de estresse;

\bar{pa} : média de todos os genótipos na ausência de estresse.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resistência à pinta preta

A reação à pinta preta, avaliada a partir de notas aos 85 e 95 dias após o plantio, apresentou diferenças significativas ($P < 0,01$), em ambas as avaliações, conforme pode ser visualizado na Tabela 3. Isto permite inferir a existência de variabilidade para esta característica, inclusive no tocante à segunda avaliação, realizada aos 95 dias, época em que as plantas já apresentavam sinais de senescência.

Considerando o início deste processo, juntamente com a possibilidade de ocorrência de outros patógenos durante a segunda metade do ciclo vegetativo da cultura e processo natural de senescência, é possível que os prejuízos provocados pela pinta preta sejam superestimados (Brandolini, 1992). Nota-se que as avaliações foram realizadas em época avançada do ciclo da cultura, principalmente devido à baixa incidência da doença, consequência provável da ocorrência de umidade relativa com maior frequência abaixo de 80% na fase inicial do ciclo do experimento (Figura 1).

Como era de se esperar, observou-se que a média na segunda avaliação foi maior que a média na primeira, sendo característica desta doença promover mais infecção no final do ciclo da cultura.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo, baseadas nas observações dos clones individuais, foram relativamente altas, ao contrário dos moderados valores encontrados por Martins (1995), indicando que, neste caso, pode haver precisão na seleção de clones, considerando as avaliações individuais.

Na tentativa de verificar a existência de interação entre épocas de avaliação da incidência da doença e clones, realizou-se a análise de variância conjunta, considerando-se o efeito das avaliações aos 85 e 95 dias após plantio sobre o comportamento dos clones (Tabela 3).

TABELA 3. Resumo da análise de variância, considerando o efeito das avaliações individuais e conjunta. Lavras, Minas Gerais.

Fonte de variação	GL	Nota na 1 ^a avaliação	Nota na 2 ^a avaliação	Conjunta	
		QM	QM	GL	QM
Tratamentos (T)	80	0,87 **	0,66 **	80	0,88 **
Avaliações (A)	1	-	-	1	10,80 **
T x A	80	-	-	80	0,14
Erro	136	0,20	0,17	272	0,18
Média		2,31	2,68		2,50
CV		19,32	15,24		17,82
h_a^2		0,77	0,74		0,84

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

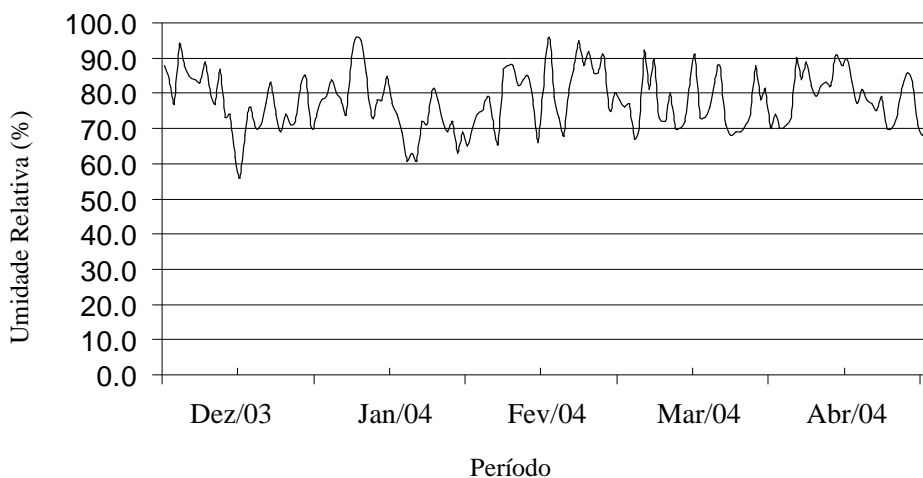


FIGURA 1. Gráfico dos níveis de umidade relativa do ar, durante o período em que foi conduzido o experimento na presença da doença. Lavras, Minas Gerais.

Verifica-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) entre as duas avaliações, ressaltando o que foi comentado anteriormente a respeito da segunda avaliação, ou seja, apesar de não ter tido média muito superior a primeira avaliação, foi significativamente maior.

Em relação ao efeito interação avaliações x tratamentos, observa-se que não houve significância, de forma similar ao encontrado por Martins (1995), porém, contrastando com a alta significância observada por Pinto et al. (2002). Esta falta de interação significativa indica que existe uma concordância na discriminação de tratamentos resistentes e suscetíveis nas duas épocas de avaliações e que a avaliação aos 95 dias, apesar de tardia, pode ser utilizada na correta discriminação dos tratamentos quanto ao nível de resistência. No entanto, diversos trabalhos têm demonstrado que a avaliação da resistência à pinta preta, a partir de uma única avaliação, não permite discriminar, de forma precisa, clones com alto nível de resistência, em termos epidemiológicos (Boiteux et al., 1995; Holley et al., 1983).

A resistência caracterizada como sendo do tipo redutora de taxa de infecção (*rate-reducing*) não inibe completamente a disseminação do patógeno e a avaliação realizada a partir de apenas um dado momento no ciclo epidemiológico pode subestimar ou superestimar o real nível de resistência do genótipo (Boiteux & Reifschneider, 1993). Para tanto, foram consideradas as duas avaliações para fins de estimativa de área abaixo da curva de progresso da doença, o qual é um dos principais parâmetros utilizados na epidemiologia comparativa (Kushalappa, 1984).

Realizou-se, ainda, a análise de variância conjunta, entre os três avaliadores, para cada época de avaliação da reação dos clones à doença, que pode ser visualizada na Tabela 4. Os resultados mostram que não houve diferença significativa tanto para avaliadores quanto para a interação tratamentos x avaliadores, demonstrando que não ocorreu diferença de critérios entre os avaliadores. Principalmente, pôde-se constatar que os clones resistentes ou suscetíveis foram identificados de forma concordante por todos os avaliadores e as médias podem proporcionar alto grau de confiabilidade para a seleção dos mais resistentes.

TABELA 4. Resumo da análise de variância, considerando os efeitos dos avaliadores, tratamentos e interação avaliadores e tratamentos. Lavras, Minas Gerais.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Nota na 1ª avaliação	Nota na 2ª avaliação
Tratamentos (T)	80	2,65 **	2,00 **
Avaliadores (A)	2	0,69	0,47
T x A	160	0,07	0,05
Erro	484	0,24	0,20
Média		2,32	2,68
CV		21,03	16,62

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

Os resumos das análises de variância do experimento conduzido na presença da doença encontram-se na Tabela 5. Observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) para todas as características, inclusive para área abaixo da curva de progresso da doença, indicando haver variabilidade para esta característica no grupo de clones avaliados.

Na Tabela 5 também são apresentadas as médias do ensaio, o coeficiente de variação ambiental, a herdabilidade no sentido amplo e a relação entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental, para os caracteres. Ressalta-se que a herdabilidade para porcentagem de tubérculos graúdos foi a mais alta (0,85), seguida da estimada para AACPD (0,76). O valor de herdabilidade para este último caráter se assemelha aos citados em algumas literaturas (Christ & Haynes, 2001), porém, inferior ao estimado por Pinto et al. (2002). A curva de progresso da doença obtida pela plotagem da severidade da doença versus tempo é considerada a melhor representação de um ciclo epidêmico (Bergalim Filho, 1995). Em se tratando de resistência à pinta preta, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) é um dos principais critérios empregados em pesquisa objetivando discriminar o nível de resistência de diferentes clones e tem sido utilizada por vários pesquisadores (Boiteux & Reifschneider, 1993; Boiteux et al., 1995; Christ & Haynes, 2001; Pinto et al., 2002).

TABELA 5. Resumo da análise de variância para as características produção de tubérculos, peso específico, aparência externa de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e AACPD, na presença da doença, safra das águas. Lavras, Minas Gerais.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Produção de tubérculos (g/planta)	Peso específico de tubérculos	Aparência de tubérculos	% de tubérculos graúdos	AACPD #
Clones	80	337364,07 **	$2,00 \times 10^{-4}$ **	0,73 **	1186,12 **	17441,3 **
Erro	136	112470,54	$5,15 \times 10^{-5}$	0,21	180,91	4255,1
Média		1068,09	1,0610	1,94	58,17	218,83
CV		30,16	0,67	23,86	23,12	29,81
h^2_a		0,67	0,74	0,71	0,85	0,76
CV_G/CV_e		0,82	0,98	0,91	1,36	1,02

** significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F. # Área abaixo da curva de progresso da doença.

Na Tabela 6 estão representados os resumos das análises de variância do experimento conduzido na ausência da doença. Observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,01$) para todas as características, o que evidencia a existência de variabilidade genética quanto à tolerância ao fator de estress provocado pelas altas temperaturas.

Também são apresentadas as médias do ensaio, o coeficiente de variação ambiental, a herdabilidade no sentido amplo e a relação entre o coeficiente de variação genético e coeficiente de variação ambiental, para os caracteres na Tabela 6. Como era de se esperar, a média geral do experimento conduzido na ausência da doença foi aproximadamente 15% superior ao experimento conduzido na presença da doença. Apesar da ocorrência tardia da pinta preta, a mesma provocou redução no rendimento de tubérculos. As demais características não foram afetadas drasticamente pela incidência da doença.

TABELA 6. Resumo da análise de variância para as características produção de tubérculos, peso específico, aparência externa de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e índice de Mulamba e Mock, na ausência da doença, safra das águas. Lavras, Minas Gerais.

Fonte de variação	GL	Produção de tubérculos (g/planta)	Peso específico de tubérculos	Quadrado médio de Aparência de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Índice Mulamba e Mock
Clones	80	862898,15 **	$1,75 \times 10^{-4}$ **	0,56 **	858,97 **	8534,12 **
Erro	136	334995,97	$5,15 \times 10^{-5}$	0,24	209,57	2458,11
Média		1219,65	1,0618	1,71	61,58	174,59
CV		47,21	0,70	28,39	23,51	28,40
h_a^2		0,61	0,71	0,57	0,76	0,71
CV_G/CV_e		0,72	0,89	0,67	1,02	0,91

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

Os resumos da análises de variância conjunta são apresentados na Tabela 7. Observa-se que houve diferença significativa ($P < 0,05$) na interação, apenas para peso específico de tubérculos e aparência externa, que podem ter sido influenciados pela redução do ciclo dos clones no ensaio conduzido na presença da doença. A não significância para os caracteres produção de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos, indica que o comportamento dos clones foi consistente em ambas as condições de cultivo, ou seja, tanto na presença quanto na ausência de doença, não houve diferença no desempenho dos clones. Estes resultados vão contra o que se poderia esperar, porém, condizem com a realidade, em que a incidência da doença ocorreu muito tardiamente, influenciando de forma modesta na redução do rendimento de tubérculos.

TABELA 7. Resumo da análise de variância conjunta para as características produção de tubérculos, peso específico, aparência externa de tubérculos e porcentagem de tubérculos graúdos, safra das águas. Lavras, Minas Gerais.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Produção de tubérculos (g/planta)	Peso específico de tubérculos	Aparência de tubérculos	% de Tubérculos graúdos
Experimentos (E)	1	2788471,14 **	$8,1 \times 10^{-5}$ **	5,87 **	1390,29 **
Tratamentos (T)	80	942839,01 **	$3,03 \times 10^{-4}$ **	0,97 **	1844,79 **
E x T	80	257745,46	$7,2 \times 10^{-5}$ *	0,33 *	205,71
Erro médio	272	217601,60	$5,15 \times 10^{-5}$	0,23	195,24
Média		1143,86	1,0614	1,8	59,86
CV		25,62	0,47	18,18	13,83
h_a^2		0,73	0,77	0,66	0,89
CV_G/CV_e		0,72	0,86	0,68	1,18

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Com o intuito de conhecer, de forma mais detalhada, o comportamento dos clones na condição de estresse proporcionada pela presença da pinta preta, foram comparadas as médias dos dez clones mais resistentes e dos dez mais suscetíveis, bem como as médias das cultivares testemunhas. As médias de produção de tubérculos do experimento conduzido na ausência da doença e do experimento conduzido na presença da doença, juntamente com as médias de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e ciclo dos clones estão apresentadas na Tabela 8.

Os resultados confirmam o que já era conhecido, ou seja, que a cultivar Aracy apresenta altos níveis de resistência à pinta preta, principalmente comparadas com as demais testemunhas, destacando-se, como padrão de suscetibilidade, a cultivar Bintje. Vale salientar que os valores de AACPD são inversamente proporcionais ao nível de resistência à pinta preta. Observa-se ainda que os dez clones com maior nível de resistência à pinta preta superaram a

cultivar Aracy, padrão de resistência, enquanto que os dez clones considerados mais suscetíveis apresentaram valores de AACPD superiores à cultivar Bintje.

A média de produção de tubérculos dos dez clones mais resistentes, no experimento conduzido na presença da doença, foi superior à média dos mesmos clones no experimento conduzido na ausência da doença (Tabela 8). Esperava-se que não houvesse diferença ou que ocorresse o contrário, porém, com pequena diferença, considerando a similaridade nas condições ambientais em que foram conduzidos os dois ensaios e, por apresentarem altos níveis de resistência, o rendimento de tubérculos destes clones não seria afetado sob a incidência da pinta preta.

TABELA 8. Médias dos dez clones mais resistentes e dos dez mais suscetíveis à pinta preta para as características produção de tubérculos no experimento conduzido na ausência da doença e no experimento conduzido na presença de doença, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e ciclo. Lavras, Minas Gerais.

	Clones 'GSI'	Produção (g/planta) CAD ¹	Produção (g/planta) CPD ²	AACPD	Ciclo (DAE) ³
10 clones mais resistentes	1-26	375	575	45,2	112
	9-09	933	867	61,9	111
	3-03	954	700	92,1	119
	1-05	913	1242	107,3	116
	1-01	483	458	109,9	99
	1-19	333	1108	109,9	104
	6-04	792	933	121,4	99
	12-23	813	642	125,6	106
	1-06	1354	1650	138,3	115
	12-03	1867	2017	138,5	111
	Média	882	1019	105,0	109
10 clones mais suscetíveis	5-26	1933	1583	318,5	115
	12-02	1875	1375	318,8	109
	1-08	800	958	319,4	107
	4-07	808	1042	330,6	100
	12-04	2117	1242	331,1	106
	11-03	958	1058	354,6	107
	6-02	908	625	365,2	106
	5-03	483	842	367,2	105
	11-02	792	1150	377,0	96
	2-08	792	1117	399,7	91
	Média	1147	1099	348,2	104
Testemunhas	Aracy	808	854	179,7	104
	Asterix	1017	992	226,8	91
	Monalisa	504	683	228,5	85
	Bintje	406	633	262,0	93

¹ CAD: conduzido na ausência da doença, ² CPD: conduzido na presença da doença, ³ DAE: dias após a emergência.

A média dos dez clones mais suscetíveis avaliados na ausência da doença foi superior aos mesmos dez clones avaliados na presença da doença, o que era de se esperar, tendo em vista que a incidência da doença provoca redução no potencial produtivo dos clones.

Na Tabela 9, estão mostrados os resultados da análise de correlação fenotípica entre caracteres agronômicos, considerando dados do experimento conduzido na ausência da doença, incluindo a característica AACPD. Os resultados corroboram com o que muitos pesquisadores já tinham afirmado a respeito da correlação entre resistência à pinta preta e ao ciclo tardio da cultura. Observa-se valor negativo e altamente significativo entre AACPD e ciclo, indicando que os clones com ciclo vegetativo mais longo apresentam maiores níveis de resistência à pinta preta.

Alguns pesquisadores relataram que a resistência à pinta preta não se trata de resistência genética verdadeira, mas ela é atribuída ao ciclo vegetativo da planta (Barratt & Richards, 1944; Douglas & Pavék, 1972). Apesar deste fato ocorrer com frequência, não se pode afirmar que não exista resistência genética, tendo em vista que os resultados deste trabalho evidenciam existir clones com alto nível de resistência e com ciclo inferior a 100 DAE. Dessa maneira, um caminho importante apontado por alguns pesquisadores, é em relação à concentração de esforços no processo de seleção de clones com maturação intermediária com nível de resistência semelhante ao de clones mais tardios.

TABELA 9. Coeficientes de correlação fenotípica entre médias dos tratamentos para características agrônômicas, na safra das águas, do experimento conduzido na ausência da doença área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do experimento conduzido na presença da doença. Lavras, Minas Gerais.

	Produção (g/planta)	Peso específico de tubérculos (PET)	% de Tubérculos graúdos (PTG)	Aparência externa (AE)	Ciclo
PET	0,3450 **				
PTG	0,3519 **	-0,0462			
AE	0,0616	0,0413	0,1591		
Ciclo	0,2588 **	0,3662 **	-0,1942	-0,3716 **	
AACPD	-0,0070	-0,1200	0,2030	0,3440 *	-0,5150 **

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

3.2 Tolerância ao calor

Os resumos das análises de variâncias do experimento conduzido na safra de inverno de 2003 estão apresentados na Tabela 1A. Foi observado diferença significativa entre tratamentos para todos os caracteres avaliados, o que permite concluir sobre a existência de alta variabilidade entre os clones avaliados, em relação ao ambiente favorável.

No intuito de estabelecer um critério para visualização e interpretação dos resultados dos ensaios conduzidos nas safras de inverno e de verão (safra das águas), foi estabelecida uma tabela que contém as médias de produção de tubérculos por planta e peso específico de tubérculos na presença e na ausência de estresse ambiental e o respectivo índice de seleção, empregado para diferentes ambientes, dos 12 clones coincidentes no quadrante I dos gráficos 1 e 2 (Tabela 10).

As diferenças entre as médias de produção obtidas na safra das águas e as médias obtidas na safra de inverno foram relativamente pequenas. Normalmente, o que foi constatado por alguns pesquisadores, é que as médias de produção de tubérculos, quando clones ou cultivares são avaliados na safra das águas, ficam bem abaixo das médias dos mesmos materiais, quando testados na safra de inverno. Neste caso específico, as pequenas diferenças devem-se, principalmente, ao fato de terem sido avaliados clones derivados de parentais altamente tolerantes ao calor. Outro motivo está relacionado às condições climáticas no período do desenvolvimento do ensaio das águas, o qual apresentou temperaturas amenas durante o dia e mais baixas durante a noite.

Entre os clones que se destacaram na safra de inverno, em relação à característica produção de tubérculo por planta, é possível identificar alguns com maior potencial produtivo que outros, na safra das águas. O objetivo da pesquisa nem sempre se limita à identificação de clones que sejam altamente tolerantes ao

calor, mas sim, à seleção de clones que apresentem esta característica e sejam responsivos à melhoria ambiental. Neste aspecto, o índice de seleção estimado auxilia consideravelmente na identificação e seleção de clones promissores.

TABELA 10. Médias de produção de tubérculos por planta e peso específico de tubérculos na presença (PE) e ausência de estresse ambiental (AE), respectivamente da safra das águas de 2004 e inverno de 2003, de 12 clones coincidentes no quadrante I dos gráficos 1 e 2, com os respectivos índices de seleção (IS).

Clones 'GSI'	Produção (g/pl) (PE)	Produção (g/pl) (AE)	IS	Peso específico (PE)	Peso específico (AE)	IS
1,14	1517	873	0,83	1,0760	1,0750	1,02
1,23	892	1540	0,86	1,0660	1,0860	1,02
5,18	1975	1793	2,23	1,0680	1,0790	1,01
5,24	1425	2028	1,82	1,0650	1,0830	1,01
6,07	1467	1272	1,17	1,0690	1,0740	1,00
8,03	1583	1134	1,13	1,0630	1,0750	1,00
9,02	1708	1336	1,44	1,0630	1,0800	1,00
9,08	1283	1338	1,08	1,0710	1,0890	1,02
12,03	908	1182	0,68	1,0580	1,0770	1,00
12,04	1142	871	0,63	1,0640	1,0720	1,00
12,21	375	1019	0,24	1,0560	1,0750	1,00
12,29	1533	1199	1,16	1,0640	1,0680	1,00

Conforme sugerido por alguns autores, melhora-se a visualização dos resultados plotando-se as médias das variáveis ou o índice de seleção em um gráfico (Lambert, 2004). Foram plotadas as médias de produção de tubérculos dos clones no ambiente favorável no eixo x e as médias no ambiente de estresse no eixo y (Figura 2). Duas retas cortam os eixos x e y, considerando, respectivamente, a média na safra de inverno dos clones selecionados e a média do experimento conduzido na ausência da pinta preta, na safra das águas. Com isso, criaram-se quatro quadrantes, à semelhança do índice apresentado por Nicholaides & Piha (1987), citados por Parentoni et al. (2001). A partir deste gráfico, é possível visualizar quais clones são responsivos à melhoria ambiental e que possuem médias altas no ambiente desfavorável, visto no quadrante I do gráfico da Figura 2.

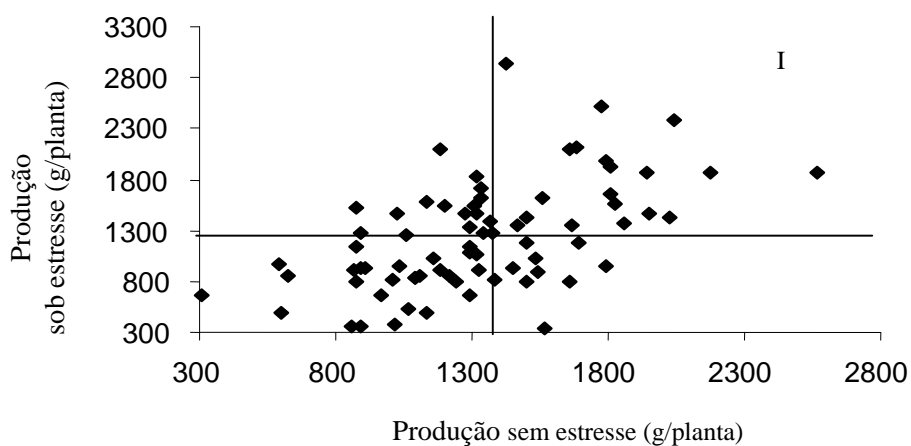


FIGURA 2. Relação entre médias de produção de tubérculos dos clones na condição favorável (eixo x) e sob estresse (eixo y).

Da mesma forma que foi observado por Menezes et al. (2001), na sua maioria, os melhores clones para a safra de inverno não apresentaram comportamento equivalente na safra das águas. Este padrão de comportamento indica que os alelos que controlam a produção em ambientes favoráveis não são os mesmos que controlam a produção sob estresse (Cecarelli et al., 1992).

Os 24 clones “GSI” localizados no quadrante I, produtivos no ambiente sob estresse e responsivos à melhoria ambiental são os seguintes: 12-03, 2-18, 12-21, 1-23, 1-17, 12-02, 8-03, 1-14, 6-07, 5-26, 5-18, 12-27, 12-04, 1-06, 5-10, 12-41, 5-24, 12-31, 10-01, 9-02, 12-06, 9-08, 5-34 e 12-29. Todos estes clones apresentaram valores de índice de seleção superior a um, o que reforça a qualidade dos mesmos em relação ao caráter produção de tubérculo por planta.

A mesma ferramenta foi utilizada para visualização dos resultados referentes ao caráter peso específico de tubérculos (Figura 3). Nesta característica, pequenas diferenças, tanto na média como no índice de seleção, representam considerável valor qualitativo. Cada aumento de 0,005 unidade no peso específico representa cerca de 1% no teor de matéria seca de tubérculos, sendo desejáveis genótipos com valores acima de 20% de matéria seca.

Neste caso, os 29 clones “GSI” localizados no quadrante I, os quais apresentaram índice de seleção para peso específico de tubérculos igual ou superior a um, são os seguintes: 1-02, 1-05, 1-10, 1-14, 1-15, 1-23, 2-05, 4-05, 5-04, 5-13, 5-16, 5-18, 5-24, 6-02, 6-03, 6-07, 7-08, 8-03, 8-04, 9-02, 9-08, 9-09, 11-03, 11-04, 12-03, 12-04, 12-21, 12-23 e 12-29.

Quando se deseja ser mais criterioso no processo de identificação de clones tolerantes ao calor e responsivos ao ambiente favorável, deve-se considerar os clones localizados no quadrante I coincidentes, ou seja, tanto no gráfico de produção de tubérculos por planta, como no gráfico de peso específico de tubérculos. Os 12 clones “GSI” coincidentes são os seguintes: 1-14, 1-23, 5-18, 5-24, 6-07, 8-03, 9-02, 9-08, 12-03, 12-04, 12-21 e 12-29.

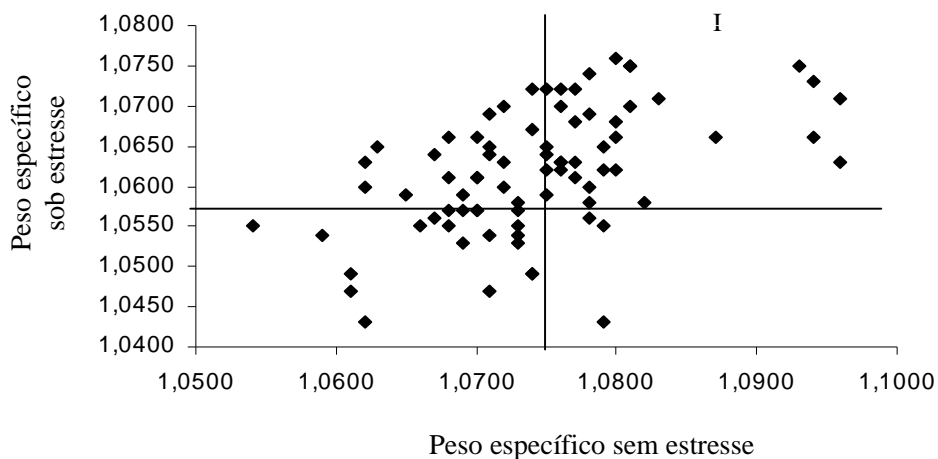


FIGURA 3. Relação entre médias de peso específico de tubérculos na condição favorável (eixo x) e sob estresse (eixo y).

3.3 Associação entre resistência à pinta preta e tolerância ao calor

O resultado da plotagem das informações a respeito da resistência à pinta preta, medida pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em relação ao Índice de Mulamba e Mock com dados da safra das águas, está apresentado na Figura 4. Foram plotadas as médias de AACPD no eixo x e resultado do Índice de Mulamba e Mock no eixo y. Duas retas cortam os eixos x e y, respectivamente na médias da cultivar padrão de resistência Aracy e na média do ensaio conduzido na safra das águas na ausência de doença. Dessa forma, os clones com maior nível de resistência à pinta preta e com alto grau de tolerância ao calor, localizados no quadrante I, são facilmente identificados.

Os 13 clones localizados no quadrante I do Gráfico 4 são os seguintes: 1-15, 4-05, 5-04, 5-10, 5-16, 5-24, 5-33, 8-04, 9-09, 12-03, 12-04, 12-23, 12-32. É relativamente pequeno o número de clones que apresentam associação entre as duas características. Esta indicação é reforçada pelos resultados de correlação fenotípica mostrados na Tabela 11.

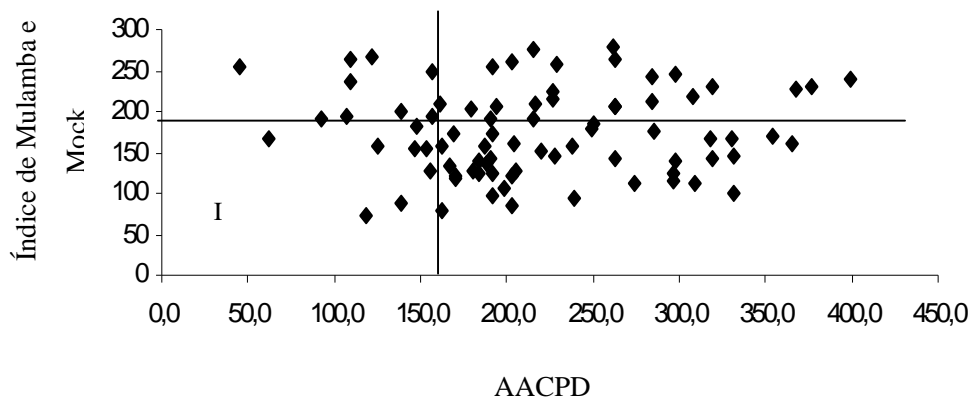


FIGURA 4. Relação entre médias de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (eixo x) e índice da soma de postos de Mulamba e Mock 1978 (safra das águas) (eixo y).

TABELA 11. Coeficientes de correlação fenotípica entre as médias de área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e os índices de seleção para a produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos, aparência externa de tubérculos e índice de Mulamba e Mock na safra das águas. Lavras, Minas Gerais.

	AACPD
Produção de tubérculos	-0,035
Porcentagem de tubérculos graúdos	0,212
Peso específico de tubérculos	-0,099
Aparência externa de tubérculos	0,325*
Índice de Mulamba e Mock	0,046

* significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de t.

Os resultados de correlação fenotípica indicam não haver associação entre resistência à pinta preta e tolerância ao calor, em virtude dos baixos valores. Mesmo havendo significância da correlação entre AACPD e aparência externa de tubérculos, o valor é relativamente baixo, o que não traz segurança para afirmar que exista associação entre tolerância ao calor e resistência à pinta preta.

Além disso, o que já dificulta grandemente o trabalho de melhoramento com o objetivo de selecionar clones que associem ambas características, é o insignificante número de clones que apresentaram tanto níveis consideráveis de resistência à pinta preta e tolerância ao calor e que comportam-se de forma responsiva à melhoria ambiental. Neste aspecto, apenas três clones são consistentes, são eles: GSI 5-24, GSI 12-03 e GSI 12-04.

Dessa forma, fica claro que, por não haver associação entre os caracteres tolerância ao calor e resistência à pinta preta, são distintos os genes que controlam ambas as características. Sendo assim, a pesquisa com melhoramento genético terá mais progresso quando realizada de forma criteriosa, considerando os dois fatores individualmente. Tendo em vista a importância da busca por clones que se adaptem às condições climáticas brasileiras, preconiza-se a seleção para materiais com maior nível de tolerância ao calor e, dentre estes, os com considerável resistência à doença fúngica causada pelo *Alternaria solani*.

4 CONCLUSÕES

Observou-se um número considerável de clones com alto nível de resistência à pinta preta, até mesmo superando a cultivar Aracy, considerada padrão de resistência por vários autores.

Apesar das condições climáticas não terem sido favoráveis à pressão de seleção para tolerância ao calor, foi possível identificar clones com desempenho satisfatório sob estresse ambiental. Mesmo em decorrência de maior número de clones com adaptação específica a uma determinada condição ambiental, é possível selecionar genótipos promissores e com bom desempenho, em ambas as condições ambientais.

A seleção indireta considerando tolerância ao calor e resistência à pinta preta não é indicada, em decorrência dos baixos valores de correlação encontrados entre as duas características.

Por meio dos cruzamentos entre genitores resistentes à pinta preta e tolerantes ao calor, foi possível selecionar três clones considerados tolerantes ao calor e responsivos aos ambientes favoráveis e que apresentam alto nível de resistência à pinta preta causada pelo fungo *Alteranaria solani*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRATT, R. W.; RICHARDS, M. C. Physiological maturity in relation to *Alternaria blight* in the tomato. **Phytopathology**, St. Paul, v. 34, n. 12, p. 997, Dec. 1944. Abstract.
- BERGAMIM FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Editora Ceres,
- BOITEUX, L. S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Identificação e caracterização da resistência do tipo redutora de taxas de progresso de pinta preta (*Alternaria solani*) em clones de batata. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 86-90, mar. 1993.
- BOITEUX, L. S.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; FONSECA, M. E. N.; BUSO, J. A. Search for sources of early blight (*Alternaria solani*) field resistance not associated with vegetative late maturity in tetraploid potato germplasm. **Euphytica**, Wageningen, v. 83, n. 1, p. 63-70, 1995.
- BRANDOLINI, A. Genetical variation for resistance to *Alternaria solani* in an advanced population of potatoes. **Annals of Applied Biology**, London, v. 120, n. 2, p. 353-360, Apr. 1992.
- CECARELLI, S.; GRANDO, S.; HAMBLIN, J. Relationship between grain yield measured in low and high-yielding environments. **Euphytica**, Wageningen, v. 64, n. 1/2, p. 49-58, 1992.
- CHRIST, B. J.; HAYNES, K. G. Inheritance of resistance to early blight disease in a diploid potato population. **Plant Breeding**, Berlin, v. 120, n. 2, p. 169-172, Apr. 2001.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- DOUGLAS, D. R.; PAVEK, J. J. Screening potatoes for field resistance to early blight. **American Potato Journal**, Orono, v. 49, n. 1, p. 1-16, Jan. 1972.

HOLLEY, J. D.; HALL, R.; HOFSTRA, G. Identification of rate-reducing resistance to early blight in potato. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 5, p. 111-114, June 1983.

JEGER, M. J.; ROLLINSON, S. L. H. V. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 1, p. 32-40, Jan. 2001.

KUSHALAPPA, A. C. Proportions of areas under the disease progress and host removal curves, in relation to that under host growth curve. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 9, p. 277-281, 1984.

LAMBERT, E. S. **Estratégias para o melhoramento da batata para condições tropicais**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, P. R. **Capacidade de combinação de cultivares de batata para reação à pinta preta e outros caracteres agronômicos**. 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MENEZES, C. B. de. **Escolha de genitores e seleção de clones de batata para as safras de inverno e das águas**. 1999. 117 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MENEZES, C. B. de; PINTO, C. A. B. P.; LAMBERT, E. S. Combining Ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 145-157, Apr./June 2001.

MULAMBA, N. K.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Citology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

PARENTONI, S. N.; ALVES, V. M. C.; MILACH, S. K.; CANÇADO, G. M. A.; BAHIA FILHO, A. F. C. Melhoramento para tolerância ao alumínio como fator de adaptação a solos ácidos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap. 25, p. 783-852.

PINTO, C. A. B. P.; FARIA, C. A. de; LAMBERT, E. S. Potato clones resistance to early and late blight. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, n. 2, p. 189-196, June 2002.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; CORDEIRO, C. M. T.; FILGUEIRA, F. A. R. Resistência da batata a *Alternaria solani*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 22-25, jun. 1986.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F. A. R. Illustrated key for the evaluation of early blight potatoes. **FAO Plant Protection Bull**, Rome, v. 32, n. 3, 1984.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, Aug. 1977.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: SBG, 1992. 496 p.

ANEXO

ANEXO A	Página
TABELA 1A	
Resumo da análise de variância para as características produção de tubérculos por planta, peso específico de tubérculos, aparência externa de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos, índice de Mulamba e Mock e ciclo, de clones da segunda geração, avaliados na safra de inverno de 2003.....	114

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para as características produção de tubérculos por planta, peso específico de tubérculos, aparência de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos, índice de Mulamba e Mock e ciclo, de clones da segunda geração, avaliados na safra de inverno. Lavras, 2002.

FV	GL	Quadrado Médio					
		Produção (g/planta)	Peso específico de tubérculos	Aparência de tubérculos	% de tubérculos graúdos	Índice Mulamba e Mock	Ciclo (dias)
Clones	195	409251,71**	$1,6 \times 10^{-4}$ **	0,92**	405,78**	16007,58**	114,59**
Erro	169	135304,33	$6,1 \times 10^{-5}$	0,36	169,34	6230,90	67,40
Média		1245,51	1,0713	1,84	79,70	286,51	106,63
CV		29,53	0,74	32,60	16,33	27,55	7,70
h_a^2		0,67	0,62	0,61	0,58	0,61	0,41
CV_G/CV_e		1,01	0,90	0,88	0,84	0,89	0,59

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