



IZABEL CRISTINA RODRIGUES DE FIGUEIREDO

**SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS
DE BATATA VISANDO A TOLERÂNCIA AO
CALOR**

LAVRAS - MG

2013

IZABEL CRISTINA RODRIGUES DE FIGUEIREDO

**SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE BATATA VISANDO
A TOLERÂNCIA AO CALOR**

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

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Figueiredo, Izabel Cristina Rodrigues de.

Seleção entre e dentro de famílias de batata visando a tolerância
ao calor / Izabel Cristina Rodrigues de Figueiredo. – Lavras : UFLA,
2013.

67 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. *Solanum tuberosum*. 2. Batata - Seleção precoce. 3. Batata -
Seleção de famílias. 4. Batata - Seleção de clones. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.53

IZABEL CRISTINA RODRIGUES DE FIGUEIREDO

**SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE BATATA VISANDO
A TOLERÂNCIA AO CALOR**

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

APROVADA em 25 de outubro de 2013.

Dr. Cícero Beserra de Menezes	EMBRAPA
Dr. Adriano Teodoro Bruzi	UFLA
Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua	EPAMIG
Dr. João Cândido de Souza	UFLA

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto
Orientador

LAVRAS – MG

2013

Aos meus amados pais, José Rodrigues e Vera Dulce, meus irmãos, Júlio e Edilene e ao meu namorado, Demerson.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu companheiro de todas as horas, por me mostrar a direção nos momentos difíceis da minha vida.

Aos meus pais e irmãos, meus alicerces, pelo amor, exemplo e apoio incondicional.

Ao Demerson, pelo carinho e paciência durante todos esses anos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador Prof. César Brasil, pela valiosa orientação, ensinamentos transmitidos, amizade e convivência agradável durante essa caminhada.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e, em especial, ao Raimundo, pela grandiosa ajuda e parceria no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos membros da banca avaliadora, Cícero Beserra de Menezes, Adriano Teodoro Bruzi, Joaquim Gonçalves de Pádua e João Cândido de Souza, pelas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Aos amigos “batateiros”, Guilherme, Leandro, Sílvia, Danilo, Carol, Márcio, Otávio, Gustavo, Cláudio, Pedro, Rafa, Fran, Vanessa, Vitor e Tiago que tornaram meus dias de trabalho mais alegres e que sempre estiveram dispostas a ajudar.

A toda minha família, em especial, ao Ulisses, primo e amigo, pelos conselhos precisos e ajuda indispensável.

A todos os amigos do Núcleo de Estudos de Genética (GEN), especialmente Flávia, Lidiane, Paulo Edu, Igor, Monik, e Josiel, pela amizade e conhecimentos compartilhados.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial, Dona Irondina, Dú, Lilian, Zélia e Rafaela, pela amizade e convivência diária.

A todos que me ajudaram, direta ou indiretamente, que torceram ou oraram por mim.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO GERAL

O alvo do melhoramento de batata é a seleção de clones. Portanto, a seleção de famílias seria apenas uma estratégia inicial para reduzir o tamanho da população e viabilizar melhor avaliação desses clones. O objetivo deste trabalho foi avaliar em nível de famílias a eficiência da seleção nas gerações precoces para diversos caracteres visando a tolerância ao calor e verificar a associação entre as melhores famílias vs. os melhores clones. Foram avaliadas 30 famílias na geração seedling (GS), primeira geração clonal (PGC) em campo e casa de vegetação sob condições de temperaturas elevadas e segunda geração clonal (SGC) sob temperaturas amenas e obtidas as médias ajustadas das famílias para cada geração. Foram selecionadas 16 famílias na PGC com base em produtividade e os clones dessas famílias foram avaliados em experimentos nas safras de inverno e “das águas”. Os resultados indicam eficiência da seleção de famílias desde a geração GS para formato de tubérculos. Também observou-se eficiência da seleção de famílias para produtividade e peso específico de tubérculos sob condições de temperaturas elevadas na PGC em campo, na SGC em condições de temperaturas amenas e na média das condições contrastantes de temperaturas. Verificou-se que a avaliação da PGC em vasos de 0,5L na casa de vegetação, não contribuiu em melhorar a eficiência da seleção de famílias. A seleção clonal permitiu identificar clones tolerantes ao calor e responsivos a condições mais favoráveis de temperaturas.

Palavras-chave: Seleção precoce. Seleção de famílias. Seleção de clones. *Solanum tuberosum*.

GENERAL ABSTRACT

The aim of the potato breeding is the selection of clones. Therefore, the selection of families is only an initial strategy to reduce the population size and enable better assessment of clones from the selected families. The purpose of this study was to evaluate at family level the efficiency of selection in early generations for various characters aiming heat tolerance and the association among the best families and the best clones . Thirty families were evaluated in the seedling generation (GS), first clonal generation (PGC) in the field and in the greenhouse under high temperature conditions and second clonal generation (SGC) under mild temperatures and obtained adjusted means for each generation of families. Sixteen families from the PGC were selected based on tuber productivity and clones of these families were evaluated in the winter and "rainy" growing seasons. The results indicate the efficacy of family selection in the GS generation for tuber shape. It was also observed efficacy of family selection for tuber yield and tuber specific gravity under high temperature conditions in the PGC in the field, in the SGC under mild temperatures and in the average of the contrasting temperatures. It was found that the assessment of the PGC in 0.5 L pots in the greenhouse did not contribute to improving the efficiency of family selection. Clonal selection identified clones heat tolerant and responsive to more favorable temperatures.

Keywords: Early selection. Family selection. Clonal selection. *Solanum tuberosum*.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	100
1	INTRODUÇÃO GERAL	100
2	REFERENCIAL TEÓRICO	122
2.1	Melhoramento de batata para tolerância ao calor	122
2.1.1	Importância	12
2.1.2	Efeitos de temperaturas elevadas na cultura da batata	17
2.1.3	Estratégias visando à seleção para tolerância ao calor em batata	17
2.2	Seleção precoce	20
2.3	Seleção de famílias clonais	25
	REFERÊNCIAS	29
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO	37
	ARTIGO 1 Seleção entre e dentro de famílias de batata visando a tolerância ao calor	Erro! Indicador não definido.

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da batata tem origem nos Andes e Bolívia perto do Lago Titicaca, a 3800 metros acima do nível do mar, em uma região caracterizada por fotoperíodo curto, temperaturas amenas e elevada altitude (BIRCH et al., 2012). Com a colonização espanhola a cultura foi levada para a Europa no século XVI, adaptando-se as condições temperadas, com temperaturas mais amenas e fotoperíodo mais longo.

A batata chegou ao Brasil vinda da Europa com a colonização portuguesa, adquirindo importância econômica por volta de 1950. Por ter sido domesticada em condições temperadas, a quase totalidade das cultivares plantadas em nossas condições são de origem europeia e americana. Assim, a bataticultura brasileira encontra problemas devido a não adaptação as condições de clima quente e fotoperíodo curto, fatores responsáveis pela redução na produtividade e na qualidade fisiológica e sanitária dos tubérculos.

A temperatura elevada é um dos principais fatores que dificultam o cultivo da batata em condições brasileiras. A tolerância ao calor é um caráter controlado por vários genes e com isso, os programas de melhoramento encontram dificuldades em selecionar genótipos tolerantes ao calor. Um método de melhoramento para este complexo caráter que tem se mostrado eficiente para produtividade, qualidade e resistência a doenças quantitativas é a seleção recorrente (BRADSHAW; DALE; MACKAY, 2009). Ainda, para o caso específico da batata, a seleção recorrente é de grande interesse para promover a formação de populações de base ampla adaptadas ao calor, que poderiam ser usadas para a seleção de clones. Mas, para o sucesso desse método, é preciso uma boa avaliação do material gerado em cada ciclo. Ao mesmo tempo, esta

avaliação deve ser rápida e eficaz. Por sua vez, a seleção de famílias vem se mostrando eficiente em vários trabalhos, principalmente com cana-de-açúcar, mas também com batata. Porém, a eficiência desse método não foi avaliada em gerações precoces (geração seedling e primeira geração clonal) da cultura da batata sob condições de calor.

Este trabalho teve por objetivos foi avaliar em nível de famílias clonais a eficiência da seleção nas gerações precoces para diversos caracteres visando tolerância ao calor e verificar se existe associação entre as melhores famílias vs. os melhores clones.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Melhoramento de batata para tolerância ao calor

2.1.1 Importância

O cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.) tem cerca de oito mil anos e sua origem ocorreu nos Andes na fronteira entre o Peru e a Bolívia. Acredita-se que sua domesticação pode ter sido a 3800 m acima do nível do mar, em torno do Lago Titicaca (BIRCH et al., 2012), em uma região caracterizada por fotoperíodo curto, elevada intensidade luminosa, baixas temperaturas e alta umidade relativa do ar (LEVY; VEILLEUX, 2007). Com a colonização espanhola, a batata foi levada para a Europa no século XVI, tornando um importante alimento devido a sua capacidade produtiva e qualidades nutritivas. Com sua importância alimentar sendo reconhecida, passou a ser cultivada em todo continente, e por um sistemático processo de seleção visando à adaptação aos dias longos.

Atualmente, é plantada em mais de 149 países (BIRCH et al., 2012), em regiões de clima temperado, tropical e subtropical. Porém, nos países de clima tropical, a batateira não encontra condições ideais para o bom desenvolvimento, como fotoperíodo curto e temperaturas elevadas, sendo acometida por estresses bióticos e abióticos sob as condições climáticas mais adversas encontradas nestas regiões (PINTO; BENITES, 2006).

Além disso, a maioria das cultivares de batata utilizada no Brasil desde a introdução da cultura no país é oriunda de programas de melhoramento desenvolvidos em países de clima temperado, principalmente da Europa. Porém quando submetidas às condições tropicais brasileiras, apresentam produtividades e qualidades culinárias abaixo do potencial genético. A produtividade nacional foi de 26,6 t ha⁻¹ em 2012 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2013), enquanto países como Reino Unido, Estados

Unidos, Alemanha e Holanda atingiram produtividades em torno de 41, 42, 43 e 46 t ha⁻¹, respectivamente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2013). Assim, é de fundamental importância a condução de programas de melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares de batata adaptadas as condições tropicais, com maior produtividade, melhor qualidade dos tubérculos, além de maiores níveis de resistência a pragas e doenças, visando à redução dos custos de produção.

2.1.2 Efeitos de temperaturas elevadas na cultura da batata

O cultivo da batata no Brasil pode ser realizado durante todo o ano em três safras distintas: de janeiro a março (safra “da seca”), de abril a julho (safra de inverno) e de agosto a dezembro (safra “das águas”) (DIAS, 1993). Embora o plantio se concentre nos estados do sul e em regiões com altitudes elevadas nos estados do sudeste, onde as temperaturas são mais amenas, as condições climáticas são imprevisíveis e temperaturas acima das ideais podem ocorrer principalmente nas safras das águas.

As temperaturas para o desenvolvimento da cultura da batata são variáveis, mas a temperatura ideal de cultivo está entre 10° e 20°C (ANTUNES; FORTES, 1981), sendo que a maioria das cultivares comerciais, tuberizam melhor com temperaturas médias pouco acima de 15,5°C. Borah e Milthorpe (1962) constataram que a temperatura ideal para a formação de tubérculos foi de 20°C. Em baixas temperaturas (15°C), a tuberação atrasou uma semana, enquanto em temperaturas maiores (25°C), a tuberação foi atrasada em três semanas. Dados mais recentes apontam que a temperatura ideal está entre 15° e 18°C, e que temperaturas noturnas acima de 22°C reduzem significativamente a produção de tubérculos (HAVERKORT, 1990).

Temperaturas acima dos níveis ideais durante o dia ou à noite, reduzem a produção de tubérculos, porém temperaturas noturnas elevadas são mais deletérias. Temperaturas noturnas baixas são muito importantes, visto que a produção dos tubérculos depende da fotossíntese, respiração e da quantidade de fotoassimilados disponíveis a serem translocados para os tubérculos. Com a temperatura noturna mais baixa que a diurna, ocorre um gradiente que proporciona a fotossíntese líquida (diferença entre o que é produzido na fotossíntese e gasto na respiração) ser acumulada e translocada para os tubérculos, proporcionando maior produção (PINTO; BENITES, 2006). Levy e Veilleux (2007) comentam que o cultivo da batata em baixas temperaturas, especialmente à noite, incrementa o número de tubérculos por planta.

A redução da produtividade a partir de um limite máximo de temperatura pode ser explicada pela inibição da fotossíntese à medida que a temperatura aumenta. Burton (1981) cita que a temperatura ótima para a fotossíntese nas cultivares europeias, está em torno de 20°C, e a cada elevação de 5°C na temperatura da folha, há uma redução de aproximadamente 25% na taxa fotossintética, e a respiração foliar pode ser dobrada pelo aumento de 10°C. Hammes e Jager (1990) realizaram estudo em câmaras de crescimento com temperaturas de 15 a 40°C e relataram grande declínio na taxa fotossintética em clones de batata sensíveis ao calor em comparação com os tolerantes. Aien, Khetarpal e Pal (2011) utilizando cultivares de batatas sensíveis e tolerantes a altas temperaturas em cinco ambientes diferentes, revelaram que a taxa fotossintética diminuiu em todas as cultivares sob temperaturas elevadas e a magnitude da redução foi semelhante em todos os tratamentos.

As altas temperaturas podem afetar a planta de batata de várias maneiras, dependendo da fase de desenvolvimento em que ocorrem, sendo críticas principalmente no período de formação de tubérculos. Apresenta também um efeito importante sobre a partição de fotoassimilados para as

diferentes partes da planta, sendo que as altas temperaturas favorecem o desenvolvimento da parte aérea em detrimento da acumulação de reservas nos tubérculos (DAM; KOOMAN; STRUIK, 1996).

Menezes et al. (1999) observaram que na safra “das águas” ocorreu menor translocação de fotoassimilados para os tubérculos, o que resultou em cerca de 25,5% de decréscimo na produção de tubérculos. Esses resultados corroboram com diversos autores (DAM; KOOMAN; STRUIK, 1996; SARQUÍS; GONZÁLES; BERNAL-LUGO, 1996), os quais afirmam que o maior problema de cultivo da batata onde há incidência de altas temperaturas, não é a redução no desenvolvimento total da planta, mas sim a mudança na partição de fotoassimilados.

Em regiões tropicais, Souza (2003) observou que, sob altas temperaturas em pós-emergência inicial, as folhas são menores e mais numerosas, com formação de área foliar mais rápida do que regiões frias. Entretanto, a longevidade das folhas é menor, as hastes são mais reduzidas e com formação de folhagem abaixo do suficiente para aproveitar a energia luminosa disponível para a produção de matéria seca. O crescimento das raízes é também mais reduzido, o que é uma desvantagem pela maior necessidade de absorção de água e nutrientes para possibilitar o metabolismo mais rápido da planta.

Além disso, as altas temperaturas afetam a qualidade interna de tubérculos pela diminuição do teor de matéria seca (PRANGE et al., 1990). Isto é extremamente importante, pois quanto maior o teor de matéria seca, melhor é a qualidade de tubérculos para fritura, além de melhorias na textura e sabor. Menezes et al. (1999) verificaram que a densidade dos tubérculos decresceu de 1,076 na safra de inverno para 1,055 na safra “das águas”.

Haverkort e Harris (1987) relacionaram temperatura a conteúdo de matéria seca e verificaram que sua concentração nos tubérculos decresceu 0,45% a cada 1°C de aumento na temperatura, partindo de uma porcentagem inicial de

20% e temperatura média de 14°C. Os mesmos autores indicaram ainda que o tamanho de tubérculos também diminui com o aumento na temperatura devido à sua correlação negativa com número de tubérculos por planta. O número de tubérculos por planta aumentou em 1,68 tubérculo a cada 1°C de aumento na temperatura, também partindo de uma temperatura inicial de 14°C.

O cultivo sob altas temperaturas provoca também alterações no aspecto qualitativo do tubérculo, aumentando a porcentagem de tubérculos com rachaduras, embonecamento ou crescimento secundário, coração oco, coração preto e mancha chocolate.

A rachadura corresponde a fissuras na superfície do tubérculo e pode variar de rasa a muito profunda. Essas fissuras no tubérculo são uma resposta fisiológica a mudanças nas condições de crescimento e está associada, geralmente, a temperaturas elevadas e déficit hídrico, embora tenha sido também associada com a infecção por certos agentes patogênicos, como os vírus (CARNEGIE; MCCREATH, 2010). Já o embonecamento está associado a condições que dão origem ao crescimento desuniforme do tubérculo, geralmente devido à disponibilidade irregular de nutrientes de solo, temperaturas extremas e desfolha da planta, seguido de regeneração do sistema foliar (BERG; STRUICK; EWING, 1990). Quando as condições melhoram, reinicia-se o desenvolvimento do tubérculo, formando crescimentos secundários.

O coração oco é um distúrbio fisiológico interno que ocorre após um período de estresse de calor e caracteriza-se por uma região celular morta no centro do tubérculo que resulta em tecido castanho. Quanto maior for o tubérculo e quanto mais rápido ele cresce, maior a suscetibilidade da incidência de coração oco. O distúrbio é relatado como não prejudicial e não afeta o gosto do tubérculo de batata (ZOTARELLI et al., 2012a), mas representa um problema muito sério quando os tubérculos são cortados ao meio.

O chocolate ou necrose interna do tubérculo é um distúrbio fisiológico que provoca um escurecimento interno inaceitável no tubérculo e pode causar perdas econômicas ao produtor. Suas principais causas são alta temperatura do solo, umidade do solo inadequada e má nutrição das plantas. Em condições de estresses, água e nutrientes são exportados do sistema vascular para a parte aérea causando um anel vascular no interior do tubérculo que deterioriza-se e torna-se necrótico (ZOTARELLI et al., 2012b).

Outro ponto relevante é o fato de que as mudanças climáticas afetam as interações entre os patógenos e os insetos-pragas e insetos-vetores com as plantas da batata. Embora isso não seja válido para todos os casos, pode-se afirmar que, de modo geral, aumentam os problemas com pragas e doenças pelo aumento de temperatura, justificado por Haverkort e Verhagen (2008) por proporcionar mais ciclos de multiplicação e maior pressão de patógenos. Além disso, provoca alterações no nível de resistência das plantas a doenças e na patogenicidade dos agentes etiológicos, bem como nas interações hospedeiro-patógeno (WAALS et al., 2013).

2.1.3 Estratégias visando à seleção para tolerância ao calor em batata

A tolerância ao calor em batata tem sido relatada tanto em cultivares e espécies de *Solanum* silvestres (LEVY; VEILLEUX, 2007). Segundo Levy, Kastenbaum e Itzhak (1991), a tolerância ao estresse parece envolver mecanismos bastante complexos e, em um genótipo adaptado espera-se ter uma combinação de genes para tolerância ao calor e bom desempenho no campo.

Em batata, uma estratégia que permite verificar variabilidade genética ao estresse severo de calor é a aclimação prévia dos seedlings, pois assim avalia-se uma grande quantidade de genótipos em curto espaço de tempo. Este método foi proposto porque a aplicação direta do estresse severo de calor reduzia a

variabilidade, sendo este mais fidedigno ao que acontece em condições de campo onde a temperatura aumenta gradualmente até atingir o pico. Este fenômeno é o principal aspecto da resposta de aclimação denominado como termotolerância adquirida. Isto envolve a expressão de diversos genes de estresse que respondem a manter a homeostase metabólica durante o estresse ou de ser capaz de restabelecer após o período de estresse. Assim, a importância de uma característica fisiológica ou bioquímica para termotolerância pode ser melhor estudado por exposição de seedlings a uma temperatura de aclimação sub letal. O princípio fundamental da aclimação é expor inicialmente os seedlings a uma temperatura menos severa antes de serem submetidos a temperaturas mais elevadas. A sobrevivência e a capacidade de recuperação dos seedlings ao estresse são consideradas como critério para se chegar a melhores níveis de estresse de aclimação (SENTHIL-KUMAR et al., 2007).

Sattelmacher (1983) avaliou a capacidade de tuberização em populações de seedlings a altas temperaturas. A avaliação era feita na terceira e sétima semanas, correspondendo à produtividade aos 50 dias e ao final do ciclo respectivamente. Levy, Kastenbaum e Itzhak (1991) testaram seedlings para tolerância a temperaturas elevadas em ambiente controlado (30-35°C/dia e 20-22°C/noite; 13h de fotoperíodo) derivados de cruzamento entre parentais tolerantes e sensíveis ao calor. Sob estas condições, 0,4 a 3,9% dos seedlings formaram tubérculos após 88 dias. Os seedlings foram posteriormente transferidos para temperaturas mais baixas (24-25°C/dia e 15-16°C/noite) para permitir o crescimento dos tubérculos. Após 69 dias em temperaturas amenas, 44 a 72% das plantas formaram tubérculos. Assim, a maturação tardia parece ser mais desejável para se ter altas produtividades em condições de calor (LEVY; VEILLEUX, 2007).

O programa de melhoramento do CIP (Centro Internacional de La Papa) para tolerância ao calor teve início com 6000 clones e depois de sete ciclos de seleção recorrente para precocidade e tolerância ao calor se conseguiu o progresso

de 30% em produtividade. Alguns clones avançados deste programa são DTO-2, DTO-28, DTO-33, N565.1, LT-1, LT-2, LT-4, LT-5, LT-6 e LT-7. Todos esses clones são tolerantes ao calor, com maturação entre 75-90 dias e têm constituição genética de tuberosum, neotuberosum, phureja e stenotorum. Adicionalmente, os clones LT-8 e LT-9 são híbridos tuberosum x andigena, imunes ao PVY e PVX, precoces e tolerantes ao calor (MENDOZA, 1990).

No Brasil, o início dos trabalhos de melhoramento visando a adaptação ao clima tropical foi feito pelo programa de melhoramento de batata da UFLA, através da introdução dos clones LT-7 (Clones Low Tropic), LT-8, LT-9 e DTO-28 liberados como tolerantes ao calor pelo CIP. Esses clones foram avaliados em condições de altas temperaturas do sul de Minas Gerais (MENEZES et al., 1999) com o objetivo de serem utilizados em cruzamentos futuramente. Os autores observaram que as temperaturas elevadas reduziram a produção de tubérculos principalmente devido ao atraso na tuberização, redução da partição de fotoassimilados para os tubérculos, redução da matéria seca e aumento na porcentagem de tubérculos rachados e embonecados.

Os clones introduzidos do CIP foram cruzados com cultivares e clones brasileiros, tais como Itararé, Baronesa, Aracy, EPAMIG 76-0580 e EPAMIG 76-0526 e a cultivar holandesa Baraka. Os clones obtidos foram avaliados nas safras de inverno e das águas em três localidades de Minas Gerais. As altas temperaturas afetaram significativamente a produção, o teor de matéria seca e a ocorrência de desordens fisiológicas nos tubérculos. O clone tolerante ao calor LT-7 apresentou alta capacidade geral de combinação (CGC) para elevar a produtividade de tubérculos e o peso específico de tubérculos, e ainda, alta CGC para reduzir a incidência de desordens fisiológicas (embonecamento e rachaduras) (MENEZES; PINTO; LAMBERT, 2001).

Inúmeros clones foram selecionados a partir deste trabalho e avaliados posteriormente por vários anos nas safras de inverno e das águas, sempre

demonstrando superioridade nas condições adversas de temperatura. Lambert, Pinto e Menezes (2006) estudaram o comportamento de 51 clones quanto à produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em diferentes localidades, anos e épocas de plantio no sul de Minas Gerais. Com o objetivo de obter clones tolerantes ao calor e responsivos à melhoria ambiental, os autores recomendam como estratégia de seleção de clones, utilizar a média dos ambientes contrastantes.

Outra estratégia de seleção que visa reunir o maior número de alelos favoráveis em uma cultivar é por meio de sucessivos ciclos de seleção e recombinação das melhores famílias, ou seja, seleção recorrente (RAMALHO et al., 2012). Assim, Benites e Pinto (2011) verificaram o progresso genético de clones avançados de batata, quando aplicaram dois ciclos de seleção recorrente visando à seleção de clones tolerantes ao calor nas condições do sul de Minas Gerais. Os ganhos genéticos para caracteres dos tubérculos na média das duas safras foram de 37,8 % (produtividade), 13,0 % (peso médio), 32,4 % (porcentagem de graúdos), 0,8 % (peso específico) e 16,6 % (nota de aparência). Observaram-se, ainda, redução na porcentagem de desordens fisiológicas (embonecamento e rachaduras).

2.2 Seleção precoce

O melhoramento genético para a obtenção de novas cultivares é uma tarefa de longo prazo. Porém, uma alternativa para acelerar este processo é realizar a seleção precoce, ou seja, a seleção nas primeiras gerações após a hibridação. A eliminação dos genótipos inferiores o mais cedo possível, por menor que seja a pressão de seleção, implica em redução de gastos com mão de obra, materiais de consumo e área de plantio nas sucessivas gerações de cultivo, possibilitando direcionar esforços para populações que proporcionem maior probabilidade de obtenção de genótipos superiores (SILVA; PEREIRA, 2011).

Nas gerações iniciais dos programas de melhoramento da batata, a disponibilidade de tubérculos é limitada e o número de genótipos, geralmente, é elevado, impossibilitando avaliações com parcelas maiores e maior número de repetições. Assim, a seleção precoce diminui o número de clones a serem avaliados nas fases seguintes, viabilizando a avaliação com maior precisão dos clones remanescentes e a utilização de melhores delineamentos estatísticos.

Normalmente, os programas de melhoramento de batata iniciam-se com a realização de hibridações controladas, obtendo-se sementes botânicas, que dão origem à geração seedling. As plântulas são cultivadas em vasos de pequeno volume, produzindo poucos tubérculos de tamanho reduzido. Mesmo nas subseqüentes gerações iniciais de multiplicação, a disponibilidade de tubérculos ainda é pequena, de maneira que a seleção deveria ser conduzida apenas para características de alta herdabilidade.

Resultados de alguns trabalhos indicam que a eficiência da seleção em gerações precoces é baixa a muito baixa. Consideram ainda que a geração seedling deve servir apenas para produção de tubérculos para o plantio no campo na geração seguinte (BROWN et al., 1984; GOPAL; MINOCHA, 1997).

Várias causas têm sido apontadas para esta baixa eficiência. Brown et al. (1984) e Rowell, Ewing e Plaisted (1986) argumentam que as plântulas desenvolvidas dentro de casas de vegetação não exibem muitas das características indesejáveis que ocorrem no campo, e portanto, existem poucos caracteres bem definidos para servirem como critério para a seleção. Outro problema é que plântulas que apresentam boa produção na casa de vegetação possuem maior probabilidade de serem selecionadas na primeira geração clonal do que menos produtivas. Isto ocorre porque aquelas plântulas também possuem tubérculos mais pesados, que irão influenciar favoravelmente a produção das plantas de primeira geração clonal (BROWN et al., 1984; GOPAL, 1997; PINTO; VALVERDE; ROSSI, 1994). Outra dificuldade apresentada é que as

condições de plantio na casa de vegetação e no campo são muito diferentes das realizadas para plantas provenientes de tubérculos maiores.

Swiezynski (1968) observou que para o caráter rendimento, eliminando-se a influência do tamanho de tubérculo, o valor de correlação entre a geração seedling e primeira geração clonal diminuiu de 0,35 para 0,17. O autor verificou também que para os caracteres uniformidade de formato de tubérculo e profundidade dos olhos, os tubérculos maiores apresentaram valores de correlação mais elevados entre geração seedling e primeira geração clonal.

Entretanto, outros autores (BENAVENTE et al., 2011; BISOGNIN; DOUCHES, 2002; LOVE; WERNER; PAVEK, 1997; SWIEZYNSKI, 1978; XIONG; TAI; SEABROOK, 2002) contradizem as afirmativas quanto à ineficiência nesta fase do processo de seleção. Bisognin e Douches (2002) consideraram que a seleção para caracteres de qualidade pode ser iniciada em plântulas, usando uma moderada intensidade de seleção. Love, Werner e Pavek (1997), trabalhando com plântulas a campo, concluíram que a seleção nesta geração pode ser aplicada para coloração de tubérculo, formato de tubérculo, profundidade de olhos e tubérculos rachados. Swiezynski (1978), também em geração de plântula cultivada em campo, verificou que o efeito da seleção para rendimento de tubérculos proporcionou evidente acréscimo na frequência de plantas com maior rendimento. Xiong, Tai e Seabrook (2002) consideraram que a seleção para baixo teor de glicose em plântulas pode economizar consideráveis recursos em um programa de melhoramento. Benavente et al. (2011) avaliando em nível de famílias a eficiência da seleção nas gerações precoces para produtividade e peso específico, verificaram que a seleção de famílias na geração seedling e primeira geração clonal para peso específico e na primeira geração clonal para produtividade é eficiente, tanto em condições de temperaturas amenas como em calor.

Os critérios para seleção na geração de plântula quase sempre são baseados na discriminação visual de um melhorista ou um grupo de selecionadores (BROWN et al., 1984; MARIS, 1988). Desta forma, Bradshaw et al. (1998) e Tai (1975) observaram que seleção visual tem tido baixa eficiência, pois os caracteres que mais influenciariam a preferência visual apresentam baixa herdabilidade. Também, devido ao julgamento diferenciado dos selecionadores para os diversos caracteres, e à baixa habilidade dos selecionadores em identificar os genótipos superiores, a seleção visual deveria se limitar apenas à discriminação entre cruzamentos. No entanto, conforme Tarn et al. (1992), a discriminação visual é provavelmente o mais eficiente e econômico método para selecionar genótipos para vários caracteres agronômicos em grandes populações de melhoramento nas primeiras gerações de seleção.

Nas primeiras gerações de seleção, além da seleção direta para cada caráter de interesse, pode-se também adotar a estratégia de utilização da seleção indireta ou correlacionada, ou mesmo a utilização de índices de seleção. Silva et al. (2007) avaliaram 15 famílias compostas por 60 genótipos cada uma, nas gerações seedling e primeira geração clonal, buscando verificar as correlações entre caracteres da aparência e de rendimento de tubérculo, bem como a influência de caracteres da aparência na expressão do caráter aparência de tubérculo e suas implicações na seleção. Os autores verificaram que a aparência de tubérculo correlacionou-se mais estreitamente com formato, curvatura, apontamento e sobrançelha de tubérculo, na geração de plântula; e com uniformidades de formato e tamanho de tubérculo na primeira geração clonal. Já o caráter rendimento foi mais fortemente associado com tamanho, número e massa média de tubérculos, na geração de plântula e com tamanho, número, massa média, achatamento de tubérculo e vigor de planta, na primeira geração clonal. Verificaram ainda que curvatura de tubérculo apresentou-se como o

caráter mais efetivo na seleção indireta para a melhoria da aparência em ambas as gerações, sendo que na geração de plântula, o apontamento de tubérculo deve ser considerado em conjunto com curvatura de tubérculo na seleção para aparência de tubérculo. De acordo com Maris (1988), 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 à seleção negativa para minimizar a eliminação de clones potenciais.

Objetivando averiguar a implicação da repetibilidade na expressão de caracteres de tubérculo nas três primeiras gerações de seleção em batata (seedling, primeira e segunda geração clonal), visando a seleção na geração de plântula, Silva et al. (2008) verificaram que correlações genéticas e fenotípicas da geração de plântula com a primeira e a segunda geração clonal foram significativas, indicando que aparência, aspereza, formato, sobancelha, apontamento, curvatura e achatamento de tubérculo mantiveram suas expressões nas diferentes gerações. Estes autores verificaram ainda que maiores coeficientes de repetibilidade também foram verificados para estes caracteres e concluíram que é possível aplicar seleção na geração de plântula para aparência, aspereza da película, formato, profundidade de olhos, sobancelha, apontamento, curvatura e achatamento de tubérculos, sendo que para formato de tubérculo, pode-se utilizar maior pressão de seleção.

Assim, fica evidente que a seleção nas gerações iniciais, começando na geração seedling, seja uma opção viável, possibilitando maior versatilidade e eficiência aos programas de melhoramento de batata. No entanto, devem ser definidos os caracteres mais eficazes de serem selecionados e a pressão de seleção a ser aplicada, para não correr o risco de eliminar genótipos que deveriam ser mantidos na população.

2.3 Seleção de famílias clonais

A maioria dos programas de melhoramento de batata depende fortemente de selecionar clones individuais de uma grande população. Normalmente, uma seleção intensa é realizada nas primeiras gerações, apesar de que, cada clone é representado por apenas uma ou algumas plantas. Embora a seleção dos indivíduos tenha se mostrado ineficaz nesta fase (BROWN et al., 1984), a maioria dos programas de melhoramento implicam na redução do número de clones que vão para frente para a primeira geração clonal. Também foi demonstrado que a seleção de clones individuais na primeira geração clonal é ineficaz (BROWN et al., 1987; TAI, 1975). Sugere-se a partir desses estudos que a seleção de indivíduos na geração seedling e primeira geração clonal é ineficiente, pois não há repetições, há competição entre plantas na parcela e a herdabilidade é baixa, obtendo resultado equivalente a escolha aleatória (BROWN et al., 1987).

A seleção de famílias é uma alternativa para melhorar a seleção clonal de plantas individuais em batata. Nessa estratégia, as famílias são avaliadas em ensaios com repetição, cujas parcelas são constituídas de indivíduos ainda não clonados, os quais proporcionariam informações sobre o valor genético das famílias avaliadas. O uso de famílias aumenta a probabilidade de identificar clones superiores e, assim, melhorar a eficiência do uso dos recursos disponíveis para condução do programa de melhoramento de batata (MELO et al., 2011).

Neste tipo de avaliação, selecionam-se as famílias com elevados valores genotípicos, sendo descartadas famílias com valores genotípicos baixos. Estudos mostrando o potencial de famílias de cana-de-açúcar com valores genotípicos superiores, quando comparados com famílias de valores inferiores, evidenciam que a seleção com base nas melhores é efetiva para identificar quais teriam maior proporção de clones elite. Neste caso, a seleção de famílias com base em

caracteres quantitativos de produção, poderá possibilitar a identificação de clones promissores com maior probabilidade de serem mais produtivos (OLIVEIRA et al., 2011).

A circunstância principal sob a qual a seleção de famílias é mais recomendada é quando boa parte dos caracteres para a seleção clonal apresentam coeficientes de herdabilidade de valores considerados baixos. Assim, a seleção de famílias tende a propiciar ganhos maiores, já que aumenta consideravelmente os valores dos coeficientes de herdabilidade.

A identificação de famílias capazes de produzir genótipos superiores é altamente desejável para o desenvolvimento de novas cultivares de batata, especialmente quando se considera um período relativamente longo para a sua liberação. Uma vantagem adicional com os estudos de famílias refere-se à possibilidade de inferir sobre os valores genéticos dos genitores utilizados nos cruzamentos, com base no desempenho de suas respectivas progênes. Com isso, os melhores genitores poderiam ser explorados em futuros cruzamentos.

A eficiência da seleção de famílias (progênes) sobre a seleção massal tem sido verificada em várias culturas, por exemplo, para produtividade em acerola (PAIVA et al., 2002), produtividade e outros caracteres em cana-de-açúcar (KIMBENG; COX, 2003), dendê (CEDILLO et al., 2008), pinus (REZENDE et al., 1995), seringueira (COSTA et al., 2000). Em batata, Brown et al. (1987) relataram que a seleção de famílias é consistente mesmo considerando locais diferentes, sendo isso confirmado por outros trabalhos (BENAVENTE et al., 2011; BRADSHAW; DALE; MACKAY, 2009; BRADSHAW et al., 1998; MELO et al., 2011; SOUZA et al., 2005).

Um fator importante, na eficiência da seleção de famílias, diz respeito ao número de indivíduos que representarão a família. Teoricamente, quanto maior for o 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, Pinto e Lambert (2006) determinaram tamanhos adequados de famílias para a avaliação das mesmas nos programas de melhoramento da batata. Estes autores concluíram que empregando-se o método da curvatura máxima sugere-se que as famílias de batata poderiam ser representadas por aproximadamente 30 clones, mesmo para os caracteres com maior coeficiente de variação ambiental. 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.

Um ponto favorável à seleção por família, quando comparada com a seleção individual, é que o 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 a representar a família. Ao estabelecer ensaios de famílias em mais de um local, é possível obter estimativas de herdabilidade com maior precisão, além de estimar a interação genótipos por ambientes (GOPAL, 2001; JACKSON; MCRAE; HOGARTH, 1995).

Em relação à intensidade de seleção de famílias entre e dentro tem-se adotado aplicar intensidade de seleção mais fraca entre famílias para depois aplicar uma intensidade igual ou maior dentro de famílias clonais. Isso pode ser verificado pela Scottish Crop Research Institute (SCRI, Escócia). O programa se iniciou pelo cruzamento biparental entre clones de batata e após isso, no segundo ano, realizaram seleção de famílias para doenças e aparência de tubérculos em casa de vegetação. No terceiro ano, avaliaram no campo as famílias selecionadas e os melhores indivíduos foram selecionados para fazer a recombinação do próximo ciclo de seleção recorrente (BRADSHAW; DALE;

MACKAY, 2009). Eles trabalharam com aproximadamente 130 famílias na geração seedling e aplicaram intensidades de seleção de 20 a 30% entre famílias e 6 a 15% dentro de famílias, ficando com aproximadamente 30 clones.

Melo et al. (2011) trabalhando com batata da primeira (PGC) à terceira geração clonal (TGC) no nível de famílias, sugeriu intensidade de seleção de 50% entre famílias e de 10% dentro. Peixoto (2009) também trabalhando com batata na quarta geração clonal verificou eficiência da seleção utilizando intensidades de 45% entre e 16% dentro. De acordo com Kimbeng e Cox (2003), no melhoramento de cana-de-açúcar a intensidade de seleção recomendada entre as famílias situam-se entre 30% e 40%.

Benavente e Pinto (2012) verificaram a utilidade da seleção de famílias no melhoramento da batata, através de simulações de diferentes intensidades de seleção de famílias na geração seedling e primeira geração clonal e intensidades de seleção de clones nas gerações seguintes. Os autores indicam que intensidades de seleção entre famílias adequadas para produtividade estariam entre 50 a 60%, obtendo melhores respostas no momento da seleção de clones individuais. Verificaram também que a seleção sequencial de famílias para peso específico, com intensidades de 60% (GS) e 60% (PGC), promoveria maior eficiência da seleção de clones na segunda e terceira geração clonal.

REFERÊNCIAS

- AIEN, A.; KHETARPAL, S.; PAL, M. Photosynthetic characteristics of potato cultivars grown under high temperature. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, Dubai, v. 11, n. 5, p. 633-639, 2011.
- ANTUNES, F. Z.; FORTES, M. Exigências climáticas da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 76, p. 19-23, abr. 1981.
- BENAVENTE, C. A. T. et al. Repeatability of family means in early generations of potato under heat stress. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 11, n. 4, p. 330-337, Dec. 2011.
- BENAVENTE, C. A. T.; PINTO, C. A. B. P. Selection intensities of families and clones in potato breeding. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 60-68, jan./fev. 2012.
- BENITES, F. R. G.; PINTO, C. A. B. P. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 11, n. 2, p. 133-140, June 2011.
- BERG, J. H. van den; STRUICK, P. C.; EWING, E. E. One-leaf cuttings as a model to study second growth in the potato (*Solanum tuberosum*) plant. **Annals of Botany**, London, v. 66, n. 3, p. 273-280, 1990.
- BIRCH, P. R. J. et al. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? **Food Security**, New York, v. 4, n. 4, p. 477-508, Nov. 2012.
- BISOGNIN, D. A.; DOUCHES, D. S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, Wageningen, v. 127, n. 1, p. 1-9, 2002.

BORAH, M. N.; MILTHORPE, F. L. Growth of the potato as influenced by temperature. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v. 5, p. 53-72, 1962.

BRADSHAW, J. E.; DALE, M. F. B.; MACKAY, G. R. Improving the yield, processing quality and disease and pest resistance of potatoes by genotypic recurrent selection. **Euphytica**, Wageningen, v. 170, n. 1/2, p. 215-227, 2009.

BRADSHAW, J. E. et al. Early-generation selection between and within pair crosses in potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 97, n. 8, p. 1331-1339, Dec. 1998.

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

BROWN, J. et al. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding program. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 103, n. 2, p. 339-346, Oct. 1984.

BROWN, J. et al. The efficiency of visual selection in early generations of potato breeding programme. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 110, n. 2, p. 357-363, Apr. 1987.

BURTON, W. G. Challenges for stress physiology in potato. **American Potato Journal**, Orono, v. 58, n. 1, p. 3-14, Jan. 1981.

CARNEGIE, S. F.; MCCREATH, M. Mosaic virus symptoms in potato crops and the occurrence of growth cracking in tubers. **Potato Research**, Wageningen, v. 53, n. 1, p. 17-24, Mar. 2010.

CEDILLO, D. S. O. et al. Selection among and within and combined selection in oil palm families derived from Dura x Dura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 65-71, jan./fev. 2008.

COSTA, R. B. et al. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388, fev. 2000.

DAM, J. van; KOOMAN, P. L.; STRUIK, P. C. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Potato Research**, Wageningen, v. 39, n. 1, p. 51-62, 1996.

DIAS, C. A. C. **Cultura da batata**. Campinas: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1993. 33 p. (Documento Técnico da CATI, 65).

DINIZ, M. C. D. R.; PINTO, C. A. B. P.; LAMBERT, E. S. Sample size for family evaluation in potato breeding programs. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 277-282, mar./abr. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS. **Land resources**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

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.

GOPAL, J. Progeny selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 95, n. 1/2, p. 307-311, July 1997.

GOPAL, J.; MINOCHA, J. L. Effectiveness of selection at microtuber crop level in potato. **Plant Breeding**, Berlin, v. 116, n. 3, p. 293-295, July 1997.

HAMMES, P. S.; JAGER, J. A. de. Net photosynthetic rate of potato at high temperatures. **Potato Research**, Wageningen, v. 33, n. 4, p. 515-520, Feb. 1990.

HAVERKORT, A. J. Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. **Agricultural Systems**, Essex, v. 32, n. 3, p. 251-272, 1990.

HAVERKORT, A. J.; HARRIS, P. M. A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 39, p. 271-282, 1987.

HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, Wageningen, v. 51, n. 3/4, p. 223-237, Dec. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, 2013. 83 p.

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.

KIMBENG, C. A.; COX, M. C. Early generation selection of sugarcane families and clones in Australia: a review. **Journal American Society of Sugarcane Technologist**, Baton Rouge, v. 23, n. 1, p. 20-39, June 2003.

LAMBERT, E. S.; PINTO, C. A. B. P. P.; MENEZES, C. B. Potato improvement for tropical conditions: II., selection indices and efficiency of indirect selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 6, n. 3, p. 185-193, Dec. 2006.

LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents and selection for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 2, p. 130-136, Aug. 1991.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 84, n. 6, p. 487-506, Nov./Dec. 2007.

LOVE, S. L.; WERNER, B. K.; PAVEK, J. J. Selection for individual traits in the early generations of a potato breeding program dedicated to producing cultivars with tubers having long shape and russet skin. **American Potato Journal**, Orono, v. 74, n. 3, p. 199-213, May/June 1997.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, n. 3, p. 205-209, Apr. 1988.

MELO, D. S. et al. Early selection of full-sib potato families. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1101-1109, nov./dez. 2011.

MENDOZA, H. Mejoramiento poblacional: una estrategia para la utilización del germoplasma de papa cultivada primitiva y especies silvestres. In: HIDALGO, O.; RINCÓN, R. H. (Ed.). **Avances em el mejoramiento genético de la papa em los países del Cono Sur**. Lima: CIP, 1990. p. 47-62.

MENEZES, C. B. et al. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras “das águas” e de inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 776-783, out./dez. 1999.

MENEZES, C. B.; 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**, Viçosa, MG, v. 1, n. 2, p. 145-157, 2001.

OLIVEIRA, R. A. et al. Procedimento Blupis e seleção massal em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 796-800, 2011.

PAIVA, J. R. et al. Genetic progress of selections between and within caribbean cherry open pollination progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 2, n. 2, p. 299-306, 2002.

PEIXOUTO, L. S. **Seleção de famílias vs. seleção clonal nas fases iniciais do melhoramento da batata**. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PINTO, C. A. B. P.; BENITES, F. R. G. Melhoramento da batata para condições tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 10., 2006, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2006. p. 58-77.

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. et al. 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.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

REZENDE, M. D. V. et al. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v. 25, n. 1/2, p. 3-16, 1995.

ROWELL, A. B.; EWING, E. E.; PLAISTED, R. L. Comparative field performance of potatoes from seedlings and tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 63, n. 4, p. 219-227, Apr. 1986.

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

SATTELMACHER, B. A rapid seedling test for adaptation to high temperatures. **Potato Research**, Wageningen, v. 26, n. 2, p. 133-138, 1983.

SENTHIL-KUMAR, M. et al. Assessment of variability in acquired thermotolerance: potential option to study genotypic response and the relevance of stress genes. **Journal of Plant Physiology**, Irvine, v. 164, n. 2, p. 111-125, Feb. 2007.

SILVA, G. O. et al. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 381-388, 2007.

SILVA, G. O. et al. Seleção para caracteres fenotípicos de tubérculos nas primeiras gerações em batata. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 4, p. 168-172, out./dez. 2008.

SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agrônômicos em batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 449-455, out./dez. 2011.

SOUZA, V. Q. et al. Potential of selection among and within potato clonal families. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 5, n. 2, p. 199-206, Dec. 2005.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. p. 80-104.

SWIEZYNSKI, K. M. Field production of first-year potato seedlings in the breeding of early varieties. **European Potato Journal**, Wageningen, v. 11, n. 3, p. 141-149, 1968.

SWIEZYNSKI, K. M. Selection of individual tubers in potato breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 53, n. 2, p. 71-80, 1978.

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.

TARN, T. R. et al. Breeding potatoes for long-day, temperate climates. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. 9th ed. New York: J. Wiley, 1992. p. 271-332.

WAALS, J. E. van der et al. Climate change and potato production in contrasting South African agro-ecosystems 3: effects on relative development rates of selected pathogens and pests. **Potato Research**, Wageningen, v. 56, n. 1, p. 67-84, Mar. 2013.

XIONG, X.; TAI, G. C. C.; SEABROOK, J. E. A. Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. **Plant Breeding**, Warwick, v. 121, n. 5, p. 441-444, Oct. 2002.

ZOTARELLI, L. et al. **Potato physiological disorders: brown center and hollow heart: HS945**. Gainesville: University of Florida, 2012a. 2 p.

ZOTARELLI, L. et al. **Potato physiological disorders: internal heat necrosis: HS1145**. Gainesville: University of Florida, 2012b. 3 p.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

ARTIGO 1

SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE BATATA VISANDO A TOLERÂNCIA AO CALOR

De acordo com as normas da Crop Breeding and Applied Biotechnology

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar em nível de famílias a eficiência da seleção nas gerações precoces para diversos caracteres visando a tolerância ao calor e verificar a associação entre as melhores famílias vs. os melhores clones. Foram avaliadas 30 famílias na geração seedling (GS), primeira geração clonal (PGC) em campo e casa de vegetação sob condições de temperaturas elevadas e segunda geração clonal (SGC) sob temperaturas amenas e obtidas as médias das famílias em cada geração. Foram selecionadas 16 famílias mais produtivas na PGC e os clones dessas famílias foram avaliados em experimentos nas safras de inverno e “das águas”. Os resultados mostraram que a seleção de famílias para formato de tubérculos pode ser aplicada desde a GS. Também observou-se que a seleção de famílias na PGC e SGC para produtividade e peso específico de tubérculos foi eficiente para identificar clones tolerantes ao calor e responsivos a melhoria ambiental.

Palavras-chave: Seleção precoce; Seleção de famílias; Seleção de clones; *Solanum tuberosum*.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate at family level the efficiency of selection in the early generations for various characters aiming heat tolerance and the association among the best families and the best clones. Thirty families were evaluated in the seedling generation (GS), first clonal generation (PGC) in field and in the greenhouse under conditions of high temperature and second clonal generation (SGC) under mild temperatures and obtained the adjusted means in each generation. Sixteen more productive families were selected in the PGC and the clones from these families were evaluated in the winter and "rainy" seasons. Results showed that selection of families for tuber

shape can be applied in the GS. It was noted that the selection of families in PGC and SGC for tuber yield and specific gravity was effective for identifying clones heat tolerant and responsive to milder temperatures.

Index terms: Early selection; Family selection; Clonal selection; *Solanum tuberosum*.

INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento de batata é comumente empregada a seleção de clones individuais, mas com eficiência limitada principalmente quando se considera caracteres de baixa herdabilidade, como produção de tubérculos e seus componentes. Além disso, nas gerações precoces (seedling - GS e primeira geração clonal- PGC) inúmeras dificuldades limitam os ganhos obtidos com a seleção, como a elevada quantidade de indivíduos (altos custos), o emprego da seleção visual (baixa eficiência) e pouco material propagativo de cada genótipo, restringindo o tamanho das parcelas, o número de repetições e a quantidade de ambientes para avaliação (Melo et al., 2011).

Nas gerações GS e PGC, a seleção de famílias é uma alternativa quando a seleção é praticada com base em caracteres de baixa herdabilidade individual (Simmonds 1996), pois ao contrário dos clones, as famílias podem ser avaliadas em experimentos com repetições e em mais de um local ou safra, melhorando assim a estimativa média da família, bem como auxiliando na identificação das famílias mais estáveis.

Como a batata é explorada comercialmente como um clone, a justificativa para a seleção de famílias é selecionar aquelas melhores que possivelmente têm um maior número de clones promissores (Kimbeng and Cox 2003). Assim, a seleção de famílias faz com que seja possível concentrar a seleção para clones superiores (seleção clonal) nas melhores famílias, pois a probabilidade de encontrar os melhores clones em gerações mais avançadas do programa é mais alto dentro dessas famílias.

Somando-se a isso, a cultura da batata é cultivada em uma grande amplitude geográfica no Brasil, porém é considerada vulnerável ao calor em virtude de sua faixa relativamente pequena de temperatura, entre 15°C e 18°C (Haverkort 1990). Temperaturas acima de 25°C reduzem a produtividade, aumentam a incidência de doenças, reduzem o teor de matéria seca dos

tubérculos e afetam negativamente a aparência externa do tubérculo devido a ocorrência de distúrbios fisiológicos (Levy and Veilleux 2007). Com isso, os efeitos do aumento da temperatura certamente ressaltarão a necessidade de incrementar esforços nos programas de melhoramento genético no sentido de priorizar o desenvolvimento de cultivares de batatas tolerantes ao calor.

O objetivo deste trabalho foi avaliar em nível de famílias a eficiência da seleção nas gerações precoces para diversos caracteres visando tolerância ao calor e verificar se existe associação entre as melhores famílias vs. os melhores clones.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 30 famílias clonais obtidas por cruzamentos biparentais entre clones selecionados por dois ciclos de seleção recorrente para tolerância ao calor (Benites and Pinto 2011).

Cerca de 100 seedlings por família foram transplantadas para vasos de 10 cm de diâmetro (0,5L) contendo substrato orgânico mineral, para tuberizarem. A colheita da geração seedling foi de plantas individuais, sendo tomados dois tubérculos de cada clone. Na primeira geração clonal (PGC), foram conduzidos dois experimentos simultaneamente, sendo um em casa de vegetação e outro no campo experimental do Departamento de Biologia – UFLA, Lavras, MG, de outubro de 2011 a janeiro de 2012 (safra das águas – temperaturas elevadas). No campo, foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de 12 plantas, totalizando 36 clones por família, com espaçamento de 0,5 x 0,8 m. Em casa de vegetação foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado e cada parcela foi constituída por 10 vasos de 10 cm de diâmetro contendo substrato orgânico mineral, com três repetições. Como testemunhas foram utilizadas três cultivares (Caesar, Asterix e Voyager) e dois clones tolerantes ao calor (CBM 09-10 e CBM 16-16).

Na segunda geração clonal (SGC), o experimento foi conduzido na área experimental da Epamig, em Pouso Alegre, MG, de maio a agosto de 2012 (safra de inverno), no delineamento de blocos casualizados, com três repetições e parcelas de 10 plantas, totalizando 30 clones por família. As testemunhas utilizadas foram às mesmas da PGC.

As plantas na PGC e SGC foram colhidas individualmente e avaliadas para produtividade de tubérculos; peso específico de tubérculos, obtido por peso no ar/(peso no ar – peso na água); textura da periderme (1 = áspera a 5 = lisa e brilhante); profundidade dos olhos (1 = profundo a 5 = raso) e formato dos

tubérculos (1 = redondo, 3 = oval, 5 = alongado). As notas foram atribuídas por três avaliadores.

Foram calculadas as médias de quadrados mínimos para cada família em cada geração e a repetibilidade das famílias foi avaliada através de correlações entre as médias de famílias entre todas as gerações. A precisão experimental foi aferida por meio da estimação da acurácia, conforme proposto por Resende and Duarte (2007).

Com as médias de produtividade de tubérculos na PGC no campo e na casa de vegetação foi feita uma transformação, conforme descrito em Resende (2007), e realizada uma análise conjunta para proceder à seleção de famílias. Foram selecionadas 16 famílias por apresentarem médias mais altas para produtividade de tubérculos.

Na avaliação dos clones individuais das famílias selecionadas, foram conduzidos dois ensaios na área experimental da Epamig, em Pouso Alegre, MG. O primeiro experimento foi conduzido com clones de segunda geração (C2) de maio a agosto de 2012 (safra de inverno), utilizando o delineamento de blocos aumentados (Federer 1956), com 450 clones como tratamentos regulares, distribuídos em 30 blocos com 20 tratamentos cada. O segundo experimento foi conduzido com clones de terceira geração (C3) de dezembro de 2012 a março de 2013 (safra das águas), utilizando o delineamento de blocos aumentados, com 400 clones como tratamentos regulares, distribuídos em 20 blocos com 25 tratamentos cada. Os tratamentos comuns e as características avaliadas foram os mesmos dos experimentos de famílias. Foi avaliada ainda aparência geral dos tubérculos (1=ruim a 5=ótima), porcentagem de tubérculos com rachaduras e porcentagem de tubérculos com embonecamento. As parcelas foram constituídas por uma linha de cinco plantas espaçadas de 0,3 x 0,8 m. As análises foram realizadas utilizando software SAS (SAS 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção entre famílias

As condições climáticas na geração seedling (GS) e primeira geração clonal (PGC) não foram favoráveis para a cultura da batata, pois temperaturas elevadas durante o período de tuberização foram observadas tanto em campo quanto em casa de vegetação. Na PGC, a frequência de temperaturas superiores a 20°C registradas no campo foi cerca de 44% e o dobro na casa de vegetação. O contrário ocorreu para a safra de inverno com a segunda geração clonal (SGC), em que as temperaturas foram adequadas para o cultivo da batata, apresentando 70,2% de frequência de temperaturas abaixo de 20°C.

As altas temperaturas verificadas durante a PGC (safra das águas) contribuíram para diminuir o peso específico de tubérculos, que decresceu de 1,0760 na safra de inverno (SGC) para 1,0624 na safra das águas e sob condições de campo (Tabela 1). O peso específico dos tubérculos é altamente correlacionado com o teor de matéria seca (Schippers 1976) que, por sua vez, é de grande importância para a qualidade do produto após a fritura. Isso significa que no inverno os tubérculos apresentaram, em média, cerca de 19,9% de matéria seca, enquanto que “nas águas” apresentaram em média 17,8%. Esse baixo teor de matéria seca desqualifica os tubérculos para a utilização na forma de fritas na indústria de processamento de batatas. Isto se torna um grande problema para a indústria de processamento de batata pré-frita congelada no Brasil, que tem dificuldades para a produção de matéria prima de qualidade nas safras das águas. Como consequência o Brasil tem importado mais de 70% da batata pré-frita congelada da Argentina e países europeus (Ramos et al. 2013).

Na PGC no campo (safra das águas), a produtividade de tubérculos das famílias foi superior ao observado na SGC (safra de inverno) (Tabela 1). Esses resultados diferem daqueles citados por Menezes et al. (1999), que observaram redução na produção de genótipos de batata devido ao início tardio da

tuberização, avaliados sob temperaturas amenas e altas que ocorrem na safra “das águas” no sul de Minas Gerais. Os resultados aqui apresentados mostram que a temperatura não foi a principal diferença entre a safra de inverno e “das águas”, uma vez que os ensaios foram conduzidos em áreas experimentais diferentes. Vale salientar que na SGC os fatores ambientais (baixas temperaturas e elevada umidade) foram favoráveis a requeima, causada por *Phytophthora infestans*, acarretando na perda de algumas plantas e prejudicando o período de enchimento dos tubérculos.

Tabela 1 Estimativa das médias (μ) e acurácias (r_{gg}) para produtividade de tubérculos, peso específico de tubérculos (PET), formato, textura da periderme e profundidade do olho com base na avaliação de famílias de batata

Safras	Experimento de famílias									
	Produtividade (g x pl ⁻¹)		PET		Formato		Pele		Olho	
	μ	r_{gg}	μ	r_{gg}	μ	r_{gg}	μ	r_{gg}	μ	r_{gg}
PGC _{CV}	73,53	0,86	1,0711	0,96	-	-	2,83	0,61	2,76	0,78
PGC _{CAMPO}	766,40	0,90	1,0624	0,53	2,81	0,95	2,60	0,73	2,64	0,94
SGC	673,56	0,89	1,0760	0,81	2,94	0,90	2,88	0,87	3,32	0,85

Um aspecto importante em experimentos dessa natureza é a precisão experimental com que os tratamentos foram avaliados. Verifica-se, pela acurácia, que a precisão foi de moderada a muita alta para todos os caracteres (Tabela 1) (Resende and Duarte 2007), ou seja, há uma boa confiabilidade da estimação dos valores genotípicos reais das famílias sob teste, a partir das informações experimentais.

A eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais pode ser avaliada pelos coeficientes de correlação para um determinado caráter, entre as gerações. Assim, deveriam ser esperadas correlações altas entre duas gerações se o

comportamento das famílias fosse semelhante. Na Tabela 2 observa-se que, as correlações para produtividade de tubérculos foram nulas ou moderadas, o que significa que a seleção das famílias mais produtivas na GS não resultou em maior produção na PGC e SGC. Embora tenha ocorrido significância para o coeficiente de correlação entre a GS e a PGC em casa de vegetação, este foi de magnitude moderada. Isso realça provavelmente a influência do tamanho do tubérculo no desempenho do clone na geração posterior, pois enquanto a GS foi proveniente de sementes verdadeiras, as demais gerações avaliadas foram obtidas por propagação vegetativa.

As correlações para produtividade de tubérculos foram mais baixas que as observadas por Kumar and Gopal (2006), que trabalharam com 33 famílias de batata da GS até a terceira geração clonal (TGC). Provavelmente as menores correlações observadas no presente estudo se devem às condições contrastantes de temperaturas e de plantio (substrato nos vasos e solo em campo), indicando a maior dificuldade em se praticar seleção precoce para produtividade de tubérculos em condições de calor. Além disso, Kumar and Gopal (2006) avaliaram a GS diretamente no campo em vez de vasos, como no presente trabalho, tornando as condições ambientais mais semelhantes e contribuindo para o maior coeficiente de correlação. Portanto, parece que a avaliação da GS em campo poderia contribuir mais efetivamente para a seleção de famílias, embora seja mais trabalhosa, pois exige o transplântio de mudas para o campo.

Os coeficientes de correlação entre as gerações para as outras características avaliadas em famílias, também foram baixos, e, em alguns casos, significativos. A única exceção é a correlação para formato de tubérculos que apresentou valores mais altos e significativos (Tabela 2), variando de 0,60 entre GS e SGC a 0,74 entre PGC e SGC. Isto indicaria o sucesso com a seleção de famílias para formato de tubérculos em gerações precoces (GS e PGC), o que é apoiado por outros trabalhos (Amaro et al. 2003, Gopal and Minocha 1997).

Tabela 2 Correlações de Pearson entre gerações, para produtividade de tubérculos, peso específico de tubérculos (PET), formato, textura da periderme e profundidade do olho com base na avaliação de famílias e clones de batata

Caracteres	GS	GS	GS	PGC _{CV}	PGC _{CV}	PGC _{CAMPO}
	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.	vs.
	PGC _{CV}	PGC _{CAMPO}	SGC _{CAMPO}	PGC _{CAMPO}	SGC _{CAMPO}	SGC _{CAMPO}
Produtividade	0,41**	0,24 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,38*	0,15 ^{ns}	0,43*
PET	0,51**	0,28 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Formato	-	0,63**	0,60**	-	-	0,74**
Pele	0,48**	0,38*	0,33 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,43*	0,49**
Olho	0,22 ^{ns}	0,38**	0,43*	0,18 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,33 ^{ns}

*, **: significativo a 5 e 1%, respectivamente pelo teste t que difere ou não de zero

O objetivo de um programa de *screening* visando a tolerância a determinado estresse é identificar os genótipos que sejam mais produtivos quando submetidos a esse estresse, mas que respondam à melhoria do ambiente. Assim, pode-se plotar as médias dos genótipos no ambiente favorável (eixo x) e as médias dos mesmos genótipos na condição de estresse (eixo y). Duas retas traçadas na média de todos os genótipos em cada ambiente distribui os genótipos em quatro quadrantes: aqueles tolerantes ou sensíveis ao calor (acima ou abaixo da média do eixo y) e aqueles responsivos ou não responsivos a temperaturas amenas (acima ou abaixo da média do eixo x) (Nicholaides and Piha 1987, Parentoni et al. 2001, Lambert et al. 2006). As genótipos que são responsivas a temperaturas amenas e que possuem média mais alta sob temperaturas elevadas se encontram no quadrante I (Figuras 1) e são os tipos desejados.

No eixo x foi plotado as médias das famílias na SGC cultivada sob temperaturas amenas e no eixo y as médias na condição de estresse de calor na PGC em campo ou em casa de vegetação. Foi possível verificar uma discrepância na classificação das famílias avaliadas na PGC em campo e casa de

vegetação nos quatro quadrantes dos gráficos. Isso ocorreu porque não houve correlação para produtividade entre PGC_{CV} com a SGC (Tabela 2), pois as condições ambientais foram muito diferentes entre esses ambientes. Entretanto, para produtividade de tubérculos, as famílias 4, 10 e 11 ficaram no quadrante I, sendo consideradas as mais estáveis. Essa maior estabilidade das famílias revela que seus comportamentos são mais previsíveis e que elas sofrem menos os impactos negativos das temperaturas altas, assegurando-lhes melhores produtividades em vários ambientes.

As famílias 9, 12, 21, 24, 27 e 33 foram consideradas as piores, pois ficaram no quadrante III. Essas famílias apresentaram produtividades médias mais baixas quando avaliadas em condições de temperaturas elevadas (condições desfavoráveis) e também em condições mais satisfatórias (temperaturas amenas). Porém para peso específico de tubérculos, as famílias 21, 24 e 27, que foram consideradas como piores para produtividade, ficaram no quadrante I além das famílias 14, 25, 26 e 32. Já as famílias 11, 13, 15, 16 e 17 ficaram no quadrante III, ou seja, possuem baixo peso específico quando avaliadas tanto em condições de temperaturas amenas quanto de temperaturas elevadas (Figuras 1 e 1A).

Na Figura 1, verifica-se que as famílias que apresentaram as maiores médias para produtividade de tubérculos foram 4, 10, 11, 15, 16, 19 e 32. Além dessas famílias, os clones tolerantes ao calor CBM 09-10 e CBM 16-16 apresentaram médias altas, reforçando a superioridade desses clones. Por outro lado, as cultivares testemunhas Caesar e Asterix se situaram no quadrante III demonstrando a falta de adaptação ao estresse de calor. Portanto, a exploração destas famílias provavelmente viabilize a obtenção de clones tolerantes ao calor, mas que seriam produtivos se cultivados em condições de temperaturas mais favoráveis.

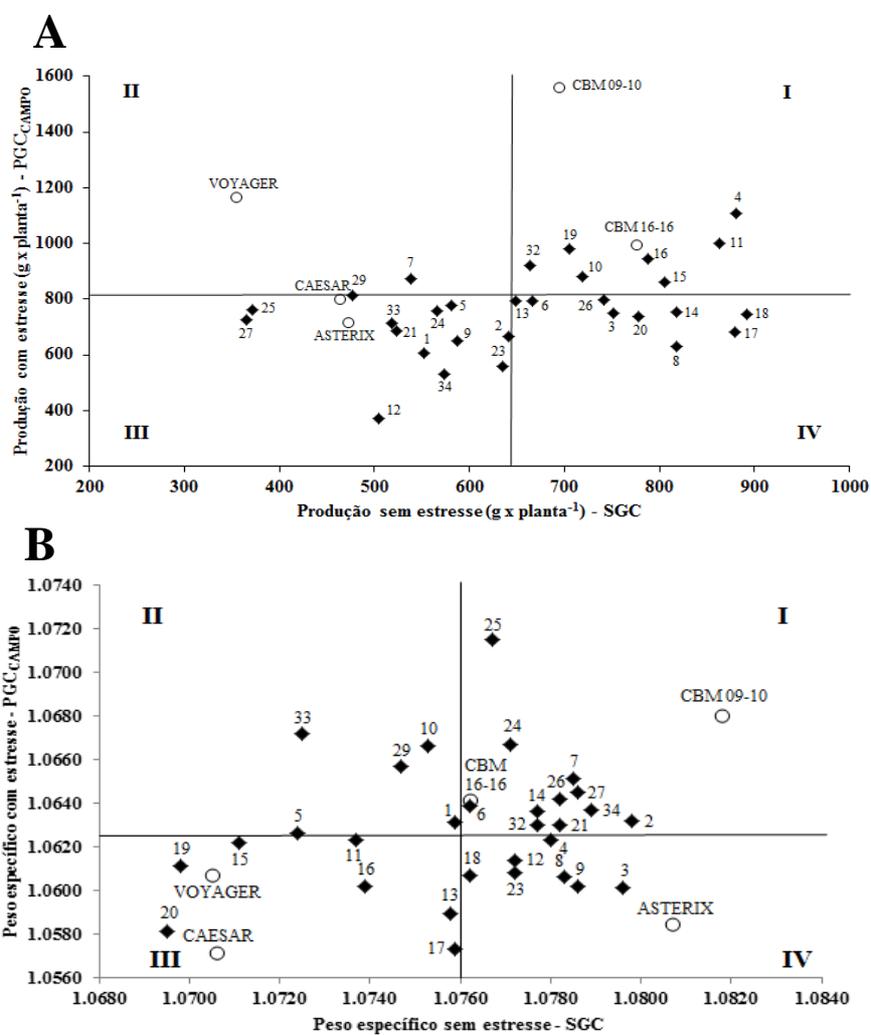


Figura 1 Distribuição das médias das famílias para produtividade de tubérculos (A) e peso específico de tubérculos (B) sob temperaturas amenas SGC (eixo x) e sob estresse de calor $\text{PGC}_{\text{CAMPO}}$ (eixo y)

Para verificar se a seleção das melhores famílias clonais já poderia ser realizada na PGC, tanto em campo quanto em casa de vegetação, observou-se quantas e quais famílias selecionadas nesta geração para produtividade e peso específico de tubérculos seriam também selecionadas na SGC. Da mesma forma procurou-se verificar se o descarte das piores famílias na PGC coincidia com o descarte na SGC. Estes resultados em conjunto podem indicar a eficiência da seleção de famílias, pois uma família selecionada na PGC e também na SGC indica que a sua boa performance foi coincidente e que, de fato, ela seria uma família com boa tolerância ao calor e responsiva a temperaturas amenas. Por outro lado, o descarte de uma família na PGC e também na SGC, indicaria que esta família não deveria contribuir com clones para o ensaio clonal, uma vez que ela não apresenta bom desempenho tanto sob temperaturas altas quanto em temperaturas amenas.

No caso de uma família ter sido selecionada na PGC (temperaturas altas) e ter sido descartada na SGC (temperaturas amenas) indica que a família em questão é tolerante ao calor, mas não responsiva às temperaturas amenas. O contrário também pode acontecer, isto é, a família ter sido descartada na PGC (temperaturas altas) e selecionada na SGC (temperaturas amenas). Neste caso a família não seria tolerante ao calor, mas com bom desempenho em condições de temperaturas amenas.

Com base nas médias de produtividade, foi realizado o ordenamento em ordem decrescente das famílias para cada geração. Assim, observou-se que realizando uma seleção muito branda ($i = 86,7\%$) na PGC no campo, nenhuma família seria selecionada na SGC considerando intensidade de seleção de até 50%, enquanto na casa de vegetação duas famílias (18 e 19) descartadas na PGC seriam selecionadas na SGC. Isto é, o descarte precoce (PGC_{CV}) estaria eliminando famílias de melhor performance em geração mais avançada (SGC). Ao selecionar 73,3% das famílias no campo, observou-se que apenas duas

famílias (8 e 17) seriam selecionadas na SGC, utilizando até 50% de seleção. Empregando-se esse mesmo raciocínio, porém com os dados obtidos em casa de vegetação, observa-se que três famílias descartadas na PGC (18, 19 e 20) seriam selecionadas na SGC. Nota-se que, nenhuma família descartada no campo e casa de vegetação foi coincidente, isto é, as famílias identificadas como as piores em casa de vegetação não foram as piores quando avaliadas em campo (Tabela 1A).

Observa-se que para quase todas as intensidades de seleção praticadas na SGC o número de famílias que teriam sido descartadas precocemente (PGC) em casa de vegetação seria maior do que se a seleção tivesse sido praticada na PGC em campo (Tabela 1A). Isso pode ter ocorrido em função das condições mais contrastantes entre a PGC em casa de vegetação e SGC em campo. Na PGC em casa de vegetação foram utilizados vasos de pequeno tamanho contendo substrato para o plantio, o que provavelmente limitou o desenvolvimento dos tubérculos. Assim, acredita-se que não seria aconselhável realizar a seleção de famílias para produtividade de tubérculos na PGC em casa de vegetação utilizando vasos de diâmetro pequeno. Este resultado é corroborado pelo trabalho de Verissimo et al. (2012), que estudaram a influência do tamanho de vasos pequenos na expressão de caracteres de tubérculo, em famílias de batata na GS. Esses autores observaram que vasos com capacidade de 1L contendo substrato vegetal possibilitaram maior expressão dos caracteres de produção em comparação com vasos de 0,25L e, conseqüentemente, possibilitou melhores estimativas da variabilidade genética entre as famílias.

Utilizando intensidade de seleção de até 60% entre famílias na PGC no campo e desde que a seleção na SGC seja de até cerca de 30%, propicia um menor número de famílias que seriam descartadas na PGC e selecionadas na SGC. Benavente and Pinto (2012) também trabalhando com a seleção de famílias de batata para condições de temperaturas elevadas verificaram que intensidades de seleção entre famílias adequadas para produtividade estariam

entre 50 a 60%, obtendo melhores respostas no momento da seleção de clones individuais. Esta estratégia de seleção permitiria a eliminação de uma proporção razoável de famílias cujos clones não seriam avaliados nas gerações subsequentes. Isso é extremamente vantajoso, pois economizaria recursos e facilitaria a condução dos experimentos que seriam menores devido ao menor número de clones.

Para peso específico de tubérculos, basicamente, observam-se os mesmos resultados da seleção de famílias para produtividade de tubérculos, ou seja, intensidades brandas de seleção na PGC permitiria que um menor número de famílias fosse selecionado na SGC. Observa-se ainda que, utilizando intensidade de seleção de até 80% entre famílias na PGC tanto em campo quanto em casa de vegetação, propicia um menor número de famílias que seriam descartadas na SGC. Ao utilizar intensidades de seleção mais fortes na PGC (60%) e 50% na SGC, verifica-se que cinco famílias seriam descartadas tanto no campo quanta na casa de vegetação e que apenas duas seriam coincidentes (3 e 12), demonstrando mais uma vez que as condições ambientais foram muito divergentes entre esses ambientes (Tabela 2A).

Seleção clonal dentro de famílias

As temperaturas observadas na safra de inverno (C2) foram mais favoráveis para o cultivo de batata sendo que em aproximadamente 60% do período de desenvolvimento da cultura elas estiveram abaixo de 20°C. O contrário ocorreu na safra das águas (C3), em que a frequência de temperaturas superiores a 20°C foi de 72% e até mesmo chegando a valores superiores a 25°C em 23% deste período.

As médias das características avaliadas sob estresse térmico (safra das águas) foram baixas, com redução de 36% na produtividade de tubérculos e 2,12% no peso específico dos tubérculos, quando comparadas com as médias do

ambiente favorável (safra de inverno). A média da porcentagem de desordens fisiológicas (embonecamento e rachadura) também foi elevada na safra das águas, evidenciando a forte influência do estresse térmico nos genótipos avaliados.

Dentre as testemunhas avaliadas nas gerações clonais (C2 e C3), somente o clone CBM 09-10 encontra-se no quadrante I para produtividade de tubérculos. O clone CBM 16-16 apresentou um bom desempenho sob temperaturas amenas, mas não apresentou o mesmo resultado que vem apresentando em condições de calor (Menezes et al. 2001, Lambert et al. 2006) e até mesmo o que foi observado no experimento de famílias neste estudo. Já as cultivares testemunhas, não toleraram as altas temperaturas, mas também não responderam satisfatoriamente as temperaturas amenas (Figura 2).

Para peso específico de tubérculos, os clones testemunhas CBM 09-10 e CBM 16-16 apresentaram média superior à média do experimento no ambiente desfavorável e foram responsivos à melhoria ambiental. O contrário ocorreu com as cultivares Voyager e Caesar, ou seja, apresentaram médias baixas quando avaliadas tanto em condições de temperaturas elevadas quanto de temperaturas amenas. Já a cultivar Asterix tolerou as altas temperaturas, porém não respondeu a melhoria do ambiente, ficando assim no quadrante II (Figura 2).

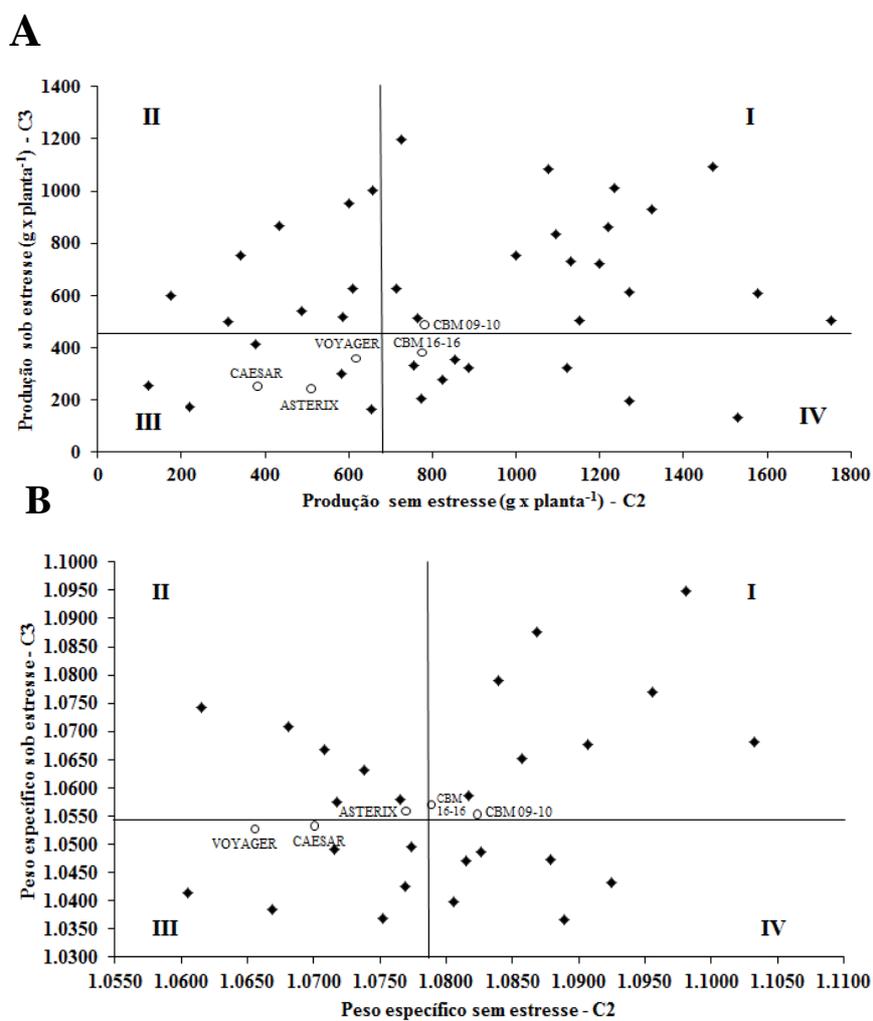


Figura 2 Distribuição das médias dos clones para produtividade de tubérculos (A) e peso específico de tubérculos (B) sob temperaturas amenas C2 (eixo x) e sob estresse de calor C3 (eixo y)

Para verificar se a seleção de famílias na PGC e/ou SGC foi eficiente, procurou-se identificar o quadrante onde se posicionaria o clone e o quadrante da sua família de origem (Tabela 3A e 4A). Para produtividade de tubérculos, observou-se que 63,4% dos clones tolerantes ao estresse de calor e responsivos a melhoria do ambiente (QI) vieram de famílias tolerantes (QI + QII), ou seja, dos 84 clones do quadrante I, 59 vieram das famílias dos quadrantes I e II (Tabela 3A). O percentual foi estimado considerando que as populações de clones dos quadrantes envolvidos possuíam o mesmo tamanho. Para os clones não tolerantes e não responsivos (QIII), 58,3% vieram de famílias não tolerantes (QIII + QIV) avaliadas em campo. Isto é, a seleção de famílias na PGC em campo sob condições de temperaturas elevadas foi eficiente em identificar os clones desejados. Por outro lado, verificou-se também que o descarte das piores famílias estaria eliminando principalmente os piores clones.

Porém quando a PGC foi cultivada em casa de vegetação, observou-se que apenas 41,1% dos clones tolerantes e responsivos (QI) pertenciam as famílias tolerantes (QI + QII) e 37,6% dos clones não tolerantes e não responsivos (QIII) vieram de famílias não tolerantes (QIII + QIV). Mais uma vez, esses resultados reforçam que a avaliação da PGC em casa de vegetação, utilizando vasos de pequeno diâmetro, não foi eficiente para selecionar as famílias mais produtivas. Talvez o emprego de vasos de maior volume permitam uma seleção mais criteriosa das famílias, conforme preconizado por Veríssimo et al. (2012), mesmo sob temperaturas elevadas. Este procedimento poderia agilizar o programa de melhoramento visando a tolerância ao calor, pois a seleção das famílias tolerantes seria iniciado precocemente.

Já quando se faz a seleção de famílias somente com base na SGC sob condições de temperaturas amenas, observou-se que 69,8% dos clones tolerantes e responsivos (QI) vieram de famílias responsivas (QI + QIV). Ao que tudo indica fazer seleção de famílias na SGC para responsividade a temperaturas

amenas também foi eficiente. Ao fazer a seleção de famílias utilizando informações de famílias tolerantes ao estresse de calor na PGC avaliada em campo e responsivas a melhoria ambiental na SGC, observou-se que cerca de 70% dos clones tolerantes e responsivos (QI) originaram-se dessas famílias.

A seleção de famílias para peso específico de tubérculos também foi eficiente para a PGC avaliada em campo sob condições de temperaturas elevadas, na SGC sob temperaturas amenas e na média de ambas as condições. Observa-se também que, semelhante à seleção de famílias para produtividade, a avaliação da PGC em casa de vegetação não contribuiu para melhorar a eficiência da seleção de famílias para peso específico de tubérculos. Assim, observa-se que cerca de 60% dos clones tolerantes ao estresse térmico e responsivos a melhoria ambiental (QI) vieram de famílias tolerantes avaliadas em campo (QI + QII) e 63% dos clones não tolerantes e não responsivos (QIII) vieram de famílias não tolerantes (QIII + QIV). Quando se faz a seleção com base na média da PGC em campo e SGC, observou-se que 56% dos clones tolerantes às temperaturas elevadas e responsivos as temperaturas amenas (QI) são provenientes das famílias tolerantes e responsivas (QI) (Tabela 5A).

Diversos clones experimentais apresentaram comportamento superior para o conjunto de caracteres (Tabela 3) e, portanto têm potencial para serem utilizados como genitores e prosseguir com programa de seleção recorrente visando a tolerância ao calor. O grande destaque fica para os clones SR3 11-09, SR3 16-18 (alongados), SR3 19-34 (redondo) e SR3 25-14 (oval), que apresentaram maior média no ambiente com estresse de calor. Além disso, apresentaram outras características interessantes como textura da periderme intermediária, olhos relativamente rasos e ausência de desordens fisiológicas, como rachaduras e embonecamento.

É importante comparar o peso específico dos tubérculos dos clones selecionados com as testemunhas, uma vez que os clones apresentaram elevado

peso específico, principalmente com relação a cultivar Asterix, utilizada como cultivar padrão destinada ao processamento de pré-frita congelada no Brasil. O clone SR3 16-33 de formato alongado merece destaque, pois apresentou maior peso específico no calor (safra das águas) e alta produtividade de tubérculos e poderia ser recomendado para a indústria de pré-fritas congeladas. Outro fator que chama a atenção é que a maioria dos clones apresentou produção por planta acima das médias das testemunhas, mesmo daquelas tolerantes ao calor (Tabela 3).

Para o uso doméstico (mesa) são requeridos clones com aptidão múltipla e boa aparência de tubérculos. Dentre esses, os clones SR3 11-29 e SR3 32-22 ambos de formato ovalado e o clone SR3 19-24 de formato alongado, foram bem produtivos, apresentaram boa aparência de tubérculos e possuem peso específico superior a cultivar testemunha Asterix.

Tabela 3 Média dos clones selecionados para produção total (g x pl⁻¹), peso específico de tubérculos, formato de tubérculos, textura da periderme, profundidade do olho, aparência geral, porcentagem de tubérculos embonecados e porcentagem de tubérculos rachados

Genótipo	Produção total (g x pl ⁻¹)		Peso específico		Formato		Pele		Olho		Aparência geral		% tubérculos embonecados		% tubérculos rachados	
	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas	inverno	águas
SR3 02-22	795,89	792,98	1,0757	1,0661	2,51	1,77	2,33	2,92	5,56	2,50	3,37	3,02	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 11-09	902,14	925,57	1,0805	1,0551	4,91	3,37	2,80	3,40	3,83	2,11	2,74	3,76	0,00	8,33	0,00	0,00
SR3 11-23	1234,23	1012,73	1,0746	1,0570	5,00	3,63	3,40	2,46	2,90	3,69	2,91	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 11-29	874,66	723,40	1,0789	1,0652	2,51	2,74	4,07	3,28	4,56	2,94	3,27	3,64	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 16-18	729,23	809,74	1,0834	1,0588	4,38	4,56	4,40	3,14	4,23	2,05	3,24	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 16-29	960,48	711,92	1,0806	1,0506	2,91	3,85	3,40	2,37	3,10	1,99	3,60	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 16-33	1199,22	720,57	1,0750	1,0757	4,51	3,50	3,33	4,00	3,90	2,65	3,04	2,87	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 19-24	891,33	766,60	1,0822	1,0627	4,77	3,98	3,91	2,59	3,48	3,58	3,63	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 19-28	868,40	530,57	1,0784	1,0638	3,97	3,43	1,80	2,67	3,16	3,98	2,41	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 19-34	830,48	895,25	1,0827	1,0631	1,04	2,18	3,67	3,37	3,70	2,32	3,47	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 25-14	669,23	936,92	1,0849	1,0511	3,04	2,18	2,40	3,04	3,90	3,66	2,58	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 32-09	999,31	751,60	1,0818	1,0610	1,71	2,45	3,14	2,39	3,56	3,45	2,77	2,47	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 32-22	821,72	606,48	1,0883	1,0548	3,82	1,63	3,25	2,12	4,47	3,69	4,61	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00
SR3 32-27	1000,22	923,24	1,0855	1,0535	2,73	3,63	2,72	2,07	4,50	3,45	2,64	2,76	0,00	0,00	0,00	0,00
CBM 09-10	781,00	489,42	1,0824	1,0553	3,64	2,96	3,39	2,85	2,87	2,81	2,68	2,11	0,00	0,00	22,22	21,00
CBM 16-16	775,68	382,27	1,0789	1,0570	2,56	2,74	2,43	2,52	3,69	2,95	2,96	2,55	0,00	3,70	0,00	6,90
ASTERIX	509,82	244,01	1,0770	1,0559	4,96	4,40	3,16	3,20	4,12	3,44	3,13	2,49	25,00	10,70	25,00	0,00
CAESAR	382,15	253,40	1,0701	1,0533	4,60	3,78	3,66	2,94	4,24	3,41	3,59	2,73	0,00	4,60	41,67	8,80
VOYAGER	618,32	358,76	1,0655	1,0527	4,78	3,27	3,69	3,16	4,23	3,29	2,99	2,94	0,00	6,00	29,41	4,20
Média geral	637,50	407,40	1,0775	1,0546	3,19	2,89	2,79	2,72	3,50	2,97	2,71	2,34	0,76	3,00	4,75	16,58

CONCLUSÃO

A seleção de famílias na primeira geração clonal avaliada em campo facilita a identificação dos melhores clones para produtividade e peso específico de tubérculos, em condições de calor.

A seleção de famílias para formato de tubérculos pode ser aplicada desde a geração seedling.

Os melhores clones pertencem as melhores famílias, ou seja, cerca de 70% clones tolerantes ao estresse de calor e responsivos a melhoria ambiental pertencem a famílias tolerantes ao estresse térmico e responsivas a temperaturas amenas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela concessão de recursos financeiros e disponibilização de infra-estrutura para realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- Amaro GB, Pinto CABP, Lambert ES and Neto CLM (2003) Seleção precoce de clones de batata para caracteres dos tubérculos. **Ciência e Agrotecnologia 27**: 585-589.
- Benavente CAT and Pinto CABP (2012) Selection intensities of families and clones in potato breeding. **Ciência e Agrotecnologia 36**: 60-68.
- Benites FRG and Pinto CABP (2011) Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. **Crop breeding and applied biotechnology 11**: 133-140.
- Federer WT (1956) Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters Record 55**: 191-208.
- Gopal J and Minocha JL (1997) Effectiveness of selection at microtuber crop level in potato. **Plant Breeding 116**: 293-295.
- Haverkort AJ (1990) Ecology of potato cropping systems in relation to latitude and altitude. **Agricultural Systems 32**: 251-272.
- Kimheng CA and Cox MC (2003) Early generation selection of sugarcane families and clones in Australia: a review. **Journal American Society of sugarcane technologist 23**: 20-39.
- Kumar R and Gopal J (2006) Repeatability of progeny mean, combining ability, heterosis and hetebeltiosis in early generations of a potato breeding programme. **Potato Research 49**: 131-141.
- Lambert ES, Pinto CABP and Menezes CB (2006) Potato improvement for tropical conditions: II. Selection indices and efficiency of indirect selection. **Crop breeding and applied biotechnology 6**: 185-193.
- Levy D and Veilleux RE (2007) Adaptation of Potato to High Temperatures and Salinity - A Review. **American Journal of Potato Research 84**: 487-506.

- Melo DS, Pinto CABP, Peixoto LS, Neder DG and Assis JC (2011) Early selection of full-sib potato families. **Ciência e Agrotecnologia** **35**: 1101-1109.
- Menezes CB, Pinto CABP, Nurmberg PL and Lambert ES (1999) Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras “das águas” e de inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia** **23**: 776-783.
- Menezes CB, Pinto CABP and Lambert ES (2001) Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop breeding and applied biotechnology** **1**: 145-157.
- Nicholaides III JJ and Piha MIA (1987) A new methodology to select cultivars tolerant to aluminium and with high yield potential. In: Workshop on evaluating sorghum for tolerance to Al-toxic Tropical Soils in Latin America. Sorghum in acid soils. INTSORMIL/ICRISAT/CIAT, Cali, p.103-116.
- Parentoni SN, Alves VMC, Milach SK, Cançado GMA and Bahia Filho AFC (2001) Melhoramento para tolerância ao alumínio como fator de adaptação a solos ácidos. In: Nass LL et al. (eds.) **Recursos genéticos e melhoramento**. Fundação MT, Rondonópolis, p. 783-852.
- Ramos RM, Silva AR and Dumbra JGR (2013) O aquecido mercado dos vegetais congelados. **Hortifruti Brasil**: p. 8-21.
- Resende MDV (2007) **Software SELEGEN – REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos**. Embrapa, Colombo, 359p.
- Resende MDV and Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical** **37**: p. 182-194.
- SAS Institute (2000). **SAS/STAT user’s guide**. Version 8, SAS Institute, Cary.
- Schippers PA (1976) The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. **American Potato Journal** **53**: p. 111-122.

Simmonds NW (1996) Family selection in plant breeding. **Euphytica** **90**: p. 201-208.

Verissimo MAA, Pereira AS, Silva DAS, Terres LR, Ney VG, Silva GO (2012) Expressão de caracteres de tubérculos em função do tamanho de recipiente usado no cultivo de batata na geração de plântulas. **Revista Ceres** **59**: p. 787-793.

ANEXOS

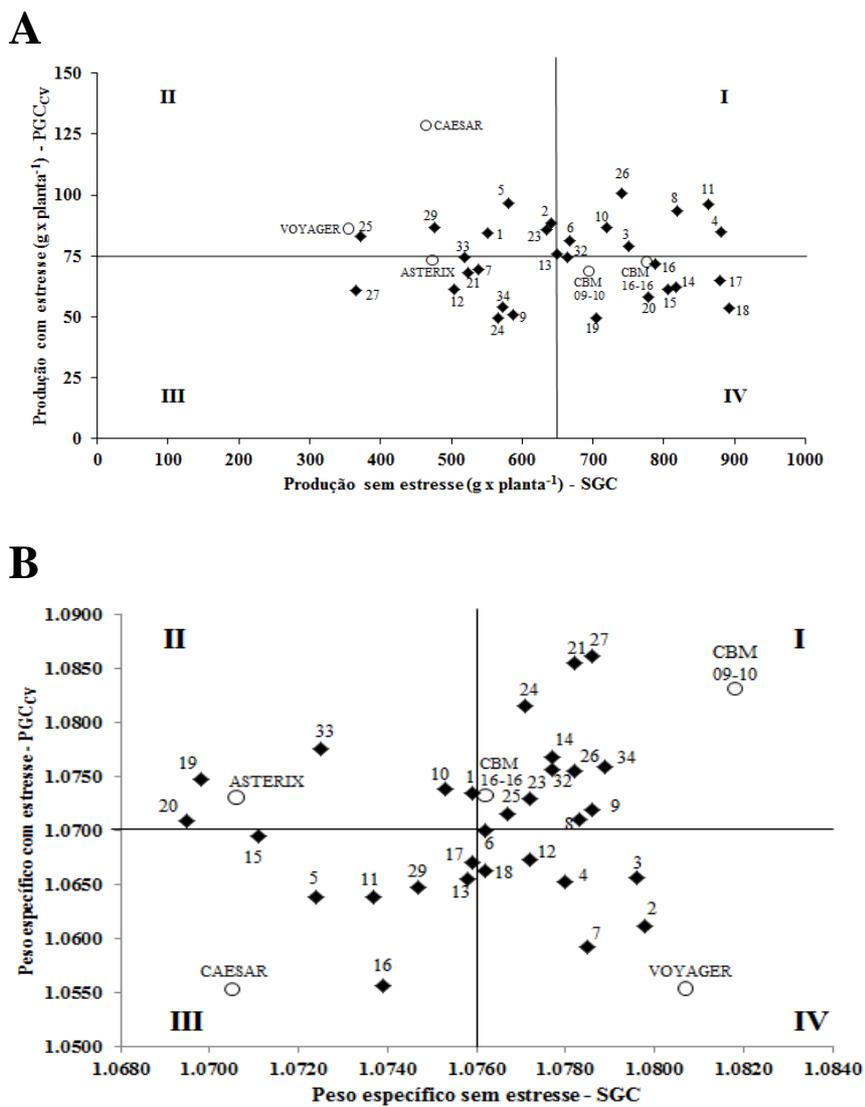


Figura 1A Distribuição das médias das famílias para produtividade de tubérculos (A) e peso específico de tubérculos (B) sob temperaturas amenas SGC (eixo x) e sob estresse de calor PGC_{cv} (eixo y)

Tabela 1A Famílias descartadas na PGC_{CAMPO} ou PGC_{CV} e que seriam selecionadas na SGC para produtividade de tubérculos

Intensidade de seleção (%) na PGC _{CAMPO} ou PGC _{CV}	Intensidade de seleção na SGC entre famílias	Nº de famílias descartadas na PGC _{CAMPO} e selecionadas na SGC e (família nº)	Nº de famílias descartadas na PGC _{CV} e selecionadas na SGC e (família nº)
86,7	6,7	0	1 (18)
	13,3	0	1 (18)
	20,0	0	1 (18)
	26,7	0	1 (18)
	33,3	0	1 (18)
	40,0	0	1 (18)
	46,7	0	2 (18, 19)
	50,0	0	2 (18, 19)
80,0	6,7	0	1 (18)
	13,3	0	1 (18)
	20,0	1 (8)	1 (18)
	26,7	1 (8)	1 (18)
	33,3	1 (8)	2 (18, 20)
	40,0	1 (8)	2 (18, 20)
	46,7	1 (8)	3 (18, 20, 19)
	50,0	1 (8)	3 (18, 20, 19)
73,3	6,7	0	1 (18)
	13,3	1 (17)	1 (18)
	20,0	2 (17, 8)	1 (18)
	26,7	2 (17, 8)	1 (18)
	33,3	2 (17, 8)	2 (18, 20)
	40,0	2 (17, 8)	2 (18, 20)
	46,7	2 (17, 8)	3 (18, 20, 19)
	50,0	2 (17, 8)	3 (18, 20, 19)
66,7	6,7	0	1 (18)
	13,3	1 (17)	1 (18)
	20,0	2 (17, 8)	2 (18, 14)
	26,7	2 (17, 8)	3 (18, 14, 15)
	33,3	2 (17, 8)	4 (18, 14, 15, 20)
	40,0	2 (17, 8)	4 (18, 14, 15, 20)
	46,7	2 (17, 8)	5 (18, 14, 15, 20, 19)
	50,0	2 (17, 8)	5 (18, 14, 15, 20, 19)
60,0	6,7	0	1 (18)
	13,3	1 (17)	2 (18, 17)
	20,0	2 (17, 8)	3 (18, 17, 14)
	26,7	2 (17, 8)	4 (18, 17, 14, 15)
	33,3	3 (17, 8, 20)	5 (18, 17, 14, 15, 20)
	40,0	3 (17, 8, 20)	5 (18, 17, 14, 15, 20)
	46,7	3 (17, 8, 20)	6 (18, 17, 14, 15, 20, 19)
	50,0	3 (17, 8, 20)	6 (18, 17, 14, 15, 20, 19)
53,3	6,7	1 (18)	1 (18)
	13,3	2 (18, 17)	2 (18, 17)
	20,0	3 (18, 17, 8)	3 (18, 17, 14)
	26,7	3 (18, 17, 8)	5 (18, 17, 14, 15, 16)
	33,3	5 (18, 17, 8, 20, 3)	6 (18, 17, 14, 15, 16, 20)
	40,0	5 (18, 17, 8, 20, 3)	6 (18, 17, 14, 15, 16, 20)
	46,7	5 (18, 17, 8, 20, 3)	7 (18, 17, 14, 15, 16, 20, 19)
	50,0	5 (18, 17, 8, 20, 3)	7 (18, 17, 14, 15, 16, 20, 19)
50,0	6,7	1 (18)	1 (18)
	13,3	2 (18, 17)	2 (18, 17)
	20,0	4 (18, 17, 8, 14)	3 (18, 17, 14)
	26,7	4 (18, 17, 8, 14)	5 (18, 17, 14, 15, 16)
	33,3	6 (18, 17, 8, 14, 20, 3)	6 (18, 17, 14, 15, 16, 20)
	40,0	6 (18, 17, 8, 14, 20, 3)	6 (18, 17, 14, 15, 16, 20)
	46,7	6 (18, 17, 8, 14, 20, 3)	7 (18, 17, 14, 15, 16, 20, 19)
	50,0	6 (18, 17, 8, 14, 20, 3)	7 (18, 17, 14, 15, 16, 20, 19)

Tabela 2A Famílias descartadas na PGC_{CAMPO} ou PGC_{CV} e que seriam selecionadas na SGC para peso específico de tubérculos

Intensidade de seleção (%) na PGC _{CAMPO} ou PGC _{CV}	Intensidade de seleção na SGC entre famílias	Nº de famílias descartadas na PGC _{CAMPO} e selecionadas na SGC e (família nº)	Nº de famílias descartadas na PGC _{CV} e selecionadas na SGC e (família nº)
86,7	6,7	1 (3)	1 (2)
	13,3	1 (3)	1 (2)
	20,0	1 (3)	2 (2, 7)
	26,7	1 (3)	2 (2, 7)
	33,3	1 (3)	2 (2, 7)
	40,0	1 (3)	2 (2, 7)
	46,7	1 (3)	2 (2, 7)
	50,0	1 (3)	2 (2, 7)
80,0	6,7	1 (3)	1 (2)
	13,3	2 (3, 9)	1 (2)
	20,0	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	26,7	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	33,3	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	40,0	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	46,7	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	50,0	2 (3, 9)	2 (2, 7)
73,3	6,7	1 (3)	1 (2)
	13,3	2 (3, 9)	1 (2)
	20,0	2 (3, 9)	2 (2, 7)
	26,7	3 (3, 9, 8)	2 (2, 7)
	33,3	3 (3, 9, 8)	3 (2, 7, 4)
	40,0	3 (3, 9, 8)	3 (2, 7, 4)
	46,7	3 (3, 9, 8)	3 (2, 7, 4)
	50,0	3 (3, 9, 8)	3 (2, 7, 4)
66,7	6,7	1 (3)	2 (2, 3)
	13,3	2 (3, 9)	2 (2, 3)
	20,0	2 (3, 9)	3 (2, 3, 7)
	26,7	3 (3, 9, 8)	3 (2, 3, 7)
	33,3	3 (3, 9, 8)	4 (2, 3, 7, 4)
	40,0	3 (3, 9, 8)	4 (2, 3, 7, 4)
	46,7	4 (3, 9, 8, 23)	4 (2, 3, 7, 4)
	50,0	4 (3, 9, 8, 23)	4 (2, 3, 7, 4)
60,0	6,7	1 (3)	2 (2, 3)
	13,3	2 (3, 9)	2 (2, 3)
	20,0	2 (3, 9)	3 (2, 3, 7)
	26,7	3 (3, 9, 8)	3 (2, 3, 7)
	33,3	3 (3, 9, 8)	4 (2, 3, 7, 4)
	40,0	3 (3, 9, 8)	4 (2, 3, 7, 4)
	46,7	5 (3, 9, 8, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)
	50,0	5 (3, 9, 8, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)
53,3	6,7	1 (3)	2 (2, 3)
	13,3	2 (3, 9)	2 (2, 3)
	20,0	2 (3, 9)	3 (2, 3, 7)
	26,7	3 (3, 9, 8)	3 (2, 3, 7)
	33,3	4 (3, 9, 8, 4)	4 (2, 3, 7, 4)
	40,0	4 (3, 9, 8, 4)	4 (2, 3, 7, 4)
	46,7	6 (3, 9, 8, 4, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)
	50,0	6 (3, 9, 8, 4, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)
50,0	6,7	1 (3)	2 (2, 3)
	13,3	2 (3, 9)	2 (2, 3)
	20,0	2 (3, 9)	3 (2, 3, 7)
	26,7	3 (3, 9, 8)	3 (2, 3, 7)
	33,3	4 (3, 9, 8, 4)	4 (2, 3, 7, 4)
	40,0	4 (3, 9, 8, 4)	4 (2, 3, 7, 4)
	46,7	6 (3, 9, 8, 4, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)
	50,0	6 (3, 9, 8, 4, 12, 23)	5 (2, 3, 7, 4, 12)

Tabela 3A Número de clones em cada quadrante do gráfico e sua família de origem para produtividade de tubérculos

Família	Quadrante da família PGC _{CAMPO} e SGC	Quadrante da família PGC _{CV} e SGC	Nº clones no QI*	Nº clones no QII	Nº clones no QIII	Nº clones no QIV	Nº clones/família
2	III	II	1	1	4	3	9
3	IV	I	7	3	7	8	25
4	I	I	10	4	11	6	31
5	III	II	4	4	9	3	20
6	IV	I	1	5	8	1	15
7	II	III	3	4	9	11	27
8	IV	I	6	1	6	10	23
10	I	I	5	0	8	7	20
11	I	I	11	5	7	2	25
13	IV	I	3	6	4	0	13
16	I	IV	9	6	2	3	20
19	I	IV	13	7	6	2	28
25	III	II	2	2	7	1	12
26	IV	I	1	1	12	5	19
29	II	II	0	1	5	2	8
32	I	IV	8	4	7	5	24
Total			84	54	112	69	319

QI, QII, QIII e QIV: quadrantes I, II, III e IV respectivamente da figura 2

Tabela 4A Número de clones em cada quadrante do gráfico e sua família de origem para peso específico de tubérculos

Família	Quadrante da família PGC _{CAMPO} e SGC	Quadrante da família PGC _{CV} e SGC	Nº clones no QI*	Nº clones no QII	Nº clones no QIII	Nº clones no QIV	Nº clones/família
2	I	IV	1	1	1	6	9
3	IV	IV	9	4	5	7	25
4	IV	IV	11	2	13	5	31
5	II	III	7	5	4	4	20
6	I	IV	6	4	4	1	15
7	I	IV	6	7	8	6	27
8	IV	I	2	5	4	12	23
10	IV	II	5	3	7	5	20
11	III	III	5	4	14	2	25
13	III	III	2	2	6	3	13
16	III	III	3	4	9	4	20
19	III	II	4	6	9	9	28
25	I	I	4	2	2	4	12
26	I	I	4	4	4	7	19
29	II	III	3	2	2	1	8
32	I	I	10	7	3	4	24
Total			82	62	95	80	319

QI, QII, QIII e QIV: quadrantes I, II, III e IV respectivamente da figura 2