

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Critérios na escolha de genitores e mecanismos de seleção
para caracteres agronômicos nas primeiras gerações em
batata (*Solanum tuberosum* L.)**

Giovani Olegário da Silva

Pelotas 2006

Giovani Olegario da Silva
Engenheiro Agrônomo (CEFET)

**Critérios na escolha de genitores e mecanismos de seleção para
caracteres agronômicos nas primeiras gerações em batata
(*Solanum tuberosum* L.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (área do conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Arione da Silva Pereira

Co-orientador: Fernando Irajá Félix de Carvalho

Pelotas, 2006

Banca Examinadora:

Prof. Arione da Silva Pereira Ph.D. – Orientador – Embrapa Clima Temperado
(presidente)

Prof. Fernando Irajá Félix de Carvalho Ph.D. - FAEM/UFPeI

Prof. José Fernandes Barbosa Neto Ph.D. – UFRGS

Prof. Bonifácio Hideyuki Nakasu Ph.D. – Embrapa Clima Temperado

Prof. José Antônio Gonzalez da Silva Dr. - FAEM/UFPeI

A **DEUS**;

A meus pais **João Olegario da Silva Sobrinho** e **Angelina Salvadego da Silva**, e a meus irmãos **Gilson** e **Joice**;

A minha esposa **Valdriana**, pelo apoio, compreensão e dedicação durante esta caminhada;

A minha filha **Raíssa** pelas alegrias desde já proporcionadas.

Dedico

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado – EMBRAPA Clima Temperado, pela oportunidade concedida ao aprimoramento profissional e realização dos trabalhos, disponibilizando a infra-estrutura e mão-de-obra.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia ‘Eliseu Maciel’ da Universidade Federal de Pelotas – FAEM-UFPeL, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador: pesquisador e prof. Arione da Silva Pereira Ph.D., pela amizade, dedicação, incentivo, confiança, ensinamento, orientação e apoio para a realização deste trabalho.

Aos prof.^{es} Fernando Irajá Felix de Carvalho Ph.D. e Antonio Costa de Oliveira Ph.D., pela confiança, incentivo e colaboração prestada.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À equipe de apoio ao programa de melhoramento da batata, pela amizade, confiança e pela colaboração prestada.

Aos colegas e amigos Claiton, Graziela, Ivandro, Roberto, Sandra, Velci e Vicenti, pelo incentivo, companheirismo, dedicação e colaboração prestadas.

Aos bibliotecários Regina e Wilson, pela colaboração prestada.

Aos colegas do Fitomelhoramento, pelos conhecimentos compartilhados, companheirismo, amizade e colaboração prestada.

Resumo

SILVA, GIOVANI OLEGÁRIO da. **Crítérios na escolha de genitores e mecanismos de seleção para caracteres agrônômicos nas primeiras gerações em batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2006. 96f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A escolha de genitores e de estratégias de seleção nas primeiras gerações, quando cuidadosamente definidos e incorporados como prática em programas de melhoramento de batata, aumentam sua eficiência/versatilidade. A pesquisa foi composta de quatro estudos. O primeiro teve como objetivo principal analisar a utilização de medidas de distâncias genéticas entre genitores de batata por meio de genealogia, caracteres morfológicos, moleculares e, morfológicos e moleculares conjuntamente. Foi avaliado um grupo de 13 cultivares e clones elite de batata, cultivados nas primaveras de 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003. Pode-se concluir que todas as estimativas de distância devem ser consideradas conjuntamente para obter cruzamentos contrastantes. O segundo estudo teve como objetivo verificar as estimativas das capacidades de combinação de genitores de batata em gerações iniciais de seleção. Foi avaliada uma população de batata composta por 20 progênies, em um dialelo parcial (4x5). Os resultados permitiram inferir que. Número e peso médio de tubérculos são caracteres com efeitos de CGC e CEC importantes, enquanto que rendimento de tubérculo mostra-se um caráter governado por efeito gênico predominantemente aditivo. Na geração de plântula, as estimativas de capacidade de combinação podem ser preditas. O terceiro estudo objetivou estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes da aparência de tubérculo, avaliados nas duas primeiras gerações de batata, visando estimar os ganhos com a seleção. O experimento foi realizado na geração de plântula, em casa plástica, e primeira geração clonal, no campo, nos outono de 2004 e 2005, respectivamente. Foi utilizada uma população de 15 famílias de batata com 20 plantas (genótipos) de cada família. Os resultados obtidos demonstraram que, a geração de plântula proporciona melhor expressão dos caracteres componentes de aparência de tubérculo do que a primeira geração clonal. Pode-se aplicar forte pressão de seleção nas gerações iniciais para os caracteres formato, apontamento e curvatura de tubérculos. O quarto estudo teve por objetivo verificar os ganhos esperados em aparência e rendimento de tubérculo de batata com a seleção para seus componentes na geração de plântulas. Foram avaliadas duas populações em casa de vegetação no outono e na primavera de 2004. Estimou-se os ganhos esperados com a seleção direta e através da seleção de caracteres correlacionados geneticamente. Foi verificado que: na geração de plântula, os ganhos correlacionados esperados em aparência de tubérculo pela seleção para curvatura, apontamento e formato de tubérculo, no entanto são inferiores à seleção direta. A seleção para rendimento de tubérculo através de seus componentes (número e peso médio de tubérculos) resulta em ganhos mais elevados do que a seleção direta.

Palavras-chave: Dissimilaridade genética, capacidade de combinação, parâmetros genéticos, ganhos correlacionados.

Abstract

SILVA, GIOVANI OLEGÁRIO da. **Cr terios na escolha de genitores e mecanismos de sele o para caracteres agron micos nas primeiras gera es em batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2006. 96f. Tese (Doutorado) – Programa de P s-Gradua o em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The choice of parents and selection strategies when carefully defined and incorporated as usual practice in potato breeding programs, increase their efficiency and versatility. This research was composed of four studies. The work had as the main objective to analyze the use of distance measurements among potato genotypes through genealogy, morphologic and molecular markers, and jointed morphologic plus molecular markers. Thirteen cultivars and elite clones were grown in springs of 1999, 2000, 2001, 2002 and 2003, in the field. Can concluded that all estimates of genetic distances owe be considered jointly to obtain contrasting crossings. The second study aimed to estimate the combining ability of potato parents in early generations of selection. A hybrid population composed by 20 progenies in a partial diallel (4x5) arranged in a factorial design was evaluated. The results allowed infer that, number and average tuber weight are characters with CGC and CEC effects important, whereas tuber yield was a character governed by predominant additive genetic effects. In seedlings generation, the estimates of combinations capacities can is predicted. The third study was aimed to estimate genetic parameters of component traits of tuber appearance, evaluated in the two first generations of potato, aiming to estimate selection gains. The experiment was conducted in two generations, seedlings generation, in plastic house, and first clonal generation, in the field, during autumn of 2004 and 2005, respectively. A population of 15 potato families with 20 plants (genotypes) for each family was used. Can conclude that the seedling generation provide better expression of tuber appearance traits, than in the first clonal generation. High pressure of selection can be applied in early generations to shape, pointing and curving of tubers. The fourth study aimed to estimate genetic parameters of component traits of tuber appearance, evaluated in the two first generations of potato, aiming to estimate selection gains in the seedling generation. Two populations (1 and 2) were evaluated in plastic house, during autumn and spring seasons of 2004. Expected correlated and direct gains were estimated for tuber appearance and yield. In seedling generation, the expected correlated gains are bigger in tuber appearance by selecting for tuber curving, pointing and tuber shape, however lower to direct selection. The selection for tuber appearance based on its individual components does not offer possibility of higher gains that the direct selection, whereas the selection for tuber yield through its components (number and tuber medium weight) results in higher gains than direct selection.

Key words: Genetic dissimilarity, combining ability, genetic parameters, correlated gains.

Lista de figuras

	Pág.
FIGURA 1. Dendrogramas de distância entre 13 genitores de batata, com base em dados morfológicos (A) e genealógicos (B), agrupados pelo método de agrupamento UPGMA, Pelotas, 2006.	36
FIGURA 2. Dendrogramas de distância entre 13 genitores de batata, com base em dados moleculares (A) e conjunta (moleculares e morfológicos) (B), agrupados pelo método UPGMA, Pelotas, 2006.	37

Lista de tabelas

	Pág.
Tabela 1. Resumo da análise de variância, herdabilidade e coeficiente de variação (CV) para caracteres componentes dos descritores mínimos, avaliados em 13 genótipos de batata. Pelotas, 2006	35
Tabela 2. Análise de variância das capacidades gerais (CGC) e específica de combinação (CEC) conjunta e para cada ano (2004 e 2005) de avaliação para genótipos de batata em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006	48
Tabela 3. Capacidades gerais de combinação (CGC) para os genótipos de batata dos grupos 1 e 2, conjunta e em cada ano (2004 e 2005) em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006	49
Tabela 4. Capacidades específicas de combinação (CEC) conjunta para os genótipos de batata do grupo 1x2, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006	50
Tabela 5. Médias das combinações de genótipos de batata para os caracteres rendimento, peso médio e número de tubérculos para dois anos de cultivo em conjunto, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006	51
Tabela 6. Capacidades específicas de combinação (CEC) de genótipos de batata nos anos de 2004 e 2005, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006	52
Tabela 7. Médias das combinações de genótipos de batata para os caracteres rendimento (REM), peso médio (PEM) e número de tubérculos (NTU) para os anos de 2004 e 2005. Pelotas, 2006	53
Tabela 8. Resumo da análise de variância para componentes da aparência de tubérculo na geração de plântula e primeira geração clonal de batata cultivadas em casa de vegetação e a campo, respectivamente. Pelotas, 2006	63

Tabela 9. Resumo da análise de variância conjunta para componentes da aparência de tubérculo na geração de plântula e na primeira geração clonal de batata. Pelotas, 2006	64
Tabela 10. Estimativas de variância genética (σ^2_G), herdabilidade (h^2) e resposta à seleção (R), com respectivos intervalos de confiança ($0,95 < IC \leq 0,05$) de caracteres de aparência de tubérculos de batata cultivados em casa de vegetação. Pelotas, 2006	65
Tabela 11. Estimativas de coeficientes de variação genética (CVg), herdabilidade (h^2) e ganho esperado de seleção (GS) para componentes da aparência e rendimento de tubérculo em plântulas de batata em duas populações cultivadas em casa de vegetação. Pelotas, 2006	75
Tabela 12. Coeficientes de correlação genotípica para a população 1 (diagonal inferior) e população 2 (diagonal superior) entre componentes de aparência e rendimento de tubérculo em plântulas provenientes de casa de vegetação. Pelotas, 2006	76
Tabela 13. Ganhos esperados diretos e correlacionados em aparência e rendimento de tubérculo, em relação à média (%), pela seleção de seus caracteres componentes em duas populações de plântulas de batata. Pelotas, 2006	77

Sumário

Resumo.....	6
Abstract	8
Lista de figuras	10
Lista de tabelas	11
Sumário	13
1. Introdução geral	15
2. Distâncias genéticas entre genitores de batata estimadas a partir de dados morfológicos, moleculares e genealógicos.	21
Resumo.....	21
Abstract	22
Introdução.....	23
Material e Métodos.....	24
Resultados e Discussão	27
Conclusões	30
Agradecimentos.....	30
Referências Bibliográficas	30
3. Capacidades de combinação para caracteres de rendimento de batata em gerações iniciais de seleção.	38
Resumo.....	38
Abstract	39
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão	42
Conclusões	45
Agradecimentos.....	45
Referências Bibliográficas	45
4. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção de batata.	54

Resumo.....	54
Abstract	55
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão	58
Conclusões	61
Agradecimentos.....	61
Referências Bibliográficas	61
5. Seleção para caracteres componentes de aparência e rendimento em plântulas de batata.....	66
Resumo.....	66
Abstract	67
Introdução.....	67
Material e Métodos.....	68
Resultados e Discussão	69
Conclusões	72
Agradecimentos.....	72
Referências Bibliográficas	72
6. Discussão geral	78
7. Referências bibliográficas item 1	81
8. Vitae	85

1. Introdução geral

A batata é uma dicotiledônea da família *Solanaceae* pertencente ao gênero *Solanum* (que contém mais de 2000 espécies). Destas, aproximadamente 160 produzem tubérculos (PINTO, 1999). Entretanto, apenas cerca de 20 espécies de batata são cultivadas. Existem muitas espécies que são silvestres e de grande importância aos programas de melhoramento (FORTES & PEREIRA, 2003). É originária dos Andes (Peru e Bolívia), estando adaptada aos dias curtos da região. Sua introdução na Europa resultou em seleção para tuberização em dias longos. A partir daí, foi espalhada para muitos países (PINTO, 1999).

A espécie *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* é uma espécie autotetraplóide ($2n = 4x = 48$ cromossomos), com herança tetrassômica multialélica (HAWKES, 1993).

Muito embora algumas cultivares floresçam e produzam sementes botânicas, a batata cultivada é propagada vegetativamente por meio de tubérculos (clones). A propagação clonal possibilita que o vigor híbrido (heterose) obtido a partir de cruzamentos seja mantido em sucessivas gerações (HOOPES & PLAISTED, 1987).

É um dos principais alimentos da humanidade, sendo cultivada em mais de 125 países e consumida por mais de um bilhão de pessoas. Ocupa a quarta posição entre as principais culturas produzidas mundialmente, e superada apenas pelo trigo, milho e arroz.

A produção mundial anual de batata supera 300 milhões de toneladas em uma área de 19 milhões de hectares. O Brasil é responsável por cerca de 2,8 milhões de toneladas por ano, com área plantada em torno de 150.000 hectares. As regiões Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) e Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) do Brasil são as mais destacadas; sendo que o estado de Minas

Gerais é o principal produtor brasileiro (949 mil toneladas, em 2004). Tais produções são alcançadas devido às modernas técnicas de cultivo empregadas pelos produtores, associadas a cultivares mais produtivas, que são desenvolvidas pelos programas de melhoramento genético da cultura (FNP, 2005).

O desenvolvimento de novas cultivares de batata envolve alguns processos básicos: seleção de genitores para compor o bloco de cruzamentos; realização de cruzamentos; e, posteriormente, seleção das melhores constituições genéticas produzidas.

Primeiramente são escolhidos os genitores, dando origem a um bloco de cruzamentos que irá gerar a variabilidade genética necessária para proporcionar a seleção de genótipos com características desejáveis. A escolha dos genitores deve ser efetuada de acordo com os objetivos de cada programa, sendo necessário conhecer algumas de suas características, como a capacidade de transferência de caracteres de interesse e a habilidade ou capacidade de cruzamento quando utilizados como genitor materno ou paterno. É interessante que os genitores sejam geneticamente distantes, possibilitando o aumento da heterose que poderá ser mantida pela propagação clonal. Deve-se ter o cuidado de que estes genitores tenham boa adaptação à região de interesse para cultivo e que possuam características agrônômicas, industriais e culinárias desejáveis, possibilitando o incremento da proporção de genótipos selecionáveis produzidos (HAWKES, 1993).

Para a realização dos cruzamentos, é necessária a obtenção de uma grande quantidade de flores, devido à elevada proporção de abortamento de flores e frutos e reduzida porcentagem de cruzamentos que produzem sementes. Isso é possível com a exposição das plantas a uma certa quantidade de horas luz para atingir o fotoperíodo mínimo necessário ao florescimento, que geralmente é feito através da suplementação artificial com lâmpadas em casas de vegetação. Os cruzamentos que são efetuados resultam em frutos tipo baga, contendo grande quantidade de sementes híbridas. As sementes extraídas têm sua dormência eliminada pela aplicação de ácido giberélico, antes da semeadura em sementeiras, para a formação das plântulas. Posteriormente, são transplantadas para recipientes plásticos mantidos em estufa plástica, objetivando a formação de tubérculos, que são cultivados a campo em sucessivas gerações (gerações clonais), onde é aplicada seleção. No processo final de seleção, os genótipos superiores devem ser testados quanto à sua adaptação e estabilidade de produção (PEREIRA, 2003).

A disponibilidade de variabilidade genética em batata indica a possibilidade de continuar tendo sucesso com a seleção de plantas. Entretanto, as diferenças a serem detectadas são cada vez menores e o número de caracteres maiores, exigindo, assim, maior eficiência dos programas de melhoramento. Entre os fatores que afetam essa eficiência, está a capacidade do melhorista em identificar constituições genéticas superiores (XIONG et al., 2002).

Para a obtenção de progresso genético no melhoramento de plantas, é necessário se estabelecer critérios de seleção artificial que sejam eficientes. Portanto, análises estatísticas que venham a auxiliar na escolha da melhor estratégia de seleção tornam-se importantes ferramentas para o melhor entendimento das relações genéticas entre os caracteres (CARVALHO et al., 2001).

Com o novo cenário da agricultura nacional e o refinamento tecnológico na industrialização, os programas de melhoramento com a cultura da batata tiveram que definir seus objetivos, a fim de atender um mercado consumidor cada vez mais competitivo e exigente. O grande desafio dos melhoristas de batata consiste em disponibilizar permanentemente genótipos que atendam às exigências das indústrias (qualidade industrial), dos consumidores (qualidades culinárias e preferências visuais) e dos agricultores (maior produção e menores custos). Portanto, é indispensável que o melhoramento seja dinâmico, rápido e economicamente eficiente.

Em batata, o desafio de identificar genótipos com características superiores é dificultado devido às diferenças que devem ser detectadas em relação às cultivares existentes serem cada vez menores e o número de caracteres considerados no momento da seleção, cada vez maiores. Isto se deve, em grande parte, ao estreitamento da base genética da cultura (HAWKES, 1978). Portanto, o melhoramento, principalmente em longo prazo, deve ser baseado em estratégias que possibilitem maximizar a distância entre os genitores dos blocos de cruzamentos, favorecendo a complementação de alelos para aumentar a heterose (LOISELLE et al., 1991).

Os estudos de distância têm sido de grande importância em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre parâmetros de identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas progênies (CRUZ & REGAZZI, 2001). Tal expectativa decorre do fato que a heterose e a capacidade específica de

combinação entre genitores, dependem da existência de dominância no controle do caráter e da presença de divergência entre os genitores (FALCONER, 1981).

A análise da distância é um importante elo entre a conservação e a utilização dos recursos genéticos disponíveis. Esta estimativa informa a respeito da organização do germoplasma, aumenta a eficiência da amostragem de genótipos, auxilia na definição de cruzamentos artificiais, na incorporação de genes de germoplasma exótico, e se apresenta ainda como muito vantajosa na identificação da variabilidade genética (MOURA et al., 1999) e até na recomendação de cultivares para determinada região, quando o objetivo é aumentar a base genética dos cultivares sob cultivo (MOHAMMADI & PRASANNA, 2003).

As distâncias entre genótipos podem ser estimadas com base na avaliação morfológica do fenótipo da planta (CRUZ & REGAZZI, 2001), por meio de dados moleculares através do polimorfismo de DNA (DINIZ FILHO, 2000; OLIVEIRA, 1998), ou ainda mediante informações disponíveis da genealogia (LOISELLE et al., 1991; BARBOSA-NETO, 1996; KIM & WARD, 1997; VAN BEUNINGEN, 1997).

Em relação às capacidades de combinação, a alta heterozigosidade e a herança tetraploide da batata *Solanum tuberosum*, dificultam a aplicação de vários modelos biométricos (GOPAL, 1998). Pois a teoria genético-biométrica pressupõe que a herança seja dissômica e a base da população das quais os pais são amostrados esteja em equilíbrio panmítico ou consista de linhagens endogâmicas (BARBOSA & PINTO, 1998).

A utilização de médias das progênies, embora viável na identificação de combinações de cruzamentos superiores, torna-se difícil quando se avalia um número elevado de cruzamentos (BROWN et al., 1988; GOPAL, 1997, 1998). As metodologias de análise dialélica propiciam estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Os valores dos genótipos e suas habilidades de produzir boas combinações podem ser preditas em gerações precoces de seleção, podendo ser incorporado como prática em programas de melhoramento de batata (BROWN & DALE, 1998).

Ainda em relação a estratégias de melhoramento, o conhecimento dos parâmetros genéticos ou das expressões genéticas de caracteres em determinada condição de cultivo possibilita a predição de ganhos nas sucessivas gerações de seleção, sendo estas expressões desinflacionadas da variação não herdável que é

causada pelo ambiente. A participação direta dos efeitos do ambiente na expressão fenotípica, e a existência de respostas diferenciadas de genótipos às condições de ambiente, têm sido freqüentemente constatadas em plantas cultivadas. Essa interação causa dificuldades aos programas de melhoramento, pois determina inconsistência da superioridade de genótipos com relação à variação de ambiente, tornando a seleção mais difícil (BRIGGS & KNOWLES, 1967; CRUZ & CASTOLDI, 1991; LOVE et al., 1997; TAI & YOUNG, 1984;).

A herdabilidade é um dos parâmetros genéticos mais importantes, auxiliando na determinação da intensidade ideal de seleção, que deve ser aplicada pelas estações experimentais de melhoramento. Esta intensidade depende ainda dos parâmetros e equipamentos de avaliação, do número de plantas utilizadas nas primeiras gerações de cultivo e do tempo necessário para plantio, cultivo e seleção (NEELE et al., 1988). A herdabilidade é um indicativo de superioridade fenotípica de origem genética, que pode ser transmitida aos descendentes. No sentido amplo inclui a aditividade, dominância e epistasia, e no sentido restrito somente a aditividade na proporção da variância genética total (CARVALHO et al., 2001).

Para o melhoramento da batata, a herdabilidade no sentido amplo é mais importante devido aos efeitos de dominância e epistasia serem mantidos nas sucessivas gerações pela propagação clonal. No entanto, a herdabilidade por si só não é suficiente para predizer o ganho da seleção para um caráter, dependendo também da extensão da variabilidade genética em uma população (GOPAL, 2001).

Maris (1988) relatou que, a aparência geral de tubérculo é um caráter de baixa herdabilidade. O autor cita ainda que estatura de planta possui herdabilidade medianamente baixa. Da mesma forma, Pinto (1999) concluiu que profundidade de olhos, coloração, aspereza e formato de tubérculo são caracteres de alta herdabilidade.

A seleção para alguns caracteres, com maiores herdabilidades, poderia ser eficiente quando efetuada nas primeiras gerações de propagação. A seleção na fase de plântula, não é uma prática normalmente realizada nos programas de melhoramento de batata, devido ao questionamento de sua eficiência. Para alguns autores (ANDERSON & HOWARD, 1981; BROWN et al., 1984), a fase de plântula deveria servir apenas para produção de tubérculos para o plantio da geração seguinte no campo. No entanto, outros (BISOGNIN & DOUCHES, 2002; LOVE et al., 1997; NEELE & LOUWES, 1989; SWIEZYNSKI, 1978; XIONG et al., 2002)

consideram que a seleção para alguns caracteres na fase de em plântula pode economizar recursos consideráveis em um programa de melhoramento diminuindo o tamanho da população na geração seguinte e aumentar a frequência de genótipos com melhores características nas fases posteriores de seleção.

A seleção indireta através de caracteres correlacionados, nas gerações iniciais de seleção, pode permitir que caracteres complexos, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam ser melhorados através da seleção de caracteres menos complexos ou de mais fácil medição ou identificação, com maior herdabilidade e correlações elevadas (BAKER, 1986; CRUZ & REGAZZI, 2001; GOLDENBERG, 1968). Assim, caracteres complexos de batata poderiam ser selecionados através da seleção de seus componentes.

O objetivo geral desta tese foi contribuir para a melhoria das estratégias de seleção de obtenção de cultivares de batata, tendo os seguintes objetivos específicos: (1) analisar a utilização de medidas de distância entre genótipos por meio de genealogia, caracteres morfológicos, moleculares e conjunta (morfológicos e moleculares), e estimar herdabilidade dos caracteres estudados; (2) estimar as capacidades de combinação de genótipos em gerações iniciais de seleção; (3) estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes da aparência geral de tubérculo, avaliados nas primeiras gerações de seleção e determinar ganhos com a seleção e (4) estimar ganhos correlacionados esperados com a seleção na geração de plântulas para caracteres componentes do rendimento e aparência geral de tubérculos de batata.

2. Distâncias genéticas entre genitores de batata estimadas a partir de dados morfológicos, moleculares e genealógicos.

Crop Breeding and Applied Biotechnology (ISSN 1518-7853)

Resumo

Os estudos de distância têm sido de grande importância em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre parâmetros de identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas progênies. O objetivo do presente trabalho foi analisar a utilização de medidas de distância entre genótipos de batata por meio de genealogia, caracteres morfológicos, moleculares e conjunta (morfológicos e moleculares), e estimar a herdabilidade de caracteres morfológicos componentes dos descritores mínimos. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado (31°S, 52°W) e no Laboratório de Genômica e Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/ Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. Foi avaliado um conjunto de 13 cultivares e clones elite, cultivados nas primaveras de 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003, a campo, em parcelas únicas de 20 plantas. Foram avaliados 33 caracteres morfológicos nas plantas e nos tubérculos, cujos dados foram submetidos à análise da distância Euclidiana. A dissimilaridade molecular foi estimada de acordo com Jaccard, usando dados obtidos por AFLP. A dissimilaridade por genealogia foi obtida pelo cálculo de

parentesco de Malécot. A matriz de distância conjunta (dados moleculares e fenotípicos) foi estimada de acordo com o índice de Gower. Pode-se concluir que todas as estimativas de distância devem ser consideradas conjuntamente na seleção de genitores para obter cruzamentos contrastantes. Os caracteres pigmentação da haste, inserção da folha, intensidade de coloração interna da corola, desenvolvimento da planta, ciclo vegetativo, coloração da base do broto, intensidade de primórdios radiculares, comprimento da brotação lateral, coloração da película e coloração da polpa apresentaram as maiores herdabilidades.

Abstract

Studies on genetic distance between genitors have been of great importance in breeding programs, since they provide information about parameters for genitor identification that allow high heterotic effect and higher probability of recovering superior genotypes in the progenies. The objective of the present work was to analyze the use of distance measurements between potato genotypes through genealogy, morphologic and molecular markers, and jointed morphologic plus molecular markers, and to estimate heritability of morphologic traits that are used as minimum descriptors. The experiments were carried out at Embrapa Clima Temperado (31°S, 52°W) and in the Laboratório de Genômica and Fitomelhoramento of the Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/ Universidade Federal de Pelotas, RS, Brazil. Thirteen cultivars and elite clones were grown in springs of 1999, 2000, 2001, 2002 and 2003, in the field, as single-row 20 plant plots. Thirty-three morphologic traits were evaluated in the plants and tubers. The data were submitted to analysis of Euclidian distance. The molecular dissimilarity was estimated according to Jaccard, using data from AFLP analysis. The genealogy dissimilarity was obtained by calculating the coancestry of Malécot. The joint distance (molecular and phenotypic data) matrix was estimated according to the Gower index. Can concluded that the every estimates of distances owe ser considered jointly in parent selection to obtain contrasting crossing. The stem pigmentation, leaf insertion, intensity of

internal color of corolla, plant vigor, maturity, color of sprout base, intensity of rootlets, length of lateral sprout, color of skin and flesh color traits showed very high heritability.

Key words: *Solanum tuberosum* L., AFLP, dissimilarity.

Introdução

Em batata, o desafio de identificar genótipos com características superiores é dificultado devido às diferenças que devem ser detectadas em relação às cultivares existentes atualmente serem cada vez menores e o número de caracteres considerados no momento da seleção, cada vez maiores. Isto se deve, em grande parte, ao estreitamento da base genética da cultura (HAWKES, 1978). Portanto, o melhoramento, principalmente em longo prazo, deve ser baseado em estratégias que possibilitem maximizar a distância entre os genitores dos blocos de cruzamentos, favorecendo a complementação de alelos para aumentar a heterose (LOISELLE et al., 1991).

Os estudos de distância têm sido de grande importância em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre parâmetros de identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas progênes (CRUZ & REGAZZI, 2001). Tal expectativa decorre do fato que, a heterose e a capacidade específica de combinação entre dois genitores, dependem da existência de dominância no controle do caráter e da presença de divergência entre os genitores (FALCONER, 1981). Esta estimativa informa a respeito da organização do germoplasma, aumenta a eficiência da amostragem de genótipos, auxilia na definição de cruzamentos artificiais, na incorporação de genes de germoplasma exótico e até na recomendação de cultivares para determinada região, quando o objetivo é aumentar a base genética dos cultivares sob cultivo (MOHAMMADI & PRASANNA, 2003).

A determinação da dissimilaridade, onde diversos caracteres são avaliados simultaneamente nos genótipos, se apresenta como muito vantajosa na identificação da

variabilidade genética (MOURA et al., 1999). As medidas de distância podem ser estimadas com base na avaliação morfológica do fenótipo da planta (CRUZ & REGAZZI, 2001), por meio de dados moleculares através do polimorfismo de DNA (OLIVEIRA, 1998; DINIZ FILHO, 2000), ou ainda mediante informações disponíveis da genealogia (LOISELLE et al., 1991; BARBOSA-NETO et al., 1996; KIM & WARD, 1997; VAN BEUNINGEN, 1997).

O objetivo do presente trabalho foi analisar a utilização de medidas de distância entre genótipos de batata por meio de genealogia, caracteres morfológicos, moleculares e conjunta (morfológicos e moleculares), e estimar a herdabilidade de caracteres morfológicos componentes dos descritores mínimos.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados na Embrapa Clima Temperado (31°S, 52°W) e no Laboratório de Genômica e Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/ Universidade Federal de Pelotas, RS, Brasil. Foi avaliado um grupo de 13 genótipos entre cultivares (Elvira, Monalisa, Eliza, Cristal, Atlantic, Asterix, Baronesa e White Lady) e clones elite (2CRI-1149-1-78, C-1226-35-80, C-1485-16-87, C-1750-15-95 e C-1714-7-94), componentes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Clima Temperado.

Os genótipos foram avaliados nas primaveras de 1999, 2000, 2001, 2002 e 2003. Os cultivos foram feitos em parcelas de 20 plantas, sem repetições, espaçadas em 0,30m entre plantas e 0,80m entre fileiras, manejadas com os tratos culturais recomendados para cultivo a campo. Os tubérculos foram colhidos aproximadamente 110 dias após o plantio.

Foram avaliados 33 caracteres morfológicos nas plantas e nos tubérculos, os quais fazem parte dos descritores mínimos da batata (*Solanum tuberosum* L.) recomendados pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC): formato do broto, coloração da base do broto, intensidade de coloração da base do broto, pubescência da base do broto, aspecto do ápice do broto, intensidade de primórdios radiculares do broto, comprimento da brotação

lateral do broto, tipo de planta em relação à folhagem, hábito de crescimento da planta, pigmentação da haste da planta, asas da planta, inserção das folhas, fechamento das folhas, pigmentação na nervura principal das folhas, tamanho dos folíolos, largura dos folíolos, coalescência dos folíolos, ondulação das bordas dos folíolos, frequência de folíolos secundários, frequência de flores na inflorescência, comprimento do pedúnculo floral, pigmentação do pedúnculo floral, coloração da parte interna da corola, intensidade de pigmentação na parte interna da corola, pigmentação na parte externa da corola, frequência de frutos, desenvolvimento, ciclo vegetativo, formato de tubérculos, profundidade de olhos, aspereza de película, cor de película e cor de polpa. Os caracteres foram avaliados segundo notas especificadas em BRASIL (1997).

Os dados morfológicos foram submetidos à análise de variância considerando ano como repetição, objetivando verificar a efetividade dos caracteres em diferenciar os genótipos a partir dos sucessivos anos de cultivo. Procedeu-se ainda análise da distância Euclidiana (ideal para dados sem repetição) para os dados fenotípicos, com utilização do programa GENES (CRUZ, 2001).

O DNA genômico utilizado na quantificação da similaridade molecular entre os 13 genótipos, com base em marcadores moleculares, foi extraído de acordo com o protocolo descrito por SAGHAI-MARROF et al. (1984). Os reagentes e procedimentos requeridos para análise com AFLP foram obtidos junto a Life Technologies Inc., na forma de Kit completo. No trabalho foram empregadas cinco combinações de iniciadores (**C1:** E + ACC/M + CAT; **C2:** E + AGC/M + CTC; **C3:** E + ACT/M + CAC; **C4:** E + ACT/M + CAG; **C5:** E + ACT/M + CTT; **C6:** E + ACT/M + CTG; **C7:** E + ACT/M + CAA; **C8:** E + AGC/M + CTG, onde C: combinação de *primers*; E: *EcoRI* e M: *MseI*), dos quais foram obtidas 285 bandas polimórficas. Os fragmentos amplificados foram separados eletroforéticamente em gel desnaturante de poliacrilamida (6%) a uma potência constante de 60W por um período de

aproximadamente 1h e 40min. Para a visualização dos fragmentos amplificados e separados eletroforéticamente, foi empregada a coloração com nitrato de prata, de acordo com o protocolo descrito por CRESTE et al. (2001). As bandas geradas pela técnica de AFLP foram classificadas como presente (1) e ausente (0) para os diferentes genótipos. A similaridade molecular (SM) foi estimada de acordo com Jaccard, com utilização do programa NTSYSpc (ROHLF, 2000). Subtraindo-se o valor de SM da unidade ($1 - SM$), foi obtida a dissimilaridade molecular.

A distância genealógica foi obtida pelo cálculo de parentesco de Malécot (FERREIRA & ZAMBALDE, 1997), utilizando o programa estatístico computacional SAS Learning Edition (2002), pelo procedimento PROC Imbreeding.

A matriz de distância conjunta (SC) (dados moleculares e fenotípicos) foi estimada por meio do índice de similaridade proposto por GOWER (1971), por meio do programa Multiv v.2.3 (PILLAR, 1997). A dissimilaridade entre os genótipos foi obtida pelo complemento do índice de Gower ($1 - SC$).

As matrizes de dissimilaridade foram transferidas para o programa NTSYSpc (ROHLF, 2000), para o agrupamento em dendrograma pelo método de agrupamento das distâncias médias (UPGMA), e o diagnóstico das correlações cofenéticas entre as matrizes e os agrupamentos (ROHLF & SOKAL, 1981), bem como as correlações entre as matrizes (MANTEL, 1967).

As herdabilidades dos caracteres morfológicos foram estimadas pelos quadrados médios da análise de variância com os dados dos cinco anos consecutivos, com a utilização do programa GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, os genótipos apresentaram diferenças significativas para todos os caracteres, exceto para largura dos folíolos (LagF), frequência de flores (FreFl), pigmentação do pedúnculo (PigP) e aspecto do ápice (Aspecto) (Tabela 1). Os coeficientes de variação, variaram de 7,94 para tamanho de folha (TamF) a valores acima de 50% para pigmentação do pedúnculo (53%) e frequência de frutos (65%), indicando que estes últimos foram altamente influenciados pelo ambiente nos sucessivos anos de cultivo.

Os dendrogramas representativos da distância por dados morfológicos e genealógicos entre os genótipos podem ser visualizados na Figura 1. Os coeficientes da correlação cofenética, que indicam a representabilidade dos dados das matrizes de dissimilaridade nos dendrogramas, foram de 0,72, 0,83, respectivamente. Isto indica que os dados das matrizes estão bem representados nos dendrogramas (MANTEL, 1967).

O dendrograma com base na distância Euclidiana, obtida a partir dos dados morfológicos, mostra, de acordo com a distância média entre os genótipos (8,30), que há um grupo maior composto de nove dos 13 genótipos, um agrupamento menor composto pelos genótipos Asterix e Baronesa, e ainda White Lady e C-1714-7-94 que não agruparam com nenhum genótipo. Isto indica que a maioria dos genótipos apresenta uma similaridade muito grande e que para maximizar a heterose os componentes do grupo maior não deveriam ser cruzados entre si (LUTHRA et al., 2005) (Figura 1A).

A dissimilaridade média entre os genótipos com base na genealogia foi de 0,99, demonstrando que dos 13 genótipos avaliados, seis ficaram isolados. Isto provavelmente é devido à inexistência de relação genealógica entre estes ou devido à falta de informação completa de descendência dos mesmos, enquanto que os demais sete genótipos agruparam em um grande grupo (Figura 1B).

Os dendrogramas representativos da distância por dados moleculares e conjuntos (morfológicos e moleculares) entre os genótipos, podem ser visualizados na Figura 2. Os coeficientes da correlação cofenética, que indicam a representatibilidade dos dados das matrizes de dissimilaridade estão representados nos dendrogramas (MANTEL, 1967), foram de 0,72 e 0,70, respectivamente. Assim, os dados nestas matrizes também estão bem representados nos dendrogramas.

A dissimilaridade média entre os genótipos por marcadores moleculares foi de 0,78, com a formação de três agrupamentos de genótipos, um maior composto de oito genótipos e dois menores, um formado por Baronesa e Atlantic, e outro por Monalisa, C-1485-16-87 e C-1226-35-80 (Figura 2A).

A análise conjunta, com base nos dados morfológicos e moleculares, apresentou dissimilaridade média entre os genótipos de 0,32. Com base em um agrupamento maior com sete genótipos e ainda dois agrupamentos de dois genótipos, um formado por White Lady e C-1714-7-94 e outro por Baronesa e Elvira, havendo dois genótipos que não agruparam com nenhum outro (Figura 2B).

De maneira geral, fazendo as comparações dos quatro dendrogramas, verifica-se que, em algumas situações, os genótipos não estiveram agrupados da mesma forma. A comparação entre as quatro matrizes de distância foi realizada através da correlação entre matrizes (MANTEL, 1967).

Os valores de correlação entre as matrizes foram os seguintes: conjunta com fenotípica 0,09, conjunta com genealógica 0,18, conjunta com molecular 0,55, fenotípica com genealógica 0,16, fenotípica com molecular 0,20 e genealógica com molecular 0,04. Apenas a correlação entre a matriz de distância conjunta com a matriz molecular foi significativa pelo teste de MANTEL (1967). Esta associação pode ter ocorrido devido à grande quantidade de marcadores moleculares em relação aos morfológicos na análise conjunta, devendo os

resultados serem analisados com cuidado, pois pode ter havido uma superestimativa na correlação (FRANCO et al., 2001). A ausência de associações com a dissimilaridade genealógica pode ser devido ao limitado volume de informação sobre a genealogia dos genótipos.

Quanto à associação entre marcadores moleculares e morfológicos, o primeiro propicia uma amostragem muito mais ampla do genoma do que a análise com caracteres morfológicos. Portanto, os dois marcadores acessariam partes diferentes do genoma. A associação fica também dificultada pelo diferente número de marcadores morfológicos e moleculares utilizados (LEFEBVRE et al., 2001; MÁRIC et al., 2004; ROY et al., 2004).

Pelo fato dos parâmetros de medida utilizados na estimação das distâncias não se correlacionarem, eles podem ser considerados em conjunto para maximizar o nível de variação presente na população obtida pelo cruzamento de genótipos com maiores distâncias, sendo, portanto, informações complementares. Dessa forma, a combinação de diferentes medidas pode melhorar a predição do desempenho da progênie, variabilidade ou ambas (AUTRIQUE et al., 1996; BERED et al., 2001).

As estimativas de herdabilidade foram maiores do que 90% para pigmentação da haste, inserção da folha, intensidade de coloração interna da corola, desenvolvimento da planta, ciclo vegetativo, coloração da base do broto, intensidade de primórdios radiculares, comprimento da brotação lateral, coloração da película e coloração da polpa (Tabela 1). E, valores de herdabilidade muito próximos a 90% foram verificados para hábito de crescimento, formato de tubérculo e aspereza de película. Os elevados valores estimados de herdabilidade para formato e aspereza concordam com LOVE et al., (1997) e PINTO (1999), indicando pouca influência do ambiente na expressão destes caracteres. No entanto, a herdabilidade por si só não é suficiente para predizer o ganho de seleção para um caráter, dependendo também

da magnitude da variabilidade genética em uma população (GOPAL, 2001), que pode ter um indicativo pelas estimativas de distância.

Conclusões

Todas as estimativas de distância devem ser consideradas conjuntamente no momento da seleção de genitores para obter cruzamentos contrastantes.

Os caracteres pigmentação da haste, inserção da folha, intensidade de coloração interna da corola, desenvolvimento da planta, ciclo vegetativo, coloração da base do broto, intensidade de primórdios radiculares, comprimento da brotação lateral, coloração da película e coloração da polpa, apresentam altas estimativas de herdabilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe de apoio do Melhoramento Genético da Batata e; aos colegas e professores do Departamento de Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia ‘Eliseu Maciel’; e a CAPES pela bolsa concedida.

Referências Bibliográficas

AUTRIQUE, E.; NACHIT, M. M.; MONNEVEUX, P.; TANKSLEY, S. D.; SORRELS, M. E. Genetic diversity in Durum wheat base don RFLPs, morphophysiological traits, and coefficient of parentage. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 735-742, 1996.

BERED, F.; BARBOSA-NETO, J. F.; ROCHA, B. M.; CARVALHO, F. I. F. Genetic variability in common wheat base don morphological traits, coefficients of parentage and RAPDs. **Journal of New Seeds**, New York, v. 3, p. 73-85, 2001.

BARBOSA-NETO, J. F.; SORRELLS, M. E.; CISAR, G. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP based estimates of genetic relationship. **Genome**, Montreal, v. 39, p. 1142–1149, 1996.

CRESTE, S.; TULMANN-NETO, A.; FIGUEIRA, A. Detection of single sequence repeat polymorphism in denaturing polyacrylamide sequencing gels by silver staining. **Plant Molecular Biology Reporter**, Athens, v. 19, p. 1-8, 2001.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, Editora UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

DINIZ FILHO, J. A. **Métodos filogenéticos comparativos**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. 120p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M. A. SILVA e J. C. SILVA. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 279p.

FERREIRA, D. F.; ZAMBALDE, A. L. Simplificação das análises de algumas técnicas especiais da experimentação agropecuária no Mapgen e Softwares correlatos. In: Congresso da SBI-Agro WORKSHOP SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN AGRIBUSINESS, 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: AGROSAFT/ CTSoft/ SBI-AGRO, 1997, p. 215-291.

FRANCO, J.; CROSSA, J.; RIBAUT, J. M.; BETRAN, M. L.; WANBURTON, M. L.; KHAIRALLAH. A method for combining molecular markers and phenotypic attributes for classifying plant genotypes. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 103, p. 944-952, 2001.

GOPAL, J. Genetic parameters and character associations for family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics & Breeding**, Roma, v. 55, p. 201-208, 2001.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. **Biometrics**, Washington, v. 27, p. 857-874, 1971.

HAWKES, J. G. History of the potato. In: Harris, P. M. **The potato crop: The scientific basis for improvement**, London: Chapman & Hall, 1978. p. 1-14.

KIM, H. S.; WARD, R. W. Genetic diversity in Eastern U.S. soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) based on RFLPs and coefficient of parentage. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 94, p. 472-479, 1997.

LEFEBVRE, V.; GOFFINET, B.; CHAUVET, J. C. Evaluation of genetic distances between pepper inbred lines for cultivar protection purposes: comparison of AFLP, RAPD, and phenotypic data. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 102, p. 741–750, 2001.

LOISELLE, F.; TAI, G. C. C.; CHRISTIE, B. R. Pedigree, agronomic and molecular divergence of parents in relation to progeny performance in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 34, p. 305-316, 1991.

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, 1997.

LUTHRA, S. K.; GOPAL, J.; SHARNA, P. C. Genetic divergence and its relationship with heterosis in potato. **Indian Potato Journal**, New Delhi, v. 32, p. 37-42, 2005.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, Chestnut, v. 27, p. 209-220, 1967.

MÁRIC, S.; BOLARÍC, S.; MARTINCIC, J. Genetic diversity of hexaploid wheat cultivars estimated by RAPD markers, morphological traits and coefficients of parentage. **Plant Breeding**, Berlin, v. 123, p. 366-369, 2004.

MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M. Analyses of genetic diversity in crop plants – Salient statistics tools and considerations. **Crop Science**, Madisson, v. 43, p.1235-1248, 2003.

MOURA, W. M.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação a eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 217-224, 1999.

OLIVEIRA, A. C. Construção de Mapas Genéticos em Plantas. In: MILACH, S.C.K. (ed.) **Marcadores de DNA em Plantas**. Porto Alegre, Ed. da UFRGS, 1998. 141p.

PILLAR, V. P. Multivariate exploratory analysis and randomization testing using Multiv. **Colnoses**, Gorizias, v. 12, p. 145-148, 1997.

PINTO, C. A. B. Melhoramento genético de batata. **Informe Agropecuário UFLA**. Belo Horizonte, v. 20, p. 120-128, 1999.

ROHLF, F. J. **NTSYSpc numerical taxonomy and multivariate analysis system version 2.1**. Exeter Software, Setauket, NY, 2000.

ROHLF, F. J.; SOKAL, R. R. N. Comparing numerical taxonomic studies. **Systematic Zoology**, Washington, v. 30, p. 459-499, 1981.

ROY, J. K.; LAKSHMIKUMARAN, M. S.; BALYAN, H. S. AFLP-based genetic diversity

and its comparison with diversity based on SSR, SAMPL, and phenotypic traits in bread wheat. **Biochemical Genetics**, New York, v. 42, p.43-59, 2004.

SAGHAI-MAROOF, M. A.; SOLIMAN, K. M.; JORGENSEN, R. A. Ribosomal DNA spacer length polymorphism in barley: Mendelian inheritance, chromosome location and population dynamics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A**, Washington, v. 89, p.1477-1481, 1984.

SAS LEARNING EDITION, Getting Started with the SAS Learning Edition, Cary, North Carolina: SAS Institute Inc. 2002.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, p. 237-245, 1981.

VAN BEUNINGEN, L. T.; BUSEH, R. H. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: I. Analysis of the coefficient of parentage matrix. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 570-579, 1997.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância, herdabilidades e coeficientes de variação (CV) para caracteres componentes dos descritores mínimos, avaliados em 13 genótipos de batata. Pelotas, 2006.

F.V.	GI	Quadrado Médio										
		Asas	Aspecto	AspPel	Ciclo	CoaFo	ComBr	ComP	CrBroto	CorInt	CrPel	CrPolp
Genótipos	12	0,46*	2,78*	2,20*	5,11*	0,21*	4,37*	6,72*	8,02*	0,57*	0,72*	2,95*
CV (%)	-	15,41	14,30	32,11	28,69	29,53	14,43	44,00	19,70	49,00	18,51	17,40
Herdabilidade		69,00	88,13	87,99	93,00	43,15	90,53	61,69	91,83	52,69	92,90	91,22
		Des	Fbroto	FecF	Folhg	FFSec	FreFl	Frutos	FTub	HC	Inser	IntCInt
Genótipos	12	4,46*	1,97*	1,22*	0,70*	1,38*	0,18	5,38*	2,71*	2,78*	0,39*	18,63*
CV (%)	-	13,51	20,63	10,22	17,00	10,67	23,47	65,00	21,23	14,30	9,36	12,00
Herdabilidade		92,67	51,20	77,24	77,00	75,83	0,01	65,00	88,64	88,13	91,88	93,80
		IntCr	IntPrim	LagF	Olhos	OndF	PigExt	PigP	PgH	PgN	Pubsc	TamF
Genótipos		3,68*	3,22*	0,25	0,95*	2,87*	0,77*	0,16	14,95*	0,63*	0,21*	0,46*
CV (%)		15,78	14,29	7,92	36,80	35,64	50,00	53,00	28,60	34,21	13,62	7,94
Herdabilidade		93,14	92,25	37,75	76,27	84,70	76,00	0,01	95,42	73,38	63,23	63,19

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Asas: presença de asas, Aspecto: aspecto do ápice, AspPel: aspereza da película, Ciclo: ciclo vegetativo, CoaFo: coalescência da folha, ComBr: comprimento da brotação lateral, ComP: comprimento do pedúnculo, CorInt: coloração interna da corola, CrBroto: coloração da base do broto, CrPel: cor da película, CrPolp: cor da polpa, Des: desenvolvimento da planta, Fbroto: formato do broto, FecF: fechamento da folha, FFSec: frequência de folíolos secundários, Folhg: tipo de folhagem, FreFl: frequência de flores, Frutos: frequência de frutos, FTub: formato de tubérculo, HC: hábito de crescimento, Inser: inserção da folha, IntCInt: intensidade de coloração interna da corola, IntCr: intensidade de coloração da base do broto, IntPrim: intensidade de primórdios radiculares, LagF: largura dos folíolos, Olhos: profundidade de olhos, OndF: ondulação das bordas, PgH: pigmentação da haste, PgN: pigmentação da nervura, PigExt: pigmentação externa da corola, PigP: pigmentação do pedúnculo, Pubsc: pubescência da base do broto, TamF: tamanho dos folíolos.

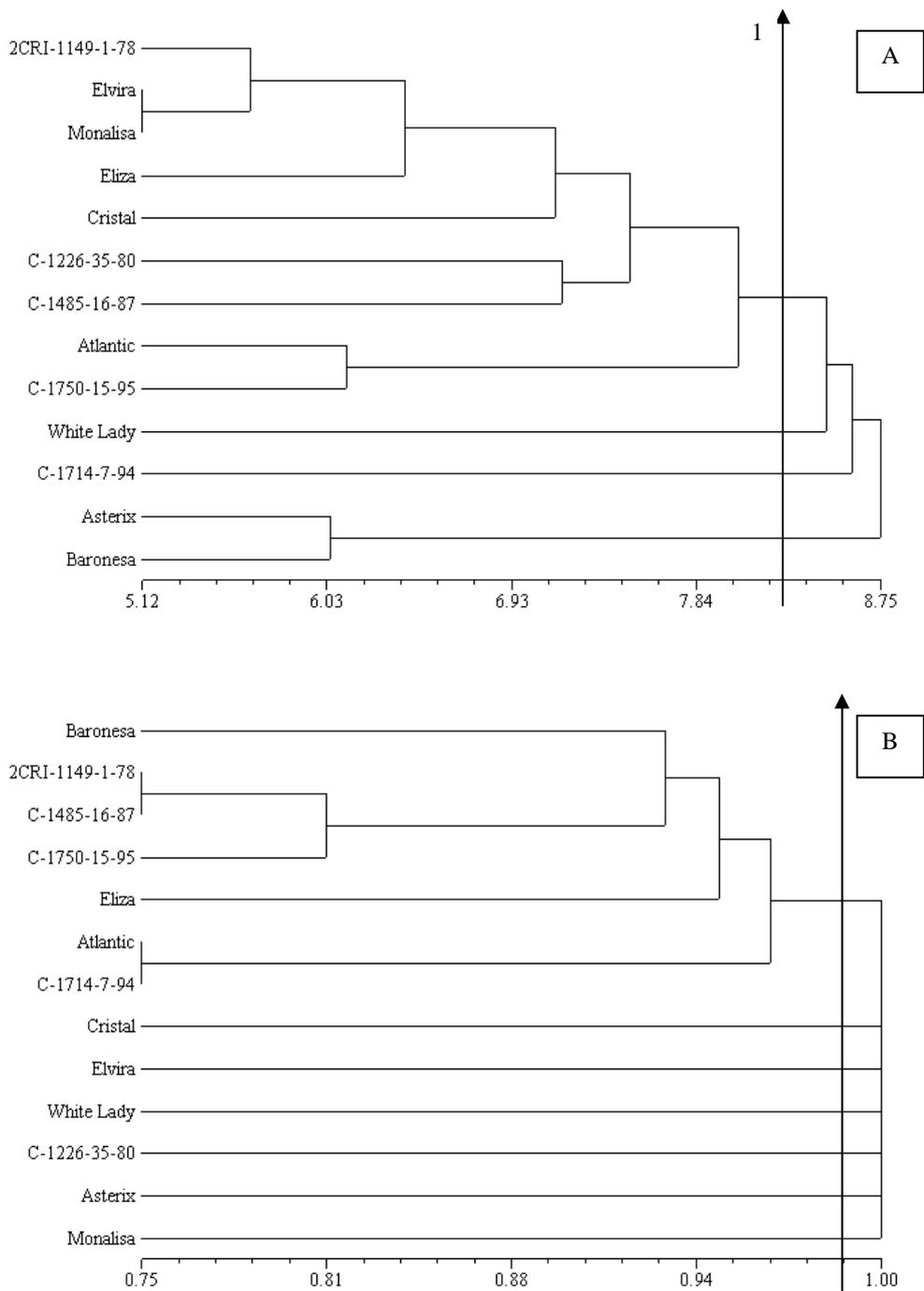


FIGURA 1. Dendrogramas de distância entre 13 genitores de batata, com base em dados morfológicos (A) e genealógicos (B), agrupados pelo método de agrupamento UPGMA, Pelotas, 2006.

¹Distância média entre os genótipos.

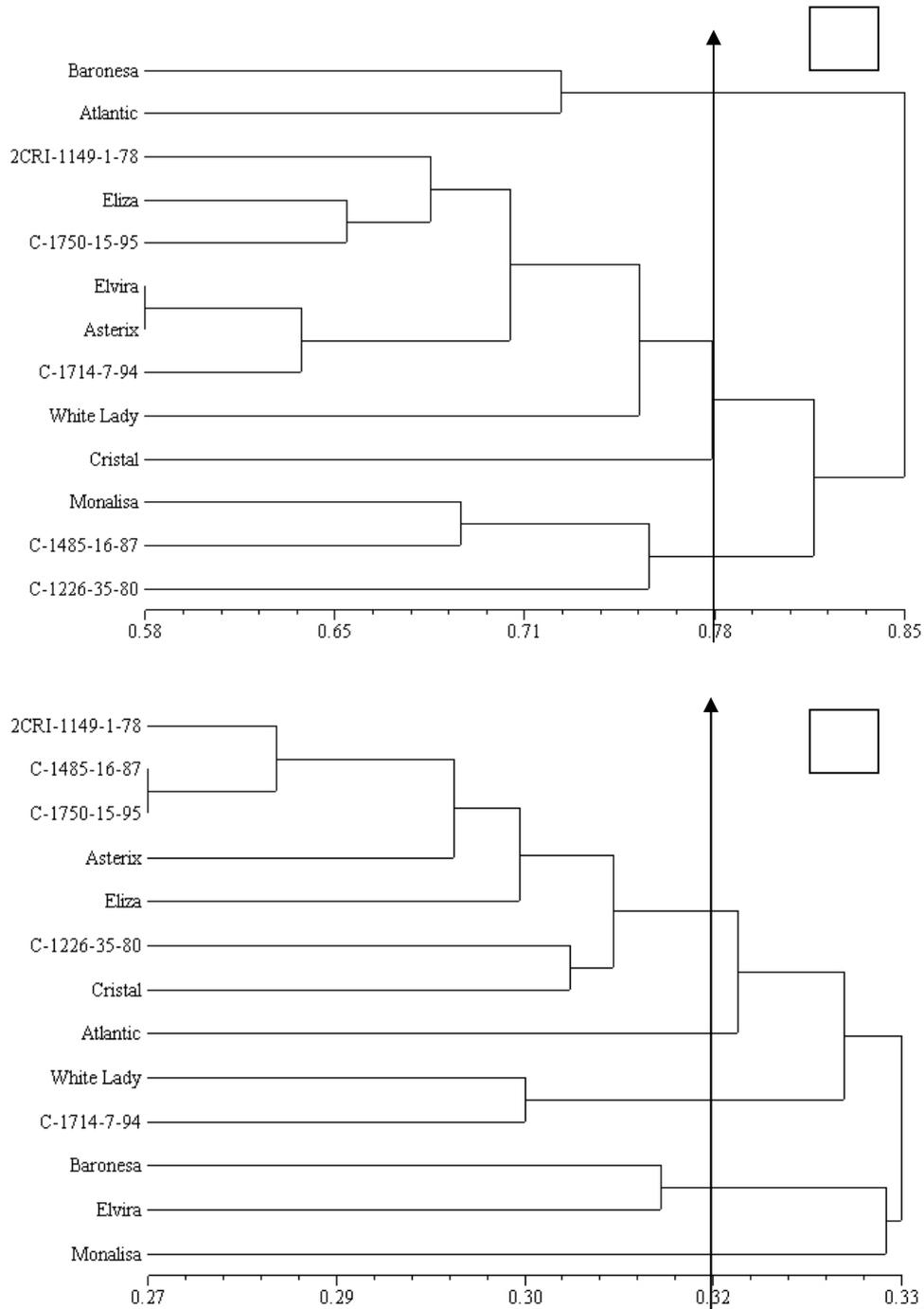


FIGURA 2. Dendrogramas de distância entre 13 genitores de batata, com base em dados moleculares (A) e conjunta (moleculares e morfológicos) (B), agrupados pelo método UPGMA, Pelotas, 2006.

¹Distância média entre os genótipos.

3. Capacidades de combinação para caracteres de rendimento de batata em gerações iniciais de seleção.

Crop Breeding and Applied Biotechnology (ISSN 1518-7853)

Resumo

As metodologias de análise dialélica propiciam estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. O objetivo do presente trabalho foi estimar as capacidades de combinação de genitores de batata em gerações iniciais de seleção. Foi avaliada uma população híbrida de batata composta por 20 progênies, em um dialelo parcial (4x5), na forma de um fatorial de dois grupos de genitores. Na primavera de 2004, em casa plástica, foram produzidos minitubérculos a partir de plântulas cultivadas em sacos plásticos, distribuídos em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta de uma amostra de 15 plântulas. A colheita foi efetuada aos 77 dias, quando foram efetuadas as avaliações. Na primavera de 2005, um tubérculo de cada genótipo foi plantado a campo e após a maturação, as plantas foram colhidas e realizadas as avaliações nos tubérculos. Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, Brasil (31°S, 52°W). Os caracteres avaliados em cada planta em ambas as gerações foram: rendimento de tubérculos, número de tubérculos e peso médio de tubérculos. Os dados foram submetidos à análise de

variância e análise dialélica parcial. Número e peso médio de tubérculos são caracteres com efeitos de CGC e CEC importantes, enquanto que rendimento de tubérculo mostra-se um caráter governado por efeito gênico predominantemente aditivo. Na geração de plântula, as estimativas de capacidade de combinação podem ser preditas.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., fatorial, gerações precoces.

Abstract

The diallel analysis provides estimates of useful parameters on genitor selection for hybridization and on understanding of genetic effects of the traits.. The objective of the present work was to estimate the combining ability of potato parents in early generations of selection. The experiments were carried out at Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, RS, Brazil (31°S, 52°W). A hybrid population composed by 20 progenies in a partial diallel (4x5) arranged in a factorial design was evaluated. In the spring of 2004, minitubers were produced from seedlings grown in plastic bags in plastic house, distributed in a random blocks design with three replications. Each pot consisted of a sample of 15 seedlings. The harvest was made at the 77 days, when the evaluations were made. In the spring of 2005, a tuber of each genotype was planted in field and after the maturation, the plants were harvested and the tubers evaluated. The following traits were evaluated in each plant in both generations: total yield, tuber number and average tuber weight. The data were submitted to variance and partial diallel analyses. Number and average tuber weight are characters with CGC and CEC effects important, whereas tuber yield was a character governed by predominant additive genetic effects. In seedlings generation, the estimates of combinations capacities can is predicted.

Key words: *Solanum tuberosum* L., factorial, early generation.

Introdução

O desenvolvimento de novas cultivares envolve alguns processos básicos: seleção de genitores para compor o bloco de cruzamentos; realização de hibridações; e, posteriormente, seleção das melhores constituições genéticas produzidas. A escolha dos melhores pais bem como das suas combinações (cruzamentos) são etapas cruciais para um programa de melhoramento de plantas (PEREIRA, 2003).

A alta heterozigosidade e a herança tetraploide da batata *Solanum tuberosum* L., dificultam a aplicação de vários modelos biométricos (GOPAL, 1998), devido à teoria genético-biométrica pressupor que a herança é dissômica e que a base da população das quais os pais são amostrados está em equilíbrio panmítico ou consiste de linhagens endogâmicas (BARBOSA & PINTO, 1998).

A utilização de médias das progênies, embora viável na identificação de combinações de cruzamentos superiores, torna-se difícil quando se avalia um número elevado de cruzamentos (BROWN et al., 1988; GOPAL, 1997; GOPAL, 1998). As metodologias de análise dialélica propiciam estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Os valores dos genitores e suas habilidades de produzir boas combinações podem ser preditas em gerações precoces de seleção, podendo ser incorporado como prática em programas de melhoramento de batata (BROWN & DALE, 1998).

O objetivo do presente trabalho foi verificar as estimativas das capacidades de combinação de genitores de batata em gerações iniciais de seleção.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, Brasil (31°S, 52°W). Foi avaliada uma população híbrida de batata originada a partir de

cruzamentos controlados entre nove genitores da coleção da Embrapa Clima Temperado. Os genitores foram escolhidos objetivando obter cruzamentos contrastantes em relação aos caracteres estudados. Cada cruzamento originou uma das 20 progênieis analisadas na forma de um fatorial de dois grupos de genitores (4x5), com semelhança ao modelo do “experimento 2” de COMOSTOCK & ROBINSON (1948), segundo CRUZ & REGAZZI, (2001). Os quatro genitores do primeiro grupo foram: C-1750-15-95, 2CRI-1149-1-78, C-1786-6-96 e Eliza; e os cinco genitores do segundo grupo foram as cultivares: White Lady, Asterix, BP-1, Vivaldi e Ágria. Foram avaliadas apenas as famílias, sem a inclusão dos genitores devido à diferença de tamanho dos tubérculos dos genitores em comparação com os provenientes das plântulas, sendo que para se fazer precisas inferências não necessariamente deve-se incluir os genitores (TAI & DE JONG, 1991).

Na primavera de 2004, em casa plástica, as sementes botânicas foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos contendo 2L de substrato, com o objetivo de produzir minitubérculos. As plântulas foram distribuídas em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta de uma amostra de 15 plântulas escolhidas aleatoriamente para representar cada cruzamento. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10m e estas foram mantidas nessas condições até a colheita, aos 77 dias quando foram efetuadas as avaliações. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria a 4°C.

Na primavera de 2005, um tubérculo de tamanho mediano de cada genótipo, padronizado para todas as plântulas, foi plantado a campo, utilizando o mesmo delineamento experimental de 2004. Após a maturação, as plantas foram colhidas separadamente, e realizadas as avaliações nos tubérculos.

Os caracteres avaliados nos tubérculos de cada planta em ambas as gerações foram os seguintes: rendimento de tubérculos (g.planta^{-1}); número de tubérculos por planta; peso médio de tubérculos (g).

Os dados foram transformados por $\sqrt{x+0,5}$ para obter a normalidade dos dados, e submetidos às análises de variância conjunta. Foi realizada ainda análise dialélica parcial conjunta e para cada ano, devido a interações de capacidades de combinação x ano, considerando efeitos fixos para geração e para genótipos, com utilização do programa GENES (CRUZ, 2001).

Resultados e Discussão

Para todos os caracteres houve significância dos efeitos de cruzamentos e da interação cruzamento x ano (Tabela 1).

Para todos os caracteres houve significância dos efeitos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), com exceção de rendimento que apresentou somente CGC significativa, indicando predominância de efeitos aditivos no controle genético do caráter, havendo a possibilidade de que a performance da progênie pode ser prevista sem a realização dos cruzamentos e avaliação dos híbridos (Tabela 1) (BARBOSA & PINTO, 1998).

A presença de apenas CGC significativa para rendimento concorda com MARIS (1989), mas discorda de BRADSHAW (2000), MULLIN & LAUER (1966), PLAISTED (1962), BARBOSA & PINTO (1998) e KILLICK (1977).

As estimativas da presença de CGC e CEC para número de tubérculos e peso médio concordam com BARBOSA & PINTO (1998), porém discordam de KILLICK (1977).

Neste estudo, não foi verificada a predominância de CGC ou CEC significativas para o conjunto dos caracteres. Na literatura há resultados indicando predominância de CEC significativas (GOPAL, 1998) e também de CGC como mais importante que CEC (MARIS, 1989). Há ainda outros resultados com diferentes predominâncias de CGC ou CEC

significativas (KILLICK, 1977). Portanto, a importância da CGC ou CEC depende da população e dos caracteres considerados nos estudos, e depende também do desenho experimental e/ou das condições ambientais (MARIS, 1989).

Foi verificado que a maior parte das estimativas de capacidade de combinação apresentou interação com o ano de cultivo, devendo estas, portanto, serem analisadas em separado para cada ano. Em relação às CGC significativas, que indicam predominância de ações gênicas de aditividade, os genitores do grupo 1: C-1750-15-95 e 2CRI-1149-1-78 apresentaram comportamentos bem diferenciados (Tabela 2). O primeiro foi um dos genitores, com menores CGC, como evidenciado para número de tubérculos no primeiro ano e para rendimento e peso médio no segundo. No entanto, o segundo genitor foi o melhor, com maior CGC para rendimento e peso médio no primeiro ano, e uma das maiores CGC para rendimento no segundo ano. Da mesma forma, Eliza foi um dos melhores genitores do grupo 1, no que se refere a maiores CGC, indicando ser um bom genitor para número de tubérculos nos dois anos e para rendimento no segundo ano (Tabela 2).

‘C-1786-6-96’ apresentou-se como um genitor muito ruim, com reduzidos valores de CGC para rendimento no primeiro ano e para número e rendimento no segundo ano. Para peso médio, não foi constante nos dois anos (Tabela 2).

Em relação às CGC do grupo 2, White Lady, apresentou o melhor desempenho para rendimento nos dois anos consecutivos. No entanto, Asterix foi o principal responsável por não transferir caracteres desejáveis em relação a rendimento, e um dos piores para peso médio (Tabela 2).

‘BP-1’ foi um dos genitores com menores CGC para peso médio, no entanto, foi o melhor para número de tubérculos. Vivaldi mostrou-se neutra, não transmitindo nem melhores nem piores caracteres. No entanto, Ágria foi o melhor genitor para peso médio e o pior para número de tubérculos. Este comportamento em relação a peso médio e número de tubérculos

foi relatado na literatura (GAUR & KISHORE, 1978; MARIS, 1988; RODRIGUES & PEREIRA, 2003), indicando diminuição do peso médio com aumento do número de tubérculos. Esta é uma relação muito importante devido à influência na quantidade de tubérculos comercializáveis produzidos.

A CEC é o valor que supera o que seria esperado com base na CGC, indicando efeitos gênicos não aditivos, e que refletem uma combinação particular cujo desempenho não pode ser previsto sem a realização dos cruzamentos (CRUZ & REGAZZI, 2001).

Em relação às CEC significativas dos caracteres que apresentaram significância da interação CEC x ano, para número de tubérculos, o cruzamento 2CRI-1149-1-78 x Vivaldi, no primeiro ano, foi a melhor combinação, no entanto, simplesmente a significância de CEC não basta para poder recomendar este cruzamento, tem que existir ainda, pelo menos um dos genitores com elevada CGC (CRUZ & REGAZZI, 2001), e de acordo com as estimativas da CGC ambos os genitores apresentaram valores positivos (Tabela 5). Para o segundo ano Eliza x Asterix foi a melhor combinação. E, neste caso Eliza apresentou elevada CGC, indicando que estas combinações podem ser recomendadas para cruzamentos.

Ainda de acordo com a Tabela 5, a CEC para peso médio foi significativa apenas para o primeiro ano (cultivo em casa de vegetação), sendo Eliza x Vivaldi a melhor combinação (0,46). No entanto, estes genitores não apresentaram elevada CGC, sugerindo predominância de efeitos gênicos não aditivos, não sendo possível indicar este cruzamento. A segunda melhor combinação foi Asterix x 2CRI-1149-1-78 (0,45) com 2CRI-1149-1-78 apresentando elevada CGC para maior peso médio.

A confirmação de que estas combinações de genitores foram as melhores, tanto para número quanto para peso médio, pode ser visualizada na Tabela 6, onde as combinações acima citadas apresentaram maiores valores de médias.

Conclusões

Número e peso médio de tubérculos são caracteres com efeitos de CGC e CEC importantes, enquanto que rendimento de tubérculo mostra-se um caráter governado por efeito gênico predominantemente aditivo.

Na geração de plântula, as estimativas de capacidade de combinação podem ser preditas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe de apoio do Melhoramento Genético da Batata e; aos colegas e professores do Departamento de Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia ‘Eliseu Maciel’; e a CAPES pela bolsa concedida.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, M.H.P.; PINTO, C.A.B.P. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacionais e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 307-320, 1998.

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

BROWN, J. The use of cross prediction methods in a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 76, p. 33-38, 1988.

BROWN, J.; DALE, J. Identifying superior parents in a potato breeding program using cross prediction techniques. **Euphytica**, Wageningen, v. 104, p. 143-149, 1998.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística.** Viçosa, Editora UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

GAUR, P.C.; KISHORE, H. Studies on character association in potatoes. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 90, p. 215-219, 1978.

GOPAL, J. Progeny Selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 95, p. 307-311, 1997.

GOPAL, J. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. **Theoretical Applied Genetics**, New York, v. 96, p. 287-293, 1998.

KILLICK, R.J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallell cross. **Annals of Applied Biology**, London, v. 86, p. 279-289, 1977.

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, p. 205-209, 1988.

MARIS, B. Analysis of an incomplete diallel cross among three ssp. *tuberosum* varieties and seven long-day adapted ssp. *andigena* clones of the potato (*Solanum tuberosum* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 41, p. 163-182, 1989.

MULLIN, R.; LAUER, F.I. Breeding behavior of F1 and inbred potato clones. **American Society Horticulture Science**. v. 89, p. 449-455, 1966.

PEREIRA, A. da S. **Melhoramento genético**. In: PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. O **Cultivo da batata na região sul do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567p.

PLAISTED, R.L.; SANDFORD, L.; FEDERER, W.T.; KEHR, A.E.; PETERSON, L.C. Specific and general combining ability for yield in potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 39, p. 185-197, 1962.

RODRIGUES, A.F.S.; PEREIRA, A. da S. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 599-604, 2003.

TAI, G.C.C.; De Young H. Evaluation of potato hybrids obtained from tetraploid-diploid crosses. **Plant Breeding**, Berlin, v. 107, p. 183-189, 1991.

TABELA 1 – Análise de variância das capacidades gerais (CGC) e específica de combinação (CEC) conjunta e para cada ano (2004 e 2005) de avaliação para genótipos de batata em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006.

F. V.	GL	Número	Rendimento	Peso médio
		Quadrado Médio		
Cruzamentos	19	0,24*	2,53*	0,64*
CGC G-1	3	0,27	6,35	0,55
CGC G-2	4	0,48*	4,25	1,73*
CEC 1x2	12	0,14	1,00	0,29
Cruz x Ano	19	0,27*	4,40*	0,71*
CGC G-1 x Ano	3	0,85*	8,97*	1,37*
CGC G-2 x Ano	4	0,22*	4,90*	0,65*
CEC 1x2 x Ano	12	0,15*	3,09	0,57*
Resíduo	76	0,04	1,89	0,19
CGC G-1 – Ano 1	3	0,15*	1,67*	0,26*
CGC G-2 – Ano 1	4	0,10*	1,52*	0,40*
CEC 1x2 – Ano 1	12	0,11*	1,55	0,48*
CGC G-1 – Ano 2	3	0,97*	13,65*	1,66*
CGC G-2 – Ano 2	4	0,60*	7,64*	1,99*
CEC 1x2 – Ano 2	12	0,19*	2,55	0,38
Média		3,07	15,14	5,11
CV		7,34	9,03	9,06

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; CGC G-1: capacidade geral de combinação do grupo 1; CGC G-2: capacidade geral de combinação do grupo 2; CEC 1x2: capacidade específica de combinação entre os grupos 1 e 2.

TABELA 2 – Capacidades gerais de combinação (CGC) para os genótipos de batata dos grupos 1 e 2, conjunta e em cada ano (2004 e 2005) em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006.

CGC Grupo 1			
	Número	Rendimento	Peso médio
C-1750-15-95	0,02	-0,34	-0,18
2CRI-1149-1-78	0,05	0,29	0,02
C-1786-6-96	-0,14	-0,45	0,15
Eliza	0,07	0,49	0,01
CGC Grupo 2			
	Número *	Rendimento	Peso médio*
White Lady	0,10	0,41	-0,15
Asterix	-0,01	-0,67	-0,19
BP1	0,09	0,18	-0,10
Vivaldi	0,06	0,20	-0,04
Agria	-0,24	-0,13	0,47
CGC Grupo 1 x Ano 1			
	Número *	Rendimento *	Peso médio*
C-1750-15-95	-0,03	-0,08	-0,03
2CRI-1149-1-78	0,09	0,47	0,15
C-1786-6-96	0,07	-0,16	-0,16
Eliza	0,13	0,32	0,04
CGC Grupo 1 x Ano 2			
	Número *	Rendimento *	Peso médio*
C-1750-15-95	-0,07	-0,61	-0,34
2CRI-1149-1-78	0,02	1,20	0,10
C-1786-6-96	-0,35	-0,81	0,46
Eliza	0,26	1,30	-0,02
CGC Grupo 2 x Ano 1			
	Número *	Rendimento *	Peso médio*
White Lady	-0,02	0,41	-0,07
Asterix	-0,05	-0,41	-0,16
BP1	0,12	0,39	-0,14
Vivaldi	0,10	0,11	-0,10
Agria	-0,11	0,24	0,27
CGC Grupo 2 x Ano 2			
	Número *	Rendimento *	Peso médio*
White Lady	0,02	1,16	-0,12
Asterix	0,02	-0,93	-0,30
BP1	0,13	-0,04	-0,31
Vivaldi	0,002	0,30	0,06
Agria	-0,37	-0,40	0,68

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

TABELA 3 – Capacidades específicas de combinação (CEC) conjunta para os genótipos de batata do grupo 1x2, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006.

Grupo 1	Grupo 2	CEC		
		Número	Rendimento	Peso médio
C-1750-15-95	White Lady	-0,12	-0,32	0,07
C-1750-15-95	Asterix	-0,14	-0,14	0,04
C-1750-15-95	BP1	-0,05	0,17	0,16
C-1750-15-95	Vivaldi	0,10	0,34	-0,04
C-1750-15-95	Agria	0,21	-0,06	-0,23
2CRI-1149-1-78	White Lady	0,02	-0,61	-0,14
2CRI-1149-1-78	Asterix	-0,05	0,43	0,23
2CRI-1149-1-78	BP1	-0,06	-0,17	-0,06
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	0,12	-0,19	-0,32
2CRI-1149-1-78	Agria	-0,03	0,54	0,29
C-1786-6-96	White Lady	0,04	0,24	0,00
C-1786-6-96	Asterix	-0,03	-0,15	0,06
C-1786-6-96	BP1	-0,05	-0,09	0,00
C-1786-6-96	Vivaldi	0,01	0,03	0,02
C-1786-6-96	Agria	0,04	-0,03	-0,08
Eliza	White Lady	0,07	0,69	0,08
Eliza	Asterix	0,22	-0,15	-0,33
Eliza	BP1	0,16	0,09	-0,10
Eliza	Vivaldi	-0,24	-0,20	0,33
Eliza	Ágria	-0,21	-0,45	0,02

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; CGC G-2: capacidade geral de combinação do grupo 2.

TABELA 4 – Médias das combinações de genótipos de batata para os caracteres rendimento, peso médio e número de tubérculos para dois anos de cultivo em conjunto, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006.

Grupo 1	Grupo 2	Número	Rendimento	Peso médio
C-1750-15-95	White Lady	9,84	286,02	24,96
C-1750-15-95	Asterix	8,44	227,13	23,48
C-1750-15-95	BP1	9,75	266,64	25,32
C-1750-15-95	Vivaldi	10,75	273,23	23,59
C-1750-15-95	Agria	9,21	233,95	26,77
2CRI-1149-1-78	White Lady	10,36	266,79	24,15
2CRI-1149-1-78	Asterix	9,42	269,27	26,82
2CRI-1149-1-78	BP1	9,97	272,84	25,10
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	10,60	276,05	23,81
2CRI-1149-1-78	Agria	8,18	296,59	35,62
C-1786-6-96	White Lady	9,35	280,91	27,32
C-1786-6-96	Asterix	8,09	217,96	27,03
C-1786-6-96	BP1	8,62	251,85	27,06
C-1786-6-96	Vivaldi	8,65	261,63	30,18
C-1786-6-96	Agria	7,06	248,05	35,26
Eliza	White Lady	11,47	338,57	25,84
Eliza	Asterix	11,70	274,82	22,24
Eliza	BP1	11,91	298,35	24,44
Eliza	Vivaldi	8,97	297,55	29,97
Eliza	Ágria	6,99	269,80	33,18

TABELA 5 – Capacidades específicas de combinação (CEC) de genótipos de batata nos anos de 2004 e 2005, em relação ao número, rendimento e peso médio de tubérculos. Pelotas, 2006.

Grupo 1	Grupo 2	CEC x Ano 1		
		Número*	Rendimento	Peso médio*
C-1750-15-95	White Lady	-0.24	-1,52	-0.34
C-1750-15-95	Asterix	-0.07	0.07	-0.14
C-1750-15-95	BP1	0.04	-0.06	-0.04
C-1750-15-95	Vivaldi	0.05	0.38	0.28
C-1750-15-95	Ágria	0.18	1,14	0.24
2CRI-1149-1-78	White Lady	0.22	0.42	-0.17
2CRI-1149-1-78	Asterix	-0.16	0.12	0.45
2CRI-1149-1-78	BP1	-0.06	-0.10	-0.15
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	0.26	-0.03	-0.48
2CRI-1149-1-78	Ágria	-0.27	-0.41	0.34
C-1786-6-96	White Lady	-0.04	0.20	0.18
C-1786-6-96	Asterix	0.00	0.53	0.26
C-1786-6-96	BP1	-0.09	-0.12	0.23
C-1786-6-96	Vivaldi	0.07	-0.14	-0.26
C-1786-6-96	Ágria	0.06	-0.47	-0.31
Eliza	White Lady	0.05	0.91	0.33
Eliza	Asterix	0.10	-0.72	-0.58
Eliza	BP1	0.11	0.28	-0.04
Eliza	Vivaldi	-0.28	-0.22	0.46
Eliza	Ágria	-0.02	-0.26	-0.17
Grupo 1	Grupo 2	CEC x Ano 2		
		Número*	Rendimento	Peso médio
C-1750-15-95	White Lady	-0.01	0.89	0.47
C-1750-15-95	Asterix	-0.34	-0.34	0.22
C-1750-15-95	BP1	-0.14	0.41	0.36
C-1750-15-95	Vivaldi	0.26	0.31	-0.36
C-1750-15-95	Ágria	0.23	-1,26	-0.70
2CRI-1149-1-78	White Lady	0.18	-1,63	-0.11
2CRI-1149-1-78	Asterix	0.05	0.74	0.00
2CRI-1149-1-78	BP1	-0.05	-0.25	0.04
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	0.02	-0.35	-0.16
2CRI-1149-1-78	Ágria	-0.20	-1,49	0.24
C-1786-6-96	White Lady	0.11	0.28	-0.18
C-1786-6-96	Asterix	-0.05	-0.82	-0.15
C-1786-6-96	BP1	-0.02	-0.07	-0.23
C-1786-6-96	Vivaldi	-0.05	0.19	0.31
C-1786-6-96	Ágria	0.02	0.42	0.25
Eliza	White Lady	0.09	0.47	-0.18
Eliza	Asterix	0.34	0.43	-0.08
Eliza	BP1	0.21	-0.09	-0.16
Eliza	Vivaldi	0.19	-0.15	0.21
Eliza	Ágria	-0.45	-0.65	0.21

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

TABELA 6 – Médias das combinações de genótipos de batata para os caracteres rendimento (REN), peso médio (PEM) e número de tubérculos (NTU) para os anos de 2004 e 2005. Pelotas, 2006.

Grupo 1	Grupo 2	2004			2005		
		NTU	REN	PEM	NTU	REN	PEM
C-1750-15-95	White Lady	4,07	48,12	12,01	15,61	523,91	37,91
C-1750-15-95	Asterix	5,29	71,37	14,20	11,59	382,89	32,76
C-1750-15-95	BP1	5,69	83,44	16,31	13,81	449,85	34,32
C-1750-15-95	Vivaldi	5,56	86,23	16,90	15,94	460,23	30,28
C-1750-15-95	Agria	5,55	103,57	20,09	12,87	364,32	33,45
2CRI-1149-1-78	White Lady	6,87	88,48	14,57	13,86	445,09	33,73
2CRI-1149-1-78	Asterix	4,78	81,67	22,69	14,07	456,87	32,96
2CRI-1149-1-78	BP1	5,82	92,65	16,93	14,11	453,02	33,26
2CRI-1149-1-78	Vivaldi	7,82	88,46	12,39	13,38	463,64	35,22
2CRI-1149-1-78	Agria	4,04	83,77	20,71	12,31	509,40	48,54
C-1786-6-96	White Lady	5,43	74,42	14,90	13,26	487,40	39,74
C-1786-6-96	Asterix	5,47	79,08	16,25	10,70	356,83	37,81
C-1786-6-96	BP1	5,55	81,96	17,39	11,69	421,73	36,74
C-1786-6-96	Vivaldi	6,69	76,45	11,70	10,61	446,82	48,66
C-1786-6-96	Agria	5,46	72,89	13,65	8,66	423,20	56,87
Eliza	White Lady	4,93	82,92	17,72	18,00	594,22	33,96
Eliza	Asterix	4,98	54,68	11,49	18,43	494,95	33,00
Eliza	BP1	5,53	84,86	16,90	18,29	511,84	31,99
Eliza	Vivaldi	4,04	70,82	23,08	13,90	524,28	40,86
Eliza	Ágria	4,34	72,48	17,18	9,63	467,13	49,19

4. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção de batata.

Crop Breeding and Applied Biotechnology (ISSN 1518-7853)

Resumo

O conhecimento das expressões genéticas de caracteres em determinada condição de cultivo possibilita a predição de ganhos nas sucessivas gerações de seleção. O objetivo do presente trabalho foi estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes da aparência geral de tubérculo, avaliados nas duas primeiras gerações de batata, visando estimar os ganhos de seleção. O experimento foi realizado na geração de plântula, em casa plástica, e na primeira geração clonal, a campo, nos outonos de 2004 e 2005, respectivamente, na área experimental da sede da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil (31°S, 52°W). Foi utilizada uma população de 15 famílias de batata com 20 plantas (genótipos) de cada família. A geração de plântula proporciona melhor expressão dos componentes genéticos dos caracteres componentes de aparência de tubérculo do que a primeira geração clonal. Pode-se aplicar forte pressão de seleção nas gerações iniciais para os caracteres formato, apontamento e curvatura de tubérculos. Ao passo que para, aspereza e sobancelha, menor intensidade de seleção deve ser usada. Maiores ganhos são esperados em profundidade de olhos de tubérculo

com a seleção na primeira geração clonal, e em proeminência de sobrelha e curvatura de tubérculos na geração de plântula.

Palavras Chave: *Solanum tuberosum* L., variância genética, herdabilidade, ganho de seleção.

Abstract

The knowledge of genetic expression of traits in a cropping environment allows the prediction of genetic gains in successive selection generations. The objective of the present work was to estimate genetic parameters of component traits of tuber appearance, evaluated in the two first generations of potato, aiming to estimate selection gains. The experiment was conducted in two generations, seedlings generation, in plastic house, and first clonal generation, in the field, during autumn of 2004 and 2005, respectively, in the experimental field of Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brazil (31°S, 52°W). A population of 15 potato families with 20 plants (genotypes) for each family was used. The seedling generation provide best expressions of genetics components of tuber appearance that the first clonal generation. Can applied high selection pressure in initial generations to the characters shape, pointing and curving of tubers. Whereas, tuber roughness and eye brown of tuber, less selection intensity can be used. High gains are expected in tuber eye depth whit the selection in the first clonal generation, and to eye brown in the seedling generation.

Key words: genetic variance, heritability, aims to selection.

Introdução

O conhecimento das expressões genéticas de caracteres em determinada condição de cultivo possibilita a predição de ganhos nas sucessivas gerações de seleção, sendo estas desinflacionadas da variação não herdável que é causada pelo ambiente (BRIGGS & KNOWLES, 1967). A participação direta dos efeitos do ambiente na expressão fenotípica, e a existência de respostas diferenciadas de genótipos às condições de ambiente, têm sido

frequentemente constatadas em plantas cultivadas (CRUZ & CASTOLDI, 1991). Essa interação causa dificuldades aos programas de melhoramento, pois determina inconsistência da superioridade de genótipos com relação à variação de ambiente, tornando a seleção mais difícil (BRIGGS & KNOWLES, 1967).

A herdabilidade, como indicativo de superioridade de origem genética que pode ser transmitida aos descendentes, é um bom parâmetro para a quantificação do avanço de seleção. Para o melhoramento da batata, a herdabilidade no sentido amplo é mais importante devido aos efeitos de dominância e epistasia serem mantidos pela propagação clonal. No entanto, a herdabilidade por si só não é suficiente para prever o ganho de seleção para um caráter, dependendo também da extensão da variabilidade genética em uma população (GOPAL, 2001).

O conhecimento das expressões genéticas de caracteres nas primeiras gerações de seleção auxilia na escolha das melhores estratégias de seleção, podendo-se aplicar uma pressão de seleção adequada, evitando que genótipos com qualidade superior sejam descartados ou que muitos genótipos que poderiam ter sido descartados sejam levados a campo. Por menor que seja essa pressão de seleção, pode determinar uma redução de custos com trabalho e equipamentos (LOVE et al., 1997).

Em melhoramento de batata, a retenção normalmente varia de 30 a 3% nas gerações de plântula e primeira geração clonal (MARIS, 1988). No entanto, seria apropriado eliminar 99% dos genótipos avaliados nos três primeiros ciclos de seleção (plântula, primeira e segunda geração clonal) (BROWN, 1988; TAI & YOUNG, 1984).

O objetivo do presente trabalho foi estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes da aparência geral de tubérculo, avaliados nas primeiras gerações de seleção de batata, visando estimar os ganhos com a seleção nas duas primeiras gerações.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nos outonos de 2004 e de 2005, na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil (31°S, 52°W).

Foi utilizada uma população híbrida de batata originada de cruzamentos entre genótipos (cultivares e clones elite) da coleção da Embrapa Clima Temperado. Os genitores foram escolhidos objetivando obter cruzamentos contrastantes em relação aos caracteres estudados. Cada cruzamento originou uma das 15 famílias que constituiu a população analisada.

No outono de 2004, as sementes foram germinadas e as plântulas transplantadas para sacos plásticos de 1L com substrato vegetal, com o objetivo de produzir mini-tubérculos. As plântulas foram cultivadas em casa de vegetação, sob o delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Cada unidade experimental foi composta de 20 plântulas de uma família. As plântulas foram espaçadas de 0,10m entre e dentro de linhas. A colheita foi feita 77 dias após o transplante, quando foram efetuadas as avaliações nos tubérculos. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria a 4°C.

No outono de 2005, um tubérculo de cada plântula (genótipo), padronizado em relação ao tamanho, foi cultivado a campo, formando a primeira geração clonal. O delineamento experimental foi o mesmo utilizado para as plântulas, seguindo os tratamentos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura. Após a maturação, as plantas foram colhidas individualmente, transportadas até um galpão de cura e realizadas as avaliações nos tubérculos.

Os caracteres componentes de aparência de tubérculo de batata avaliados em cada planta em ambas gerações foram os seguintes: formato de tubérculo (1- formato alongado, 5- redondo); uniformidade de formato de tubérculo (1- uniforme, 5- desuniforme); tamanho do maior tubérculo (1- grande, 5- pequeno); uniformidade de tamanho de tubérculo (1- uniforme,

5- desuniforme); aspereza da película (1- lisa, 5- reticulada); profundidade dos olhos (1- raso, 5- profundo); sobrelha (1- sem sobrelhas, 5- extremamente proeminentes); achatamento de tubérculos (1- tubérculos não achatados, 5- extremamente achatados); curvatura de tubérculo (1- não curvados, 5- extremamente curvados); apontamento de tubérculos (1- não apontados, 5- extremamente apontados) e aparência de tubérculo (1- excelente, 5- péssima).

Os dados de cada experimento e em conjunto foram submetidos à análise de variância, considerando na análise conjunta efeito fixo para ambiente e aleatório para genótipos, com a utilização do programa GENES (CRUZ, 2001). A variância genética, herdabilidade e ganhos de seleção foram estimados segundo (CRUZ & REGAZZI, 2001). Os intervalos de confiança foram calculados de acordo com TAI (1983).

Resultados e Discussão

As análises de variância dos dados da geração de plântula revelaram que todos os caracteres foram significativos ($p= 0,05$), exceto uniformidade de formato e de tamanho de tubérculos (Tabela 1). Na primeira geração clonal, também não foram significativos a aparência, tamanho e achatamento de tubérculo. Este resultado indica que estes caracteres foram expressos diferentemente nas duas gerações. Isto pode ser devido ao cultivo a campo (primeira geração) produzir tubérculos maiores e em maior número do que em casa de vegetação (geração de plântula).

Os coeficientes de variação, que são indicativos da precisão experimental, em geral, foram maiores na primeira geração clonal (feita a campo) do que na geração de plântula (Tabelas 1). Isto provavelmente foi devido à menor influência do ambiente no cultivo em casa de vegetação. A relação CV_g/CV acima de 1 em ambas as gerações para formato, apontamento e aspereza de tubérculo sugere que, principalmente para estes caracteres, as variações existentes na população são de ordem genética.

Pela análise de variância conjunta e, considerando os caracteres significativos, verifica-se a predominância de interações genótipo x ambiente significativas, com exceção da aparência, tamanho e achatamento de tubérculo (Tabela 2). Isto indica que a maior parte dos caracteres não classificaram todas as famílias numa mesma ordem nos dois ambientes de cultivo ou gerações, dificultando a seleção considerando os ambientes em conjunto.

Os parâmetros genéticos, para uniformidade de formato e de tamanho não foram estimados, visto que não apresentaram diferenças significativas em ambas gerações (Tabela 3). É muito possível que estes caracteres tiveram forte influência ambiental, situação semelhante foi verificada por LOVE et al. (1997) e GOPAL (2002).

Aparência, tamanho e achatamento de tubérculo, que foram significativos apenas na geração de plântula, apresentaram estimativas de variância genética, herdabilidade e ganhos esperados de seleção mais baixos na primeira geração clonal (Tabela 3). Aparência, na primeira geração clonal teve uma variância genética tão baixa que foi considerada inexistente, concordando com MARIS (1988) e TAI & YOUNG (1984). No entanto, no presente estudo, para a geração de plântula, aparência teve alto valor de herdabilidade. GOPAL (2002) encontrou valor semelhante para a geração de plântula, sendo também maior do que a primeira geração clonal. Esta inconstância de estimativas de herdabilidade perante as gerações indica que a seleção para componentes da aparência poderia ser mais indicado.

Considerando os caracteres que apresentaram diferenças significativas pelas análises de variância, e comparando as duas gerações, verifica-se que, formato de tubérculo apresentou valor de herdabilidade dentro do mesmo intervalo de confiança (Tabela 3). Isso resultou em ganho de seleção, que apesar de apresentar estimativa superior na geração de plântula, também pertenceu ao mesmo intervalo de confiança, portanto não diferindo significativamente. Os valores de herdabilidade deste caráter foram elevados para as duas gerações, concordando com outros autores (PINTO, 1999; LOVE et al., 1997).

Os caracteres aspereza, sobrelance e curvatura de tubérculo apresentaram estimativas de herdabilidade significativamente maiores na geração de plântula do que na primeira geração clonal. Apenas profundidade de olho teve estimativa de herdabilidade maior na primeira geração clonal que na geração de plântula, indicando que menor efeito do ambiente esteve atuando sobre a manifestação dos caracteres na condição de cultivo de casa de vegetação. Além disso, a herdabilidade foi estimada somente na geração de plântula para aparência, tamanho e achatamento de tubérculo, pois não foi detectada significância para estes caracteres na primeira geração clonal. Esta predominância de maiores herdabilidades para caracteres de tubérculo na geração de plântula em comparação com a primeira geração clonal também foi observada por GOPAL (2002).

As estimativas dos ganhos com a seleção para sobrelance e curvatura, também foram maiores quando estimados a partir das avaliações na geração de plântula. Para estes caracteres, as estimativas de herdabilidade estiveram acima de 0,80, concordando com PINTO (1999) em relação a profundidade de olhos, e com LOVE et al. (1997) em relação a aspereza. No entanto, discordando de LOVE et al. (1997) para apontamento e curvatura, onde neste trabalho os valores de herdabilidade foram superiores.

As herdabilidades estimadas neste estudo concordam com as estimativas da relação entre o coeficiente de variação genotípico e o coeficiente de variação fenotípico, onde de maneira geral a relação foi maior na geração de plântula, indicando maior proporção de variabilidade genética em relação à ambiental nesta geração. Profundidade de olho, que apresentou maior estimativa de herdabilidade na primeira geração clonal, também teve maior estimativa de relação CV_g/CV , nesta geração.

As expressões diferenciadas dos caracteres de acordo com as situações de cultivo indicam a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos relativos à pressão de seleção aplicada em cada geração.

Conclusões

A geração de plântula proporciona melhor expressão dos componentes genéticos dos caracteres componentes de aparência de tubérculo do que a primeira geração clonal.

Pode-se aplicar forte pressão de seleção nas gerações iniciais para os caracteres formato, apontamento e curvatura de tubérculos. Ao passo que para, aspereza e sobrançelha, menor intensidade de seleção deve ser usada.

Maiores ganhos são esperados em profundidade de olhos de tubérculo com a seleção na primeira geração clonal, e em proeminência de sobrançelha e curvatura de tubérculos na geração de plântula.

Agradecimentos

Os autores agradecem a equipe de apoio ao programa de melhoramento genético da batata da Embrapa Clima Temperado; aos colegas e professores do departamento de Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” e à CAPES pela concessão de bolsa.

Referências Bibliográficas

BROWN, J. The use of cross prediction methods in a potato breeding programme.

Theoretical Applied Genetics, New York, v. 76, p. 33-38, 1988.

BRIGGS, F. N.; KNOWLES, P. F. **Introduction to plant breeding**. New York: Reinhold, 1967. 426p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Piracicaba, v. 38, p. 422-430, 1991.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

CRUZ, C. D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa; UFV, 2001. 648p.

GOPAL, J. Genetic parameters and character associations for family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics & Breeding**, Roma, v. 55, p. 201-208, 2001.

LOVE, S. L. et al. 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, p. 199-213, 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, p. 205-209, 1988.

PINTO, C. A. B. Melhoramento genético de batata. **Informe Agropecuário UFLA**. Belo Horizonte, v. 20, p. 120-128, 1999.

TAI, G.C.C. Confidence intervals of genetic parameters estimated from progeny test experiments in plant breeding. **Canadian Journal of Genetic and Cytology**. v. 25, p. 502-508, 1983.

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

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para componentes da aparência de tubérculo na geração de plântula e primeira geração clonal de batata cultivadas em casa de vegetação e a campo, respectivamente. Pelotas, 2005.

Fonte de variação	gl	Quadrado médio de tratamento dos caracteres ¹										
		APA	ASP	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	APO	CUR	ACH
<i>Geração de plântula</i>												
Blocos	2	0,06	0,11	0,06	1,72	0,76	0,01	0,78	0,10	0,02	0,05	2,01
Famílias	14	0,21*	0,37*	0,26*	0,05	0,21*	0,07	0,12*	0,30*	0,60*	0,21*	0,94*
Erro	28	0,04	0,06	0,02	0,04	0,09	0,04	0,04	0,03	0,06	0,01	0,44
CV (%)	-	6,48	9,58	5,18	9,90	12,06	6,50	14,48	12,97	14,95	8,15	38,87
CVg (%)	-	11,89	33,52	9,69	1,85	8,04	3,16	12,21	24,21	25,12	18,88	23,69
Média	-	3,15	2,66	2,90	2,19	2,47	3,15	1,38	1,40	1,68	1,38	1,64
<i>Primeira geração clonal</i>												
Blocos	2	0,79	1,08	0,01	0,55	0,37	0,01	0,11	0,01	0,04	0,02	0,39
Famílias	14	0,07	0,33*	0,13*	0,07	0,23	0,09	0,44*	0,08*	0,25*	0,11*	0,76
Erro	28	0,09	0,18	0,01	0,07	0,13	0,08	0,08	0,05	0,06	0,03	0,44
CV (%)	-	8,73	22,59	3,55	14,47	14,84	9,15	18,81	15,33	17,36	14,24	36,85
CVg/CV(%)	-	0,53	2,94	1,76	0,50	0,50	0,22	1,20	0,52	1,01	0,88	0,50
Média	-	3,39	1,88	3,14	1,87	2,44	3,02	1,52	1,41	1,44	1,26	1,79

¹ APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobancelha; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo e ACH: achatamento de tubérculo.

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância conjunta para componentes da aparência de tubérculo na geração de plântula e na primeira geração clonal de batata. Pelotas, 2005.

Fonte de variação	gl	Quadrado médio de tratamento dos caracteres ¹										
		APA	ASP	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	APO	CUR	ACH
Blocos/E	4	0,42	0,59	0,03	1,13	0,57	0,01	0,42	0,05	0,03	0,04	1,20
Famílias (F)	14	0,19*	0,46*	0,33*	0,07	0,33*	0,07	0,41*	0,30*	0,63*	0,23*	0,94*
Ambiente (E)	1	1,30	13,70*	1,35	2,22	0,03	0,42	0,45	0,01	1,32	0,27	1,12
FxE	14	0,09	0,24*	0,06*	0,05	0,11	0,09	0,15*	0,08*	0,22*	0,09*	0,12
Erro	56	0,06	0,12	0,02	0,06	0,11	0,06	0,06	0,04	0,06	0,02	0,59
CV (%)	-	7,77	15,42	4,38	12,0	13,50	7,88	17,00	14,20	16,05	11,36	37,87
Média	-	3,27	2,27	3,02	2,03	2,46	3,08	1,45	1,41	1,56	1,32	1,76

¹ APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobrelança; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo e ACH: achatamento de tubérculo.

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 3 – Estimativas de variância genética (σ^2_G), herdabilidade (h^2) e resposta à seleção (R), com respectivos intervalos de confiança ($0,95 < IC \leq 0,05$) de caracteres de aparência de tubérculos de batata cultivados em casa de vegetação. Pelotas, 2005.

Caracter ¹	Geração	σ^2_G		h^2		R	
APA	Plântula	0,06	(0,03-0,16)	0,81	(0,75-0,87)	0,63	(0,47-1,27)
	Primeira	-	-	-	-	-	-
ASP	Plântula	0,10	(0,05-0,26)	0,82	(0,80-0,86)	1,64	(1,12-5,01)
	Primeira	0,05	(0,02-0,16)	0,45	(0,38-0,59)	1,60	(1,06-2,13)
FOR	Plântula	0,08	(0,04-0,20)	0,91	(0,90-0,94)	1,03	(0,10-1,37)
	Primeira	0,04	(0,02-0,09)	0,90	(0,88-0,94)	0,64	(0,32-0,96)
TAM	Plântula	0,04	(0,02-0,12)	0,57	(0,45-0,69)	0,60	(0,36-1,21)
	Primeira	-	-	-	-	-	-
POL	Plântula	0,03	(0,02-0,08)	0,68	(0,57-0,78)	1,01	(0,65-1,14)
	Primeira	0,12	(0,06-0,31)	0,81	(0,78-0,86)	1,97	(1,32-3,29)
SOB	Plântula	0,09	(0,05-0,23)	0,89	(0,88-0,93)	2,14	(1,42-3,57)
	Primeira	0,01	(0,01-0,03)	0,44	(0,22-0,55)	0,50	(0,21-0,71)
APO	Plântula	0,18	(0,09-0,46)	0,89	(0,88-0,93)	2,38	(1,78-3,57)
	Primeira	0,06	(0,03-0,17)	0,75	(0,69-0,89)	1,39	(0,69-2,78)
CUR	Plântula	0,07	(0,03-0,17)	0,94	(0,94-0,96)	1,46	(1,46-2,92)
	Primeira	0,02	(0,01-0,07)	0,70	(0,67-0,81)	0,79	(0,71-1,45)
ACH	Plântula	0,16	(0,07-0,50)	0,53	(0,44-0,65)	1,74	(1,16-2,90)
	Primeira	-	-	-	-	-	-

¹ APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; TAM: tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobrançelha; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo e ACH: achatamento de tubérculo.

5. Seleção para caracteres componentes de aparência e rendimento em plântulas de batata.

Ceres (ISSN 0009-0379)

Resumo

A seleção indireta permite que caracteres complexos, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam ser melhorados através da seleção de caracteres menos complexos ou de mais fácil medição ou identificação. É necessário no entanto que o caráter utilizado na seleção indireta apresente maior herdabilidade do que o caráter de interesse e sejam altamente correlacionados entre si. O objetivo do presente trabalho foi verificar os ganhos esperados em aparência e rendimento de tubérculo, com a seleção para seus caracteres componentes. Foram avaliadas duas populações (1 e 2) em casa de vegetação no outono e primavera de 2004. Estimou-se os ganhos correlacionados e os ganhos diretos esperados em aparência e rendimento de tubérculo. Na geração de plântula, os ganhos correlacionados esperados em aparência de tubérculo pela seleção para curvatura, apontamento e formato de tubérculo, no entanto são inferiores à seleção direta. A seleção para rendimento de tubérculo através de seus componentes (número e peso médio de tubérculos) resulta em ganhos mais elevados do que a seleção direta.

Palavras-chave: Correlações, herdabilidade, resposta de seleção.

Abstract

The indirect selection allows that complex traits, governed by several genes and many times greatly affected by the environment, to be improved by selection of less complex traits or of easier measurement or identification. It is necessary however that the trait used for indirect selection shows higher heritability than that of the trait of interest and that they are highly correlated. The objective of the present work was to verify the expected gains in tuber appearance and yield, by selecting for their component traits. Two populations (1 and 2) were evaluated in plastic house during autumn and spring seasons of 2004. Expected correlated and direct gains were estimated for tuber appearance and yield. In seedling generation, the expected correlated gains are bigger in tuber appearance by selecting for tuber curving, pointing and tuber shape, however lower to direct selection. The selection for tuber appearance based on its individual components does not offer possibility of higher gains than the direct selection, whereas the selection for tuber yield through its components (number and tuber medium weight) results in higher gains than direct selection.

Key words: Correlation, heritability, selection response.

Introdução

A seleção na fase de plântula não é uma prática normalmente realizada nos programas de melhoramento de batata, devido ao questionamento de sua eficiência. Segundo alguns autores (Anderson & Howard, 1981; Brown *et al.*, 1984), a fase de plântula deveria servir apenas para produção de tubérculos para o plantio da geração seguinte no campo. No entanto, outros (Swiezynski, 1978; Neele & Louwes, 1989; Love *et al.*, 1997; Bisognin & Douches, 2002, Xiong *et al.*, 2002) consideram que a seleção para alguns caracteres na fase de plântula pode economizar recursos consideráveis em um programa de melhoramento e aumentar a frequência de genótipos com melhores características nas fases posteriores de seleção.

A seleção indireta através de caracteres correlacionados permite que caracteres complexos, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam ser melhorados através da seleção de caracteres menos complexos ou de mais fácil medição ou identificação, com maior herdabilidade e correlações elevadas (Goldenberg, 1968; Baker, 1986; Cruz & Regazzi, 2001). Assim, caracteres complexos de batata poderiam ser selecionados através da seleção de seus componentes.

O objetivo do presente trabalho foi verificar os ganhos esperados em aparência e rendimento de tubérculo, com a seleção para seus caracteres componentes.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados com duas populações híbridas de batata (populações 1 e 2) outono e primavera de 2004, na sede da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, (31°S, 52°W).

As plântulas foram originadas de sementes a partir de hibridações controladas entre genitores de batata da coleção da Embrapa Clima Temperado.

Em 2004, em casa de vegetação, as sementes verdadeiras de cada população foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos contendo 2L de substrato vegetal. O delineamento experimental foi blocos ao acaso com três repetições. Em cada repetição, foram utilizadas 15 famílias com 20 plantas para a população 1 e, 20 famílias com 15 plantas para a população 2. O espaçamento foi 0,10m entre plantas e entre linhas. Os tubérculos foram colhidos e avaliados 77 dias após a semeadura.

Os caracteres de tubérculo, avaliados ao nível de planta (indivíduo) em ambas populações, foram os seguintes: rendimento (g); número/planta; peso médio de tubérculos (g.planta^{-1}); formato (1- redondo, 5- alongado); uniformidade de formato (1- desuniforme, 5- uniforme); tamanho do maior tubérculo (1- pequeno, 5- grande); uniformidade de tamanho (1- desuniforme, 5- uniforme); aspereza da película (1- reticulada, 5- lisa); profundidade dos

olhos (1- profundo, 5- raso); sobrancelha (1- extremamente proeminentes, 5- sem sobrancelhas); achatamento (1- extremamente achatados, 5- não achatados); curvatura (1- extremamente curvados, 5- não curvados); apontamento (1- extremamente apontados, 5- não apontados) e aparência (1- péssima, 5- excelente).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de correlação genética com a utilização do programa estatístico GENES (Cruz, 2001). Foram calculados também os cálculos do ganho direto esperado por seleção e os ganhos correlacionados (GC), expressos em porcentagem da média para possibilitar a comparação de caracteres com diferentes unidades de medida (Gopal, 2001).

O GC foi estimada de acordo com Falconer (1989), com índice de seleção (padronizado a 0,10%). O ganho direto por seleção para os caracteres foi estimado segundo Simmonds (1979).

As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho *et al.* (2004): $r = 0$ (nula); $0 < |r| \leq 0.30$ (fraca); $0,30 < |r| \leq 0,60$ (média); $0,60 < |r| \leq 0,90$ (forte); $0,90 < |r| \leq 1$ (fortíssima) e $|r|= 1$ (perfeita).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância (dados não apresentados), todos os caracteres apresentaram-se significativos, exceto uniformidade de formato e uniformidade de tamanho de tubérculo na população 1, e aspereza de película na população 2. Expressão reduzida de uniformidade de formato e uniformidade de tamanho de tubérculo na geração de plântula havia sido relatada na literatura (Gopal, 2001).

Os coeficientes de variação genética (CVg), que são indicativos de variabilidade de ordem genética nas famílias, variaram de 1,85 a 25,12%, e de 3,79 a 16,70%, para a população 1 e 2, respectivamente (Tabela 1). Os menores coeficientes de herdabilidade foram

obtidos pelos caracteres que não apresentaram significância, situação semelhante ao CVg ocorreu para a relação CVg/CV, que quando maior do que 1 indica a predominância da variação genética em relação à ambiental.

As estimativas de herdabilidade foram maiores para a população 1 (Tabela 1). Em ambas populações, os caracteres de maior relação CVg/CV e herdabilidade foram curvatura, formato e número de tubérculos. Altas estimativas de herdabilidade para formato de tubérculo têm sido reportadas na literatura (Pinto, 1994; Love *et al.*, 1997). No entanto, têm sido relatadas baixas estimativas em relação a número de tubérculos (Love *et al.*, 1997; Tai & Young, 1984; Gopal *et al.*, 1994), diferindo dos resultados encontrados neste trabalho.

Em relação às correlações, pode-se notar que, principalmente, as de magnitudes mais elevadas foram significativas em ambas populações (Tabela 2). Para se ter inferências mais consistentes nas comparações quanto aos ganhos esperados de seleção, foram consideradas as correlações que estiveram acima de 0,30, nas duas populações.

A aparência geral esteve correlacionada com formato, apontamento e curvatura, indicando que tubérculos com formato arredondado, menos curvados e apontados determinam melhor aparência (Tabela 2). Quanto ao formato de tubérculo, além da associação com aparência, foi correlacionado com apontamento e curvatura. Tamanho de tubérculo apresentou alta correlação com rendimento e peso médio, sendo associado mais fortemente com o segundo. Em *Solanum tuberosum* spp. *andigena* cultivada a campo, também foi verificado incremento no rendimento com aumento no tamanho de tubérculo (Thompson *et al.*, 1983). A uniformidade de tamanho de tubérculo, nas duas populações, mostrou correlações médias e muito semelhantes com número de tubérculos. Além disso, apontamento e curvatura de tubérculo foram correlacionados fortemente entre si, com coeficientes de 0,75 e 0,60 na população 1 e 2, respectivamente.

Rendimento e peso médio de tubérculos foram correlacionados entre si mediana a fortemente, nas populações 1 e 2, respectivamente (Tabela 2). Além disso, estes apresentaram correlação com número de tubérculos, nas duas populações. Desta forma, maiores rendimentos foram acompanhados de maiores pesos médios e maior número de tubérculos. No entanto, plantas com maior número de tubérculos tiveram menor peso médio

Maiores ganhos correlacionados esperados em aparência de tubérculo foram observados pela seleção para curvatura (87,53%), apontamento (68,61%) e sobrelha (56,51%) na população 1, e pela seleção para formato de tubérculo (23,64% e 23,40%), nas populações 1 e 2 (Tabela 3). Estes são valores muito expressivos considerando que o ganho esperado pela seleção direta em aparência foi estimado em 68,87 e 70,99%, respectivamente. Destes, no entanto, apenas os ganhos esperados pela seleção para curvatura e apontamento de tubérculo, tiveram ganhos comparáveis à seleção direta para aparência.

Os ganhos esperados em rendimento de tubérculo pela seleção dos seus componentes (peso médio e número de tubérculos) foi maior que o ganho pela seleção direta. Isso foi verificado principalmente em relação a número de tubérculos, onde os ganhos indiretos foram maiores, pois a predominância de maior variância genética resultou em maior herdabilidade para este caráter (Tabela 3). No entanto, deve-se ter cautela na adoção da estratégia de selecionar por número de tubérculos, pois poderia ocorrer redução no tamanho dos tubérculos na próxima geração, conforme citado anteriormente. Estes resultados reafirmam as conclusões de que há acréscimo no rendimento com aumentos em número e peso médio de tubérculos (Gaur & Kishore, 1978; Maris, 1988; Gopal *et al.*, 1994; Gopal, 2001; Rodrigues & Pereira, 2003). Em geração de plântulas conduzidas a campo, também foi relatada correlação significativa entre rendimento e número de tubérculos (Thompson *et al.*, 1983).

Na média das duas populações, a seleção direta para aparência de tubérculo, foi maior que a seleção indireta nos dois caracteres (formato e curvatura de tubérculos) que

proporcionaram maior ganho indireto. No entanto, a seleção considerando estes caracteres em conjunto, poderia trazer ganhos consideráveis em aparência na próxima geração de seleção.

Conclusões

Na geração de plântula, os ganhos correlacionados esperados em aparência de tubérculo pela seleção para curvatura, apontamento e formato de tubérculo, no entanto são inferiores à seleção direta.

A seleção para rendimento de tubérculo através de seus componentes (número e peso médio de tubérculos) resulta em ganhos mais elevados do que a seleção direta.

Agradecimentos

Os autores agradecem a equipe de apoio ao programa de melhoramento genético da batata da Embrapa Clima Temperado; aos colegas e professores do departamento de Fitomelhoramento da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” e à CAPES pela concessão de bolsa.

Referências Bibliográficas

Anderson JAD, Howard HW (1981) Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programmes. **Potato Research** 24:289-299.

Baker RJ (1986) **Selection indices in plant breeding**, Florida, CRC. 218p.

Bisognin DA, Douches DS (2002) Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica** 127:1-9.

Brown J, Caligari PDS, Mackay GR, Swan GEL (1984) The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. **Journal of Agricultural Science** 103:339-346.

Carvalho FIF, Lorencetti C, Benin G (2004) **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**, Pelotas, Ed. Universitária da UFPel. 142p.

Cruz CD (2001) **Programa genes, aplicativo computacional em genética e estatística**, Viçosa, UFV. 648p.

Cruz CD, Regazzi AJ (2001) **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa, UFV. 390p.

Falconer DS (1989) **Introduction to quantitative genetics**. Longman Group, New York, 438 p.

Goldenberg JB (1968) El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. **Fitotecnia Latinoamericana 5**: 1-8.

Gaur PC, Kishore H, Gupta PK (1977) Studies on character association in potatoes. **Journal of Agricultural Science 90**:215-219.

Goldenberg JB (1968) El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. **Fitotecnia Latinoamericana 5**:1-8.

Gopal J, Gaur PC, Rana MS (1994) Heritability, intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Breeding 112**:80-83.

Gopal J (2001) Genetic parameters and character associations for family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics & Breeding 55**:201-208.

Love SL, Werner BK, Pavek JJ (1997) 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** 74:199-213.

Maris B (1988) Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica** 37:205-209.

Neele AEF, Louwes KM (1989) Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in greenhouse or screenhouse. **Potato Research** 32:293-300.

Pinto CAB, Vanderlei IRV, Rossi MS (1994) Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 29:771-778.

Rodrigues AFS, Pereira AS (2003) Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 38:599-604.

Simmonds NW (1979) **Principles of crop improvement**, New York, Longman. 408p.

Swiezynski KM (1978) Selection of individual tubers in potato breeding. **Theoretical Applied Genetics** 53:71-80.

Tai GCC, Young DA (1984) Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. **American Potato Journal** 61:419-434.

Thompson PG, Mendoza HA, Plaisted RL (1983) Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an andigena population. **American Potato Journal** 60:393-401.

Xiong X, Tai GCC, Seabrook JEA (2002) Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. **Plant Breeding** 121:441-444.

Tabela 1 – Estimativas de coeficientes de variação genética (CVg), herdabilidade (Ha^2) e ganho esperado de seleção (GS) para componentes da aparência e rendimento de tubérculo em plântulas de batata em duas populações cultivadas em casa de vegetação. Pelotas, 2005.

População	Carácter ¹													
	APA	ASP	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	APO	CUR	ACH	REN	NTU	PEM
<i>População 1</i>														
CVg (%)	7,64	11,89	9,69	1,85	8,04	3,16	12,21	24,21	25,12	18,88	23,69	17,61	24,21	12,68
CVg / CV (%)	1,18	1,24	1,87	0,19	0,67	0,48	0,84	1,86	1,68	2,32	0,61	1,60	1,86	0,83
Média	3,15	2,66	2,90	2,19	2,47	3,15	1,38	1,40	1,68	1,38	1,64	27,08	4,21	7,59
Ha^2	0,82	0,81	0,91	-	0,57	-	0,68	0,89	0,89	0,94	0,53	0,88	0,91	0,67
GS	68,87	105,5	94,14	-	61,06	-	98,55	201,0	236,9	180,2	179,9	164,8	230,8	103,3
<i>População 2</i>														
CVg (%)	8,91	8,64	4,03	4,26	4,68	7,99	5,00	4,19	6,89	6,86	2,02	12,97	16,90	16,52
CVg / CV (%)	0,76	0,76	1,06	0,54	0,56	0,78	0,74	0,88	0,89	1,58	0,43	0,85	1,78	0,99
Média	2,55	3,37	2,97	3,91	3,43	2,62	4,40	4,44	4,06	4,44	4,71	78,91	5,40	16,15
Ha^2	0,64	-	0,77	0,46	0,48	0,64	0,62	0,70	0,70	0,88	0,36	0,68	0,90	0,75
GS	70,99	-	36,66	28,82	31,29	64,63	39,86	35,25	57,18	62,68	10,81	106,6	50,00	143,4

¹ APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobrançelha; NTU: número de tubérculos; REN: rendimento; PEM: peso médio; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo.

Tabela 2 – Coeficientes de correlação genotípica para a população 1 (diagonal inferior) e população 2 (diagonal superior) entre componentes de aparência e rendimento de tubérculo em plântulas provenientes de casa de vegetação. Pelotas, 2006.

Caráter ¹	APA	ASP	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	APO	CUR	ACH	REN	NTU	PEM
APA	1	0,19*	-0,35*	0,30*	-0,04	0,05	-0,18*	0,22*	0,49*	0,47*	-0,10*	0,19*	0,18*	0,04
ASP	0,13*	1	0,06	0,12*	0,07	-0,14*	-0,08	-0,16*	0,01	-0,05	0,04	0,01	0,10*	-0,04
FOR	-0,34*	0,29*	1	-0,06	0,06	-0,01	0,35*	-0,18*	-0,45*	-0,52*	0,27*	-0,15*	-0,10*	-0,08
UFO	0,18*	-0,02	0,04	1	-0,09	0,20*	0,02	-0,01	0,17*	0,14*	-0,06	-0,06	-0,09	-0,01
TAM	-0,04	0,25*	0,26	-0,01	1	-0,20*	-0,18*	-0,15*	-0,07	-0,11*	-0,17*	0,64*	-0,04	0,73*
UTA	0,09	-0,15*	-0,14*	0,33*	-0,19*	1	0,12*	0,18*	-0,06	-0,06	0,08	-0,17*	-0,34*	0,08
POL	-0,07	-0,13*	0,09	0,26*	-0,05	0,08	1	0,09	-0,21*	-0,24*	0,15*	-0,31*	-0,18*	-0,19*
SOB	0,37*	-0,14*	-0,32*	0,09	-0,26*	0,14*	0,19*	1	0,17*	0,13*	-0,06	-0,03	0,11*	-0,15*
APO	0,55*	-0,19*	-0,48*	0,08	-0,25*	0,08	-0,01	0,31*	1	0,75	-0,23*	0,11*	0,11*	-0,02
CUR	0,54*	-0,25*	-0,55*	0,01	-0,24*	0,07	-0,14*	0,25*	0,60*	1	-0,20*	-0,02	-0,08	-0,20*
ACH	0,08	0,03	0,01	0,01	-0,26*	0,03	-0,09	-0,06	-0,02	0,07	1	-0,27*	-0,07	-0,21*
REN	0,15*	0,28*	0,07	-0,14*	0,65*	-0,14*	-0,25*	-0,10*	-0,01	-0,05	-0,18*	1	0,45*	0,62*
NTU	0,15*	0,18*	0,05	-0,17*	-0,07	-0,37*	-0,16*	0,04	0,03	0,04	0,01	0,40*	1	-0,34*
PEM	-0,04	0,12*	0,13*	-0,01	0,67*	0,24*	-0,12*	-0,15*	-0,11*	-0,14*	-0,19*	0,52*	-0,48*	1

¹ APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobrelha; NTU: número de tubérculos; REN: rendimento; PEM: peso médio; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo. *Significativo a 5% de probabilidade de erro, teste F.

Tabela 3 – Ganhos esperados diretos e correlacionados em aparência e rendimento de tubérculo, em relação à média (%), pela seleção de seus caracteres componentes em duas populações de plântulas de batata. Pelotas, 2006.

Caráter	Pop	Caráter selecionado														Ganho direto
		APA	ASP	FOR	UFO	TAM	UTA	POL	SOB	APO	CUR	ACH	REN	NTU	PEM	
APA	1		8,92	-23,64	-	-3,66	-	-8,59	56,51	68,61	87,53	7,44	1,08	7,57	-1,29	68,87
	2		-	-23,40	1,04	-1,83	3,45	-7,29	9,38	3,00	22,47	-2,88	0,45	7,16	0,49	70,99
REN	1	20,72	41,19	10,07	-	79,73	-	-31,93	-18,26	-4,98	-11,95	-20,50		483,99	257,47	164,80
	2	19,65	-	-17,01	-5,26	57,32	-17,58	-31,55	-3,24	11,90	-32,74	-20,94		780,30	339,12	106,60

APA: aparência; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; POL: profundidade de olho; SOB: sobrançelha; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo; REN: rendimento de tubérculo; NTU: número de tubérculos; PEM: peso médio de tubérculos.

6. Discussão geral

O desenvolvimento de esquemas de seleção artificial, eficientes na busca de genótipos que contemplem o maior número de caracteres de interesse possíveis, é indispensável para o progresso genético no melhoramento de plantas. Da mesma forma, análises estatísticas que possam proporcionar um melhor entendimento das expressões e relações entre os caracteres se tornam importantes informações para o melhoramento.

Apesar da existência de variabilidade em batata, a estreita base genética das cultivares elites atuais, que são utilizados em cruzamentos, fazem com que as diferenças a serem detectadas nas progênes sejam cada vez menores. Assim, exigem maior eficiência dos programas de melhoramento, justificando a necessidade do estabelecimento de metodologias de seleção eficientes na promoção do ganho genético para os caracteres de interesse.

A utilização de medidas de distância por meio de genealogia, caracteres morfológicos, moleculares e conjunta (morfológicos e moleculares), e as estimativas de herdabilidade dos caracteres em batata, que foram estimadas para um conjunto de 13 cultivares e clones elite, permitiram verificar que correlações significativas são verificadas apenas entre as matrizes dissimilaridade conjunta e molecular. No entanto, esta associação pode ter ocorrido devido ao maior número de marcadores moleculares utilizados em comparação com os dados fenotípicos. Desta forma, todas as estimativas de distância devem ser consideradas conjuntamente no momento da seleção de genitores para obter cruzamentos contrastantes.

O trabalho sobre as capacidades de combinação de nove genitores de batata nas gerações iniciais de seleção demonstrou que, '2CRI-1149-1-78', 'Eliza' e 'White

Lady', são os melhores genitores para os componentes do rendimento de tubérculo. Os caracteres número e peso médio de tubérculos, ambos efeitos de CGC e CEC são importantes, enquanto que rendimento de tubérculo mostra-se um caráter governado por efeito gênico predominantemente aditivo. A geração de plântula permite a predição das estimativas de capacidade de combinação.

O estudo sobre parâmetros genéticos estimados para os caracteres componentes da aparência geral de tubérculo, em gerações iniciais de seleção de batata, sugere que a geração de plântula proporciona melhor expressão dos componentes genéticos dos caracteres componentes de aparência de tubérculo do que a primeira geração clonal. Pode-se aplicar forte pressão de seleção nas gerações iniciais para os caracteres formato, apontamento e curvatura de tubérculos.

Ganhos esperados com a seleção direta e ganhos esperados através da seleção de caracteres correlacionados geneticamente, na geração de plântula, foram estimados para os caracteres componentes do rendimento e aparência geral de tubérculos de batata. Maiores ganhos correlacionados em aparência de tubérculo são esperados pela seleção para curvatura, apontamento e formato de tubérculo, no entanto é inferior aos ganhos esperados pela seleção direta. Por outro lado, a seleção para rendimento de tubérculo através de seus componentes (número e peso médio de tubérculos) resulta em ganhos mais elevados do que a seleção direta.

Os caracteres formato, profundidade de olhos, apontamento, curvatura, rendimento, número e peso médio de tubérculos apresentaram altos valores de herdabilidade, indicando que a seleção em gerações precoces para estes caracteres poderia trazer ganhos genéticos consideráveis para os programas de melhoramento genético da batata.

As informações obtidas nestes trabalhos auxiliam no melhor entendimento de métodos que possibilitem uma melhor escolha de genitores, das expressões genéticas e relações que ocorrem entre os caracteres estudados; podendo ser consideradas na definição de estratégias que promovam maior eficiência dos programas no melhoramento genético de batata.

Como forma de incrementar as informações obtidas nesta tese, em relação às medidas de distâncias genéticas, sugere-se realizar trabalhos com genitores que apresentem maior informação de genealogia. Em relação às estimativas das capacidades de combinação, seria interessante efetuar estudos, considerando

outros genitores, para verificar os resultados sobre os genitores que normalmente são utilizados em programas de melhoramento. Em relação aos parâmetros genéticos e ganhos correlacionados com a seleção, seria conveniente continuar as avaliações das mesmas populações em gerações mais avançadas, visando confirmar as estimativas dos parâmetros.

7. Referências bibliográficas item 1

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

BARBOSA-NETO, J. F.; SORRELLS, M. E.; CISAR, G. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP based estimates of genetic relationship. **Genome**, Montreal, v. 39, p. 1142–1149, 1996.

BARBOSA, M.H.P.; PINTO, C.A.B.P. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacionais e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 307-320, 1998.

BAKER, R.J. **Selection indices in plant breeding**, Florida, CRC. 1986, 218p.

BISOGNIN, D.A., DOUCHES, D.S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, v. 127, p. 1-9, 2002.

BRIGGS, F. N.; KNOWLES, P. F. **Introduction to plant breeding**. New York: Reinhold, 1967. 426p.

BROWN J, CALIGARI P.D.S., MACKAY, G.R., SWAN, G.E.L. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. **Journal of Agricultural Science**, v. 103, p. 339-346, 1984.

BROWN, J. The use of cross prediction methods in a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 76, p. 33-38, 1988.

BROWN, J.; DALE. J. Identifying superior parents in a potato breeding program using cross prediction techniques. **Euphytica**, Wageningen, v. 104, p. 143-149, 1998.

CARVALHO, F. I. F. de, SILVA, S. A., KUREK, A. J. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2001. 99 p.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Decomposição da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, Piracicaba, v. 38, p. 422-430, 1991.

DINIZ FILHO, J. A. **Métodos filogenéticos comparativos**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. 120p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de M. A. SILVA e J. C. SILVA. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 279p.

FORTES, G. R. L., PEREIRA, J. E. S. Classificação e Descrição Botânica. In: PEREIRA, A. S., DANIELS, J. **O Cultivo da Batata na Região Sul do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 69-79.

FNP Consultoria e Comércio. Batata. **Agrianual 2005**. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: 2005. p. 230-236.

GOLDENBERG, J. B. El empleo de la correlación en el mejoramento genético de las plantas. **Fitotecnia Latinoamericana**, v. 5, p. 1-8, 1968.

GOPAL, J. Progeny Selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 95, p. 307-311, 1997.

GOPAL, J. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 96, p. 287-293, 1998.

GOPAL, J. Genetic parameters and character associations for family selection in potato breeding programmes. **Journal of Genetics & Breeding**, Roma, v. 55, p. 201-208, 2001.

HAWKES, J. G. History of the potato. In: HARRIS, P. M. **The potato crop: The scientific basis for improvement**, London: Chapman & Hall, 1978. p. 1-14.

HAWKES, J. G. Origins of cultivated potatoes and species relationships. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (Ed). **Potato Genetics**, Cambridge: CAB International, 1993. p. 3-42.

HOOPEES, P. W.; PLAISTED, R. L. Potato. In: FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Iowa State University, 1987. v. 2. p. 385-435.

KIM, H. S.; WARD, R. W. Genetic diversity in Eastern U.S. soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) based on RFLPs and coefficient of parentage. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 94, p. 472-479, 1997.

LOISELLE, F.; TAI, G. C. C.; CHRISTIE, B. R. Pedigree, agronomic and molecular divergence of parents in relation to progeny performance in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 34, p. 305-316, 1991.

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, 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, p. 205-209, 1988.

MOURA, W. M.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação a eficiência nutricional de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 217-224, 1999.

MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M. Analyses of genetic diversity in crop plants – Salient statistics tools and considerations. **Crop Science**, Madison, v. 43, p.1235-

1248, 2003.

NEELE, A. E. F., BARTEN, J. H. M., LOUWES, K. M. Effects of plot size and selection intensity on efficiency of selection in the first clonal generation of potato. **Euphytica S**, Wageningen, p. 27-35, 1988.

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

OLIVEIRA, A. C. Construção de Mapas Genéticos em Plantas. In: MILACH, S.C.K. (ed.) **Marcadores de DNA em Plantas**. Porto Alegre, Ed. da UFRGS, 1998. 141p.

PEREIRA, A. da S. **Melhoramento genético**. In: PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. O **Cultivo da batata na região sul do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567p.

PINTO, C. A. B. Melhoramento genético de batata. **Informe Agropecuário UFLA**. Belo Horizonte, v. 20, p. 120-128, 1999.

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

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

VAN BEUNINGEN, L. T.; BUSEH, R. H. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: I. Analysis of the coefficient of parentage matrix. **Crop Science**, Madisson, v. 37, p. 570-579, 1997.

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**, 2002, v. 121, p.441-444.

8. Vitae

Giovani Olegário da Silva, filho de João Olegário da Silva e Angelina Salvadego da Silva, nasceu em 14 de setembro de 1980, em Francisco Beltrão, Paraná. Completou o ensino fundamental e ensino médio no Colégio Estadual de Renascença Ensino de 1º e 2º Graus. Graduiu-se como Engenheiro Agrônomo em Março de 2003, formado pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET). Durante o curso de graduação, no período de 2001 e 2002 foi bolsista do Hotel Tecnológico (Fundação Elvaldo Lodi / CEFET) na área de melhoramento genético de milho e em 2002 e 2003 atuou como bolsista de Iniciação Científica PIBIC (CNPq), na área de Melhoramento Genético da Cultura da Aveia. Em março de 2004 foi selecionado ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Área de Concentração em Fitomelhoramento, FAEM/UFPEL, como bolsista da CAPES. Em março de 2005, foi aprovado por uma banca avaliadora a progredir para o nível de Doutorado tendo como orientador o Pesquisador e Prof. Ph.D. Arione da Silva Pereira. Em outubro de 2005 obteve o título de Mestre em Ciências (M.Sc.) na área de concentração em Fitomelhoramento pela UFPEL.