



Bragantia

ISSN: 0006-8705

editor@iac.sp.gov.br

Instituto Agronômico de Campinas

Brasil

da Silva, Giovani Olegário; da Silva Pereira, Arione; Queiroz de Souza, Velci; de Carvalho, Fernando  
Irajá Félix; Fritsche Neto, Roberto

Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata

Bragantia, vol. 66, núm. 3, 2007, pp. 381-388

Instituto Agronômico de Campinas

Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90866303>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# MELHORAMENTO GENÉTICO VEGETAL

## CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES DE APARÊNCIA E RENDIMENTO E ANÁLISE DE TRILHA PARA APARÊNCIA DE BATATA <sup>(1)</sup>

GIOVANI OLEGÁRIO DA SILVA <sup>(2)\*</sup>; ARIONE DA SILVA PEREIRA <sup>(3)</sup>; VELCI QUEIROZ DE SOUZA <sup>(4)</sup>;  
FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO <sup>(5)</sup>; ROBERTO FRITSCHE NETO <sup>(6)</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar correlações entre caracteres da aparência e do rendimento de tubérculo, bem como a influência de caracteres componentes da aparência na expressão do caráter aparência de tubérculo e suas implicações na seleção. Utilizou-se uma população híbrida de batata com 15 famílias e 60 genótipos cada família. Os experimentos foram desenvolvidos no campo experimental da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, no outono de 2004 e 2005. Aparência de tubérculo correlacionou-se mais estreitamente com formato, curvatura, apontamento e sobrancelha de tubérculo, na geração de *seedlings*; e com uniformidades de formato e tamanho de tubérculo na primeira geração clonal. O caráter rendimento foi mais fortemente associado com tamanho, número e massa médio de tubérculo, na geração de *seedlings*, e com tamanho, número, massa média, achatamento de tubérculo e vigor de planta, na primeira geração clonal. Verificou-se que curvatura de tubérculo foi o caráter mais efetivo na seleção indireta para a melhoria da aparência em ambas as gerações. Os resultados sugerem que na geração de *seedlings* o apontamento de tubérculo seja considerado em conjunto com curvatura de tubérculo na seleção para aparência de tubérculo.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., seleção indireta, efeito direto e indireto.

### ABSTRACT

CORRELATIONS BETWEEN APPEARANCE AND YIELD CHARACTERS, AND PATH ANALYSIS  
FOR POTATO TUBER APPEARANCE

The objective of this work was to verify correlations between characters of tuber appearance and yield; as well as the influence of tuber appearance components characters on their expression and selection implications. A potato hybrid population of 15 families each one with 60 genotypes. The experiments were conducted in the experimental field of Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul State, Brazil, in Fall of 2004 and 2005. Tuber appearance was closer correlated with tuber shape, tuber curvature, tuber pointing and tuber eyebrow, in the seedling generation, and with tuber shape and tuber

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 21 de novembro de 2005 e aceito em 3 de abril de 2007.

<sup>(2)</sup> Embrapa Hortalícias, BR 060, km 09, Caixa Postal 218, 70359-970 Gama (DF), Brasil. E-mail: olegario@cnph.embrapa.br.  
(\*) Autor correspondente.

<sup>(3)</sup> Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas (RS). E-mail: arione@cpact.embrapa.br

<sup>(4)</sup> Pós-Graduando em Agronomia (Fitomelhoramento) em nível de Doutorado. Bolsista CAPES. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel), Campus Universitário, Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas (RS). E-mail: velciq@gmail.com

<sup>(5)</sup> Departamento de Fitotecnia (Fitomelhoramento), FAEM/UFPel, Pelotas (RS). E-mail: carvalho@ufpel.tche.br.

<sup>(6)</sup> Estudante de Agronomia. Bolsista de Iniciação Científica (FAPERGS). Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS). E-mail: rfneto@hotmail.com.

size uniformity, in the first clonal generation. Yield was strongly associated with tuber size, tuber number and average tuber weight, in the seedling stage, and with tuber size, tuber number, average tuber weight, tuber flatness and plant vigor, in the first clonal generation. Tuber curvature showed to be the most effective trait for indirect selection to improve tuber appearance in both generations. The results suggest that in the seedling stage, tuber pointing should also be considered along with tuber curvature the selection of tuber appearance.

**Key words:** *Solanum tuberosum* L., indirect selection, direct and indirect effect.

## 1. INTRODUÇÃO

O grande desafio dos melhoristas de batata consiste em disponibilizar permanentemente genótipos que atendam às exigências dos consumidores, que cada vez mais priorizam produtos de qualidade (visuais e culinárias), dos produtores (maior rendimento) e das indústrias (qualidade industrial). Esse fato faz com que grande importância seja dada à aparência de tubérculo e ao rendimento além das qualidades culinárias e industriais.

O desafio de atender todas essas exigências é dificultado pelas diferenças que devem ser detectadas, as quais são cada vez menores e o número de caracteres maiores. Isso se deve ao estreitamento da base genética da cultura (HAWKES, 1978), exigindo, assim, maior eficiência dos programas de melhoramento na identificação de genótipos superiores. Portanto, análises que possam auxiliar na escolha da melhor estratégia de seleção, tais como análises de correlação e análises de trilha, tornam-se importantes ferramentas para o melhor entendimento das relações genéticas entre os caracteres.

A seleção indireta por meio de caracteres correlacionados permite que caracteres mais complexos, como rendimento de tubérculos e aparência, influenciados por caracteres mais simples e, portanto, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam ser melhorados mesmo que não ocorra a seleção direta. Desse modo, caracteres menos complexos, com maior herdabilidade e correlações elevadas, favorecem a seleção (CRUZ e REGAZZI, 2001).

A utilização da análise de trilha permite desdobrar coeficientes de correlação simples em seus efeitos diretos e indiretos, melhorando o entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas (BARBOSA, 1996; CARVALHO et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi verificar a correlação entre componentes da aparência e do rendimento de tubérculo, bem como a influência de componentes da aparência na expressão do caráter aparência de tubérculo e suas implicações na seleção, na geração de *seedlings* e na primeira geração clonal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Clima Temperado no outono de 2004 e 2005.

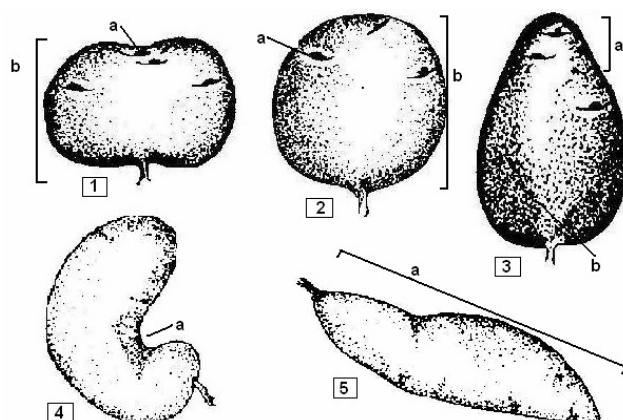
Os *seedlings* foram originados de sementes botânicas obtidas de hibridações controladas entre genitores (cultivares e clones elite) de batata da coleção da Embrapa Clima Temperado. Selecionaram-se genitores para obter cruzamentos contrastantes em relação aos caracteres de interesse ao estudo. Cada cruzamento originou uma das 15 famílias que constituiu a população analisada.

No outono de 2004, as sementes foram germinadas em sementeiras em casa plástica e os *seedlings* transplantados para sacos plásticos, contendo cerca de um litro de substrato Plantmax®, com o objetivo de produzir minitubérculos. Os sacos plásticos foram distribuídos em blocos ao acaso (devido à heterogeneidade do solo) com três repetições. A parcela foi composta de 20 *seedlings* (genótipos) de uma família. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10 m. Mantiveram-se os *seedlings* nessas condições até a senescência (77 dias), quando os tubérculos foram colhidos e transportados para instalações apropriadas para serem efetuadas as avaliações. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria a 4 °C, até o outono de 2005.

No outono de 2005, um tubérculo de tamanho mediano de cada genótipo, padronizado para todos os *seedlings*, foi cultivado a campo, segundo o método genealógico de condução de populações, utilizando o mesmo delineamento experimental de 2004. Após a maturação (senescência das folhas e hastes), as plantas foram colhidas separadamente, transportadas até um galpão de cura e realizadas as avaliações nos tubérculos.

Os caracteres avaliados nos tubérculos de cada planta em ambas as gerações foram: rendimento de tubérculos (g/planta); número de tubérculos por planta; massa média de tubérculos (g); e com notas de 1 a 5 com intervalos de 0,50, com exceção de coloração e formato de tubérculo, cujo tipo ideal depende do objetivo do programa de melhoramento. Para os demais caracteres, valores mais próximos a 1

são desejados: coloração de tubérculos (1- amarelo, 2- amarelo claro, 3- intermediário, 4- vermelho claro, 5- vermelho escuro); formato de tubérculo (1- formato alongado, 5- redondo); uniformidade do tipo de formato do tubérculo (1- uniforme, 5- desuniforme); tamanho do maior tubérculo (1- grande, 5- pequeno); uniformidade do tamanho dos tubérculos (1- uniforme, 5- desuniforme); aspereza da película (1- lisa, 5- reticulada); profundidade dos olhos (1- raso, 5- profundo); sobrancelha (1- sem sobrancelhas, 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) (Figura 1). Para aparência, tubérculos excelentes foram os que não apresentaram defeitos em relação aos caracteres descritos acima. Além dessas avaliações, efetuaram-se observações no campo em relação à maturidade de planta (1- tardia, 5- precoce) e vigor de planta (1- mais vigorosa, 5- menos vigorosa), com método de avaliação adaptado de LOVE et al. (1997).



**Figura 1.** Identificação de caracteres de tubérculos de batata, 1a: profundidade de olhos; 1b: achatamento de tubérculo; 2a: sobrancelha; 2b: tubérculo redondo; 3a: apontamento; 3b: aspereza; 4a: curvatura; 5a: tubérculo alongado.

Foi utilizado o programa computacional SAS LEARNING EDITION (2002) para determinar o grau de associação entre os caracteres em estudo, pela análise de correlação de Spearman ( $r_s$ ) em ambas as gerações, seguindo o modelo estatístico descrito por SIEGEL (1975). A matriz de correlação foi transferida para o programa GENES (CRUZ, 2001), para o diagnóstico de multicolinearidade e a análise de trilha, a fim de identificar a magnitude dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres influenciando na aparência de tubérculo.

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).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância dos dados da geração de *seedlings*, os caracteres de tubérculo: aspereza, aparência, formato, tamanho, profundidade de olho, sobrancelha, número de tubérculos, rendimento, peso médio, apontamento, curvatura, achatamento, uniformidade de formato e uniformidade de tamanho apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Nas avaliações da primeira geração clonal, exceto uniformidade de tamanho e apontamento de tubérculo, os demais caracteres apresentaram diferenças significativas, indicando a efetividade destes caracteres em diferenciar os genótipos utilizados no estudo. Os caracteres vigor e maturidade de planta observados no campo também apresentaram diferenças significativas. Os coeficientes de variação, indicativos da precisão experimental, variaram de 19,7 a 66,7 no experimento de *seedlings*, e de 15,74 a 58,14 na primeira geração clonal, com exceção de número de tubérculos, com valor próximo a 90% (dados não mostrados).

Na análise conjunta dos experimentos, observou-se que formato e uniformidade de tamanho de tubérculo foram os únicos caracteres não significativos para diferenciar os genótipos testados. Formato foi um caráter que possibilitou a diferenciação entre os genótipos em cada geração e não no conjunto das gerações, devendo ser considerado em separado para cada geração. Uniformidade de tamanho de tubérculo com interação genótipo x geração significativa na análise conjunta, não permitiu diferenciar os genótipos avaliados na primeira geração clonal, devendo ser considerada apenas na geração de *seedlings*, em que foi efetiva na discriminação dos genótipos.

Pode-se verificar também que para cor, uniformidade de formato e tamanho de tubérculo não houve interação genótipo x geração significativa, diferentemente dos demais caracteres em que pelo menos em um genótipo ocorreram diferentes expressões em relação aos demais de acordo com a geração. Esse fato ressalta a importância de avaliação em mais de uma geração (BRIGGS e KNOWLES, 1967; TAI e YOUNG, 1984; CRUZ e CASTOLDI, 1991; LOVE et al., 1997), devendo ser submetidos à análise conjunta em que efeitos da interação são desinflacionados da variação residual.

Da mesma forma que na primeira geração clonal, na análise conjunta, o número de tubérculo foi o de coeficiente de variação mais elevado do que os demais caracteres (95%), devido à grande variação encontrada para número de tubérculo entre as plantas avaliadas na mesma família (dados não mostrados).

A análise de multicolinearidade detectou colinearidade fraca para ambos as gerações, portanto, não teve seu efeito corrigido (MONTGOMERY E PECK, 1981).

Em relação à análise de trilha, os coeficientes de determinação, que se referem à estimativa de quanto os caracteres utilizados, representam a expressão do caráter principal: 0,80 para a geração de *seedlings* e 0,75 para a primeira geração clonal (Tabelas 1 e 3).

Na geração de *seedlings* os maiores coeficientes de correlação com aparência foram verificados em relação à curvatura (0,52) e apontamento de tubérculo (0,51), indicando estarem estes dois caracteres correlacionados medianamente com aparência. Entretanto, observando o resultado da análise de trilha (Tabela 2), é possível notar também que o caráter curvatura de tubérculo apresentou o maior efeito direto na aparência (0,32), sendo influenciado indiretamente por apontamento (0,18). Por outro lado, o efeito direto de apontamento foi mais reduzido (0,25), sendo influenciado indiretamente por curvatura (0,19), indicando que o efeito da seleção para aparência teria maior efeito se os caracteres apontamento e curvatura fossem considerados conjuntamente no momento da seleção. Essas associações indiretas ocorreram provavelmente devido à forte associação linear de apontamento com curvatura (0,62), em que tubérculos mais curvados ficaram mais apontados (Tabela 1).

A aspereza de tubérculo, apesar de não ter relação linear com aparência (Tabela 1), apresentou efeito direto positivo de 0,25, revelando que este caráter não deve ser descartado do uso em seleções indiretas, pois, em uma seleção simultânea, poderá proporcionar bons resultados (CRUZ E REGAZZI, 2001).

O tamanho de tubérculo apresentou correlações significativas positivas com aspereza e formato (0,24), atestando que tubérculos de tamanho maior proporcionaram maior expressão desses caracteres (Tabela 1). Correlações negativas e fortes foram verificadas de tamanho de tubérculo com rendimento (-0,60) e massa média (-0,66), evidenciando que plantas com maior rendimento e peso médio tiveram maior tamanho de tubérculo. THOMPSON et al. (1983), produzindo *Solanum tuberosum*

spp. *andigena* a campo, também verificaram incremento no rendimento com aumento no tamanho de tubérculo. De acordo com DAVIES E JOHNSTON (1965); ROWELL et al. (1968); SWIEZYNSKI (1968) e SWIEZYNSKI (1978) as avaliações em tubérculos maiores seriam mais eficientes, pela melhor visualização proporcionada, evidenciando que em determinadas situações o tamanho de tubérculo tem influência na manifestação de alguns caracteres.

Quanto ao rendimento de tubérculos e seus componentes (número e massa média), verifica-se que plantas com maior rendimento tiveram maior número de tubérculos (0,45) e também maior massa média (0,50). Esses resultados concordam com MARIS (1988), que verificou acréscimo no rendimento com aumentos de número e massa média de tubérculos; com GOPAL et al. (1994), na geração de *seedlings*, com plantas cultivadas em campo, verificaram correlações significativas de rendimento com número e massa média de tubérculos; com RODRIGUES E PEREIRA (2003), que observaram correlações positivas e significativas entre número e rendimento e entre massa média e rendimento, cultivando genótipos em segunda geração clonal; e com GAUR E KISHORE (1978), que, cultivando variedades e híbridos, verificaram correlação significativa entre rendimento e massa média. Correlações significativas entre rendimento e número de tubérculos também foram relatadas por PINTO et al. (1994), que produziram *seedlings* em campo e por THOMPSON et al. (1983).

No presente estudo, o coeficiente de correlação entre número e massa média de tubérculo foi médio (-0,46) (Tabela 1), diferentemente de GOPAL et al. (1994) e PINTO et al. (1994), que observaram correlações muito reduzidas entre esses caracteres. Concorda, porém, com MARIS (1988), RODRIGUES E PEREIRA (2003) e GAUR E KISHORE (1978), que verificaram diminuição da massa média com aumento do número de tubérculos. Essa é uma relação muito importante devido à influência na quantidade de tubérculos comercializáveis produzidos.

Comparando as duas gerações, na primeira geração clonal, observam-se plantas com maior rendimento e tubérculos maiores que na geração de *seedlings*. Em relação à aparência, alguns caracteres tiveram maior expressão nos tubérculos maiores e em maior número, como a cor, que passou a ser um caráter de influência na aparência. De acordo com a análise de trilha, notou-se que tubérculos vermelhos tiveram aparência inferior, com efeito direto de -0,20. Esse fato foi confirmado pela correlação que passou a ser significativa (-0,21) na primeira geração clonal (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 1.** Coeficientes de correlação fenotípica entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculo em *seedlings* provenientes de casa de vegetação. Pelotas (RS), 2005

| Caráter | COR    | ASP    | APA    | FOR    | UFO    | TAM    | UTA    | POL    | SOB   | NTU    | REN   | PEM   | APO   | CUR |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-----|
| ASP     | 0,07   |        |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |     |
| APA     | -0,04  | 0,11*  |        |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |     |
| FOR     | 0,07   | 0,28*  | -0,30* |        |        |        |        |        |       |        |       |       |       |     |
| UFO     | -0,12* | -0,02  | 0,16*  | 0,04   |        |        |        |        |       |        |       |       |       |     |
| TAM     | 0,08   | 0,24*  | -0,05  | 0,24*  | -0,01  |        |        |        |       |        |       |       |       |     |
| UTA     | -0,05  | -0,13* | 0,08   | -0,12* | 0,30*  | -0,18* |        |        |       |        |       |       |       |     |
| POL     | -0,14* | -0,12* | -0,06  | 0,08   | 0,24*  | -0,07  | 0,07   |        |       |        |       |       |       |     |
| SOB     | -0,16* | -0,13* | 0,35*  | -0,31* | 0,09   | -0,22* | 0,12*  | 0,17*  |       |        |       |       |       |     |
| NTU     | -0,06  | -0,16* | -0,14* | -0,05  | 0,15*  | 0,09   | 0,35*  | 0,13*  | -0,03 |        |       |       |       |     |
| REN     | -0,15* | -0,26* | -0,13* | -0,06  | 0,11*  | -0,60* | 0,12*  | 0,22*  | 0,11* | 0,45*  |       |       |       |     |
| PEM     | -0,11* | -0,10* | 0,05   | -0,11* | -0,01  | -0,66* | -0,22* | 0,10*  | 0,16* | -0,46* | 0,50* |       |       |     |
| APO     | -0,01  | -0,18* | 0,51*  | -0,46* | 0,06   | -0,21* | 0,08   | -0,01  | 0,30* | -0,05  | 0,03  | 0,10* |       |     |
| CUR     | 0,01   | -0,22* | 0,52*  | -0,50* | 0,02   | -0,23* | 0,06   | -0,12* | 0,26* | -0,03  | 0,07  | 0,12* | 0,62* |     |
| ACH     | 0,02   | 0,03   | 0,07   | 0,01   | -0,24* | 0,05   | -0,08  | -0,08  | -0,01 | 0,16*  | 0,17* | -0,04 | 0,08  |     |

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

**Tabela 2.** Análise de trilha para caracteres de aparência de tubérculo em *seedlings* de batata cultivados em casa de vegetação. Pelotas (RS), 2005

| Caráter | Efeito Indireto (¹) |        |        |        |        |        | Efeito Direto (²) |        |        |        |        |
|---------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
|         | COR (³)             | ASP    | FOR    | UFO    | TAM    | UTA    | POL               | SOB    | APO    | CUR    | ACH    |
| COR (²) | 0,017               | -0,002 | -0,015 | 0,008  | -0,001 | 0,007  | -0,035            | -0,001 | 0,001  | 0,002  | -0,025 |
| ASP     | -0,001              | -0,008 | -0,002 | 0,025  | -0,003 | 0,006  | -0,030            | -0,054 | -0,070 | 0,002  | 0,250  |
| FOR     | -0,001              | 0,068  | 0,006  | 0,025  | -0,003 | -0,004 | -0,070            | -0,136 | -0,156 | 0,001  | -0,030 |
| UFO     | 0,003               | -0,004 | -0,001 | 0,007  | -0,001 | 0,013  | 0,021             | 0,017  | 0,007  | -0,001 | 0,132  |
| TAM     | -0,002              | 0,059  | -0,007 | -0,001 | -0,004 | 0,004  | -0,050            | -0,061 | -0,072 | -0,022 | 0,102  |
| UTA     | 0,001               | -0,032 | 0,004  | 0,040  | -0,019 | -0,004 | 0,028             | 0,020  | 0,018  | 0,004  | 0,023  |
| POL     | 0,003               | -0,029 | -0,002 | 0,032  | -0,007 | 0,002  | 0,038             | -0,001 | -0,037 | -0,008 | -0,055 |
| SOB     | 0,003               | -0,033 | 0,009  | 0,012  | -0,023 | 0,003  | -0,010            | 0,089  | 0,084  | -0,009 | 0,223  |
| APO     | 0,001               | -0,044 | 0,014  | 0,007  | -0,020 | 0,001  | 0,001             | 0,067  | 0,190  | -0,004 | 0,257  |
| CUR     | -0,001              | -0,053 | 0,015  | 0,003  | -0,023 | 0,001  | 0,006             | 0,059  | 0,184  | 0,007  | 0,320  |
| ACH     | -0,001              | 0,006  | -0,001 | -0,024 | 0,001  | 0,004  | -0,023            | -0,012 | 0,025  | 0,092  |        |

(¹) Efeito indireto, dos caracteres (²) Via os caracteres. (³) Sobre aparência.

(²) Efeito direto, dos caracteres (³) Sobre a aparência; COR: cor; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho de tubérculo; UTA: uniformidade de tubérculo; POL: profundidade de tubérculo; SOB: sobrancelha; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação fenotípica entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculo medidos em campo em clones de batata na primeira geração clonal. Pelotas (RS), 2005

| Caráter | COR    | ASP    | APA    | FOR   | UFO    | TAM    | UTA    | POL    | SOB    | NTU    | REN    | PEM    | APO    | CUR    | ACH    | VIG   |
|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| ASP     | 0,06   | -0,21* | 0,06*  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| APA     | -0,21* | 0,06*  |        |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| FOR     | -0,13* | 0,02   | 0,07   |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| UFO     | 0,02   | 0,14*  |        | 0,32* | -0,06  | 0,07   | 0,05   |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| TAM     | 0,16*  | -0,01  | 0,06   |       | 0,05   | 0,23*  | -0,26* |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
| UTA     | -0,13* | 0,08   | 0,30*  |       | 0,05   | 0,21*  | -0,14* | 0,11*  |        |        |        |        |        |        |        |       |
| POL     | -0,01  | 0,16*  | 0,06   |       | 0,23*  | -0,23* | -0,14* | 0,13*  | 0,27*  |        |        |        |        |        |        |       |
| SOB     | 0,08   | 0,15*  | 0,08   |       | -0,23* | 0,29*  | -0,14* | 0,13*  |        |        |        |        |        |        |        |       |
| NTU     | -0,28* | 0,06   | 0,01   |       | 0,07   | 0,04   | -0,25* | 0,40*  | -0,07  | -0,01  |        |        |        |        |        |       |
| REN     | -0,26* | 0,11*  | -0,11* |       | 0,06   | -0,07  | -0,66* | 0,27*  | 0,10*  | -0,01  | 0,71*  |        |        |        |        |       |
| PEM     | -0,13* | 0,04   | -0,15* |       | 0,07   | -0,22* | -0,68* | -0,02  | 0,13*  | -0,05  | 0,10*  | 0,63*  |        |        |        |       |
| APO     | 0,09   | 0,10*  | 0,16*  |       | -0,46* | 0,29*  | 0,07   | -0,04  | 0,06   | 0,27*  | -0,07  | -0,13* | -0,17* |        |        |       |
| CUR     | 0,15   | 0,08   | 0,17*  |       | -0,54* | 0,25*  | 0,01   | -0,05  | 0,03   | 0,29*  | -0,12* | -0,15* | -0,17* | 0,70*  |        |       |
| ACH     | 0,05   | 0,20*  | 0,03   | 0,01  | 0,05   | -0,40* | 0,18*  | 0,20*  | 0,04   | 0,15*  | 0,32*  | 0,25*  | 0,08   | 0,12*  |        |       |
| VIG     | 0,08   | 0,16*  | 0,12*  | 0,10* | -0,16* | 0,40*  | -0,08  | -0,20* | -0,24* | -0,31* | -0,42* | -0,17* | -0,22* | -0,24* | -0,25* |       |
| MAT     | 0,06   | -0,03  | 0,07   | 0,09  | -0,03  | 0,38*  | -0,02  | -0,14* | -0,12* | -0,06  | -0,29* | -0,23* | -0,10* | -0,16* | -0,15* | 0,54* |

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.  
 COR: cor; ASP: aspereza; APA: aparência; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho de tubérculo; UTA: uniformidade de tubérculo; POL: profundidade de tubérculo; SOB: sobrancelha; NTU: número de tubérculos; REN: rendimento; PEM: peso médio; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo; VIG: vigor; MAT: maturação.

**Tabela 4.** Análise de trilha para caracteres de aparência de tubérculo em clones em primeira geração. Pelotas (RS), 2005

| Caráter | Efeito Indireto (¹) |        |        |        | Efeito Direto (²) |        |        |        | Efeito Direto (³) |        |        |
|---------|---------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
|         | COR (³)             | ASP    | FOR    | UFO    | TAM               | UTA    | POL    | SOB    | APO               | CUR    | ACH    |
| COR (²) | -0,008              | -0,026 | 0,005  | 0,022  | -0,037            | 0,001  | 0,001  | 0,005  | 0,035             | -0,001 | -0,203 |
| ASP     | -0,013              | 0,005  | 0,030  | -0,001 | 0,021             | -0,006 | 0,001  | 0,005  | 0,020             | 0,003  | 0,130  |
| FOR     | 0,026               | -0,003 | -0,012 | 0,010  | 0,015             | -0,008 | -0,002 | -0,026 | -0,130            | 0,001  | 0,202  |
| UFO     | -0,004              | -0,019 | -0,012 | 0,006  | 0,062             | -0,007 | 0,003  | 0,016  | 0,059             | 0,001  | 0,215  |
| TAM     | -0,032              | 0,001  | 0,015  | 0,010  | -0,071            | 0,005  | -0,001 | 0,004  | 0,002             | -0,007 | 0,140  |
| UTA     | 0,027               | -0,010 | 0,011  | 0,048  | -0,036            | -0,004 | 0,001  | -0,002 | -0,012            | 0,003  | 0,273  |
| POL     | 0,001               | -0,021 | 0,046  | 0,045  | -0,019            | 0,029  | 0,002  | 0,003  | 0,007             | 0,003  | -0,035 |
| SOB     | -0,015              | -0,019 | -0,047 | 0,063  | -0,020            | 0,035  | -0,009 | 0,015  | 0,067             | 0,001  | 0,010  |
| APO     | -0,020              | -0,013 | -0,093 | 0,061  | 0,009             | -0,012 | -0,002 | 0,002  | 0,170             | 0,001  | 0,056  |
| CUR     | -0,030              | -0,011 | -0,110 | 0,053  | 0,001             | -0,013 | -0,001 | 0,003  | 0,040             | 0,002  | 0,238  |
| ACH     | 0,010               | -0,026 | 0,002  | 0,010  | -0,055            | 0,048  | -0,007 | 0,001  | 0,005             | 0,028  | 0,017  |

(¹) Efeito indireto, dos caracteres (²) via os caracteres (³) sobre aparência;

(²) ED- Efeito direto, dos caracteres (³) sobre a aparência; COR: cor; ASP: aspereza; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; TAM: tamanho de tubérculo; UTA: uniformidade de tubérculo; POL: profundidade de tubérculo; SOB: sobrancelha; APO: apontado; CUR: curvatura de tubérculo; ACH: achatamento de tubérculo.

Situação semelhante foi verificada para formato, que passou a ter efeito direto de 0,20 na primeira geração clonal, continuando a ser afetado negativamente pelo caráter curvatura de tubérculo com valor de -0,13, ao passo que na geração de *seedlings* o valor indireto foi semelhante (-0,16). O efeito indireto de apontamento de tubérculo não se pronunciou na primeira geração clonal, devido, provavelmente, à maior expressão do caráter apontamento de tubérculo na geração de *seedlings*, que é a situação de maior estresse (cultivo em sacos plásticos) (Tabelas 2 e 4).

Apontamento de tubérculos deixou ainda de ter influência direta sobre aparência, reduzindo de 0,26 na geração de *seedlings* para 0,06 na primeira geração clonal (Tabelas 2 e 4), e sua correlação com aparência, passando de 0,51 na geração de *seedlings* para 0,16 na primeira geração clonal (Tabelas 1 e 3).

Curvatura de tubérculo continuou a ter influência direta sobre aparência, no entanto com valor um pouco mais reduzido, passando de 0,32 na geração de *seedlings* para 0,24 na primeira geração clonal (Tabelas 2 e 4).

Dessa forma, verifica-se que o único caráter que poderia ser selecionado indiretamente para aparência de tubérculo em ambas as gerações seria curvatura de tubérculo. Mas essa seleção não deveria ser muito rigorosa devido à magnitude, somente moderada da correlação e do efeito direto. Ainda, na geração de *seedlings*, o caráter apontamento de tubérculo poderia também ser considerado no momento da seleção.

A maior quantidade e o maior tamanho de tubérculos na primeira geração clonal proporcionaram maior expressão das desuniformidades de formato e de tamanho de tubérculo, e também aumentou a influência direta de tamanho de tubérculo, com influências diretas na aparência passando de 0,13, 0,02 e 0,10, na geração de *seedlings*, para 0,22, 0,27 e 0,14, na primeira geração clonal respectivamente.

Observando os valores de correlação acima de 0,30 (médio) da primeira geração clonal em relação à geração de *seedlings*, pode-se verificar que aproximadamente metade das correlações da geração de *seedling* permaneceram com magnitudes semelhantes na primeira geração clonal.

Na primeira geração clonal, os dois caracteres avaliados adicionalmente, vigor e maturidade de planta, estiveram associados com alguns caracteres avaliados nos tubérculos. Correlações acima de 0,30 (medianas) foram verificadas de vigor com tamanho de tubérculo, número e rendimento, indicando que

plantas mais vigorosas produziram tubérculos maiores, com maior número de tubérculo e maior rendimento. Maturidade de planta esteve correlacionada com tamanho de tubérculo e rendimento. Portanto, plantas mais tardias produziram tubérculos com maior tamanho e maior rendimento, provavelmente em razão do maior tempo de fotossíntese das plantas. No vigor e na maturação também houve associação linear (0,54), revelando que as plantas menos vigorosas iniciaram precocemente a senescência em comparação com as mais vigorosas.

As correlações de vigor e maturação com rendimento e entre vigor e maturação concordam com BARBOSA (1996), que verificaram aumento no rendimento com ciclos maiores ( $r=0,15$ ) e maior vigor ( $r=0,39$ ), e ainda correlação significativa de 0,24 entre ciclo e maturação. ORTIZ e GOLMIARZALE (2003) também observaram que plantas mais vigorosas possuem maior rendimento ( $r=0,87$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

1. Aparência de tubérculo correlaciona-se mais estreitamente com formato, curvatura, apontamento e sobrancelha de tubérculo, na geração de *seedlings*, e com uniformidades de formato e tamanho de tubérculo, na primeira geração clonal.

2. O caráter rendimento está mais fortemente associado com tamanho de tubérculo, número e massa média de tubérculo, na geração de *seedlings*, e com tamanho de tubérculo, número, massa média e achatamento de tubérculo e vigor de planta, na primeira geração clonal.

3. Observa-se a curvatura de tubérculo como o caráter mais efetivo na seleção indireta para a melhoria da aparência, em ambas as gerações. Na geração de *seedlings*, o caráter apontamento de tubérculo poderia ser considerado em conjunto com curvatura de tubérculo no momento da seleção.

4. Estudos posteriores, comparando esses resultados com mais gerações (2.º e 3.º geração clonal) seriam interessantes para confirmar se as correlações se mantêm.

#### AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M.H.P. **Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata**, 1996. 138 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Setor de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- BRIGGS, F.N.; KNOWLES, P.F. **Introduction to plant breeding**. New York: Reinhold, 1967. 426p.
- CARVALHO, F.I.F. DE; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142 p.
- 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.
- DAVIES, H.T.; JOHNSTON, G.R. First clonal generation potato seedling selection at two locations. **American Potato Journal**, Orono, v. 42, p. 186-189, 1965.
- GAUR, P.C.; KISHORE, H. Studies on character association in potatoes. **Journal Agriculture Science**, Cambridge, v. 90, p. 215-219, 1978.
- GOPAL, J.; GAUR, P.C.; RANA, M.S. Heritability, and intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Breeding**, Berlin, v. 112, p. 80-83, 1994.
- HAWKES, J.G. History of the potato. In: Harris, P. M. **The potato crop: The scientific basis for improvement**, London: Chapman e Hall, 1978. p. 1-14.
- 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.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: John Wiley, 1981. 504p.
- ORTIZ, R.; GOLMIRZALE, A.M. Genetic parameters for agronomic characteristics. I. Early and intermediate breeding populations of true potato seed. **Hereditas**, Lund, v. 139, p. 212-216, 2003.
- PINTO, C.A.B.; VANDERLEI, I.R.V.; ROSSI, M.S. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.771-778, 1994.
- 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, n. 5, p. 599-604, 2003.
- ROWELL, A.B.; EWING, E.E.; PLAISTED, R.L. Comparative field performance of potatoes from seedlings and tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 63, p. 219-227, 1986.
- SAS LEARNING EDITION. Getting Started with the SAS Learning Edition, Care, North Carolina: SAS Institute, 2002.
- SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 100p.
- SWIEZYNSKI, K.M. Field production of first-year potato seedlings in the breeding of early varieties. **European Potato Journal**, Holanda, v. 11, p. 141-149, 1968.
- SWIEZYNSKI, K.M. Selection of individual tubers in potato breeding. **Theoretical Applied Genetics**, New York, 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.
- THOMPSON, P.G.; MENDOZA, H.A.; PLAISTED, R.L. Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an andigena population. **American Potato Journal**, Orono, v. 60, p. 393-401, 1983.