



## Desempenho genotípico de clones de batata via modelos mistos

Giovani Olegário da Silva<sup>1</sup>, Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho<sup>1</sup>, Zilmar da Silva Souza<sup>2</sup>,  
Rubens Sérgio Ponijaleki<sup>3</sup>, Arione da Silva Pereira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Hortaliças, Rodovia BR-060, Km 09 (Rodovia Brasília/Anápolis), Fazenda Tamanduá, CEP 70359-970, Brasília-DF, Brasil. E-mail: giovani.olegario@embrapa.br; agnaldo.carvalho@embrapa.br

<sup>2</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de São Joaquim, Rua João Araujo Lima, 102, Jardim Caiçara, CEP 88600-000, São Joaquim-SC, Brasil. Caixa Postal 81. E-mail: zilmar@epagri.sc.gov.br

<sup>3</sup> Embrapa Produtos e Mercados, Parque Estação Biológica - PqEB s/n, Ed. Sede da Embrapa, Térreo, CEP 70770-917, Brasília-DF, Brasil. E-mail: rubens.ponijaleki@embrapa.br

<sup>4</sup> Embrapa Clima Temperado, Rodovia BR 392, Km 78, Centro, CEP 96010-971, Pelotas-RS, Brasil. Caixa Postal 403. E-mail: arione.pereira@embrapa.br

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o desempenho genotípico de doze genótipos de batata quanto a caracteres de rendimento de tubérculos, utilizando os modelos mistos. Os experimentos foram conduzidos no município de Canoinhas, SC. Foram avaliados dois clones elite e duas cultivares comerciais nacionais desenvolvidas pela Embrapa, seis clones elite desenvolvidos pela Epagri, e duas cultivares importadas amplamente cultivadas no país, nos cultivos de primavera de 2012 e 2013. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições de duas linhas com 10 plantas cada. Todas as parcelas foram colhidas 110 dias após o plantio, e avaliadas para caracteres componentes do rendimento de tubérculos. Os dados foram submetidos às análises de deviance individuais e conjunta, e adaptabilidade e estabilidade. Pode-se verificar que os clones F48-07-06 (Embrapa), 308 (Epagri) e principalmente o 316 (Epagri), apesar de baixo número total de tubérculos, foram superiores aos demais genótipos para o conjunto de caracteres avaliados, aliando elevada produtividade, estabilidade de produção e adaptabilidade.

**Palavras-chave:** modelos mistos, Reml/Blup, rendimento de tubérculos, *Solanum tuberosum* L.

## *Genotypic performance of potato clones by mixed models*

### ABSTRACT

The aim of this work was to verify the genotypic performance of twelve potato genotypes in relation to yield components, using the mixed models. The experiments were carried out in the city of Canoinhas, SC, Brazil. Two advanced potato clones and two national cultivars developed by Embrapa, six advanced clones developed by Epagri, and two foreign commercial cultivars widely cultivated in the country were evaluated in the spring seasons of 2012 and 2013. A randomized complete block design with four replications of two single 10 plant plot was used. All plots were harvested 110 days after planting, and evaluated for yield components. The data were submitted to the individual and joint deviance analysis, and adaptability and stability. It was verified that the clones F48-07-06 (Embrapa), 308 (Epagri) and especially the 316 (Epagri), despite not having a high total number of tubers, they were better than the others for all the traits evaluated, combining high productivity, yield stability and adaptability.

**Key words:** mixed models, Reml/Blup, tuber yield, *Solanum tuberosum* L.

## Introdução

A maioria das cultivares de batata cultivadas no Brasil é de origem europeia e sofrem os efeitos adversos das temperaturas mais elevadas (Menezes et al., 2001) e do fotoperíodo mais curto, ocasionando redução do ciclo vegetativo e do potencial produtivo (Kooman & Rabbinge, 1996), além de maior pressão de alguns patógenos e pragas (Pinto et al. 2010). Para contornar esta dificuldade, é utilizada uma elevada quantidade de insumos para a obtenção de uma produtividade razoável, reduzindo a viabilidade comercial e a sustentabilidade ambiental da cultura.

A obtenção de cultivares nacionais adaptadas às condições de cultivo das regiões brasileiras produtoras e resistentes às principais doenças é a alternativa mais viável para aumentar a produtividade e a rentabilidade da cultura para o produtor (Gadum et al., 2003). Portanto, estudos que permitam o melhor conhecimento da expressão dos caracteres frente às condições ambientais e a verificação da potencialidade de clones para se tornarem cultivares, são importantes.

Quanto aos componentes de rendimento de tubérculos, sabe-se que plantas que apresentam elevado número de tubérculos apresentam, geralmente, tubérculos menores (Silva et al., 2012). Tanto o número quanto o tamanho dos tubérculos influenciam diretamente o rendimento de tubérculos comerciais (Silva et al., 2006). Desta forma, é importante na seleção o equilíbrio entre número e tamanho de tubérculos produzidos.

Além disso, as plantas têm o desenvolvimento afetado pelos efeitos de ambiente (A), genótipo (G) e da interação entre ambos (GxA), sendo o último efeito o que promove significativas diferenças no desempenho dos genótipos quando estes são cultivados em diferentes condições ambientais (Mohammadi et al., 2007).

A presença da interação GxA interfere de forma intensa nos programas de melhoramento, pois em situação ideal as cultivares deveriam possuir adaptabilidade e terem estabilidade. O termo adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos responderem de forma positiva a melhoria no ambiente, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos desempenharem um comportamento previsível em função do estímulo do ambiente (Cruz & Regazzi, 2001). A adaptabilidade e estabilidade pode ser estimada via modelos mistos com a metodologia Reml (Maximum Restricted Likelihood) / Blup (Best Linear Unbiased Prediction).

A análise Reml/Blup baseia-se nas estimativas de que, quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico através dos ambientes, e por ambientes pode-se considerar safras, anos ou locais, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos através dos ambientes. Assim, a seleção pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) implica simultaneamente seleção para produtividade e estabilidade. Em termos de adaptabilidade, refere-se ao desempenho relativo dos valores genotípicos (PRVG) através dos ambientes. Neste caso, os valores genotípicos preditos são expressos como proporção da média geral de cada ambiente e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção nos ambientes.

A seleção simultânea para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, pode ser realizada pelo método da média harmônica do desempenho relativo dos valores genéticos (MHPRVG) preditos. Esse método permite selecionar simultaneamente pelos três atributos mencionados e apresenta, dentre outras, as seguintes vantagens: (a) considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto fornece estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; (b) permite lidar com heterogeneidade de variância; (c) permite considerar erros correlacionados dentro de ambientes; (d) fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; (e) pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; (f) gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado; (g) permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos simultaneamente (Resende, 2002a).

De maneira geral um simples modelo univariado de repetibilidade, considerando diferentes anos, é adequado na seleção, tendo como alvo a produtividade média dos anos. No entanto, um modelo mais completo como a análise Reml/Blup pode permitir inferências adicionais como: seleção de genótipos produtivos, estáveis e responsivos à melhoria do ambiente e seleção por estes atributos conjuntamente (Sturion & Resende, 2005).

Na literatura não há publicações com utilização de Reml/Blup para a estimação da adaptabilidade e estabilidade em batata. Silva et al. (2011) verificaram a adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura com as metodologias AMMI, GGE biplot e REML/BLUP e verificaram superioridade desta última metodologia por apresentar os resultados em função de valores genotípicos. Desta forma, o emprego de tais modelos na análise da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata são extremamente relevantes.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o desempenho genotípico de onze genótipos de batata quanto a caracteres de rendimento de tubérculos, utilizando os modelos mistos.

## Material e Métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Produtos e Mercado, Canoinhas-SC (26°10' 38" S, 50°23'24" O, 839 m a.n.m.), nas primaveras de 2012 e 2013, com plantios em 27/08/2012 e 12/08/2013. Foram avaliados 12 genótipos de batata, sendo dois clones elite (F48-07-06 e F53-01-06) e duas cultivares (BRS Ana e BRS Clara) desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), seis clones desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa e Extensão de Santa Catarina (Epagri) (305, 308, 310, 315, 316 e 319) e duas cultivares importadas amplamente cultivadas no país (Ágata e Asterix).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada parcela composta de duas linhas de quatro metros com 10 plantas cada. Foram utilizados tubérculos-semente do tipo II com quatro meses de armazenamento em câmara fria de 3,5 a 4,5 °C, plantados espaçados em 0,75 m entre linhas e 0,40 m dentro da linha, nos dias 27 de agosto de 2012 e 12 de agosto de 2013. A Adubação foi realizada utilizando a fórmula comercial 05-30-10 (NPK),

na dosagem de 3 t ha<sup>-1</sup>. Os tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações da região (Pereira, 2010). Após a senescência, aos 110 dias após o plantio, foi realizada a colheita.

Foram avaliados os seguintes caracteres: número de tubérculos comerciais por parcela (NTC), diâmetro acima de 45 mm; número total de tubérculos por parcela (NTT); massa de tubérculos comerciais (MTC), em kg por parcela; massa total de tubérculos (MTT), em kg por parcela; e, massa média de tubérculos (MMT) em g por parcela, obtida pela divisão da massa total e o número total de tubérculos.

Foi realizada a análise de componentes de deviance individual, para estimar os parâmetros genéticos para cada ano, e conjunta para a avaliação da interação genótipo x ambiente (ano), adaptabilidade e estabilidade, por meio da metodologia Reml/Blup (Henderson, 1975). Como o número de genótipos avaliados foi superior a 10, os efeitos de genótipos foram considerados como aleatórios (Resende & Duarte, 2007).

Para a análise de componentes de deviance individual utilizou-se o modelo:  $y = Xr + Zg + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados observados,  $r$  é o vetor de efeitos de repetições (assumidos como fixos),  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $e$ , o vetor de erros (aleatórios) e  $X$  e  $Z$ , matrizes de incidência para os referidos efeitos (Resende, 2002a).

Para a análise de componentes de deviance conjunta utilizou-se o modelo estatístico número 54 do programa estatístico Selegen (Resende, 2002b):  $Y = Xr + Zg + Wi + e$ . Em que:  $Y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, e contempla todas as repetições de todos os ambientes,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $i$  é o

vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios), sendo  $e$  o vetor de erros (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para avaliação genética pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos foi utilizado o método MHPRVG, conforme descrito por Resende (2002a). Para a realização das análises foi utilizado o aplicativo computacional Selegen (Resende, 2002b).

## Resultados e Discussão

A análise de deviance individual revelou diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os genótipos para todos os caracteres. Os coeficientes de variação fenotípicos variaram de 8,42% para número total de tubérculos (NTT) em 2012 a 17,67% para massa de tubérculos comerciais (MTC) em 2013 (Tabela 1).

Em relação à produção de tubérculos com tamanho comercial, acima de 45 mm de diâmetro, o rendimento foi maior em 2012, enquanto a produção total foi maior em 2013. Por consequência, a massa média dos tubérculos foi maior em 2012, indicando que quanto maior o número de tubérculos, menor foi o tamanho médio dos mesmos (Tabela 1). Isso se deve pelo fato de que em batata, a produção de maior número de tubérculos por planta resulta em tubérculos menores (Maris, 1988; Gaur & Kishore, 1978; Rodrigues & Pereira, 2003; Silva et al., 2007).

A relação entre o coeficiente de variação genotípico e o coeficiente de variação fenotípico foi superior à unidade para todos os caracteres, com exceção MTT (0,97) (Tabela 1), indicando que a variação de ordem genética superou a ambiental para a maioria dos caracteres e que a seleção

**Tabela 1.** Valores da estatística do teste razão de verossimilhança (LRT) das análises de deviance individuais e parâmetros genéticos, da avaliação de 12 genótipos de batata nas de primaveras de 2012 e 2013

Caráter	NTC	MTC	NTT	MTT	MMT
Ano	2012				
Genótipo <sup>1</sup>	29,71**	19,49**	84,26**	12,15**	62,88**
Deviance total	256,79	108,46	340,40	108,04	300,54
Variância residual	54,62	2,10	226,45	2,30	108,97
Variância genotípica	142,83	3,26	4335,00	2,19	1025,12
Variância fenotípica	197,45	5,37	4561,46	4,50	1134,10
Herdabilidade sentido amplo	0,72	0,60	0,95	0,49	0,90
Herdabilidade média dos clones	0,91	0,86	0,98	0,79	0,97
Acurácia na seleção	0,95	0,92	0,99	0,88	0,98
CV genotípico	15,67	14,10	36,85	8,26	28,96
CV fenotípico	9,69	11,32	8,42	8,46	9,44
CV genotípico/CV fenotípico	1,61	1,24	4,37	0,97	3,06
Média geral	76,22	12,82	178,66	17,95	110,54
Ano	2013				
População <sup>1</sup>	47,92**	55,51**	29,98**	36,49**	51,31**
Deviance total	257,52	122,65	362,40	149,06	274,43
Variância residual	46,64	2,03	600,54	4,42	66,46
Variância genotípica	256,98	14,79	1589,80	15,48	415,22
Variância fenotípica	303,63	16,83	2190,35	19,91	481,68
Herdabilidade sentido amplo	0,85	0,87	0,72	0,78	0,86
Herdabilidade média dos clones	0,96	0,97	0,91	0,93	0,96
Acurácia na seleção	0,97	0,98	0,95	0,96	0,98
CV genotípico	37,71	47,66	15,97	17,15	21,71
CV fenotípico	16,07	17,67	9,81	9,17	8,68
CV genotípico/CV fenotípico	2,34	2,69	1,62	1,87	2,50
Média geral	42,50	8,07	249,73	22,94	93,87

<sup>1</sup>Valores de LRT; Significativo a \*\*P = 0,01 e \*P = 0,05 pelo teste  $\chi^2$  com 1 grau de liberdade. NTC: número de tubérculos comerciais por parcela, MTC: massa de tubérculos comerciais em kg por parcela, NTT: número total de tubérculos por parcela, massa total de tubérculos em kg por parcela, massa média de tubérculos em g por parcela.

baseada nestes caracteres seria eficiente. Considerando que o rendimento de tubérculos de batata é um caráter quantitativo, que normalmente sofre grande influência do ambiente (Silva et al., 2006), observou-se que este experimento teve adequada precisão experimental. A superioridade do valor do coeficiente de variação genotípico para caracteres relacionados ao rendimento de tubérculos de batata também foi verificada por Silva et al. (2012) para o caráter MTT, enquanto para produção de tubérculos por planta, Simon et al. (2009) verificaram valores desta relação variando de 0,72 a 0,82.

O grande efeito de ordem genética no fenótipo pode ser confirmado também pela observação das magnitudes das variâncias genotípicas em comparação com as variâncias fenotípicas; pela acurácia na seleção em cada ano, que superou 90% para a maioria dos caracteres; e pelo coeficiente de herdabilidade no sentido amplo que no caso de batata (reprodução assexuada) explora os efeitos aditivos, de dominância e epistáticos. Este coeficiente só não foi elevado para os caracteres MTC e MTT em 2012 (Tabela 1).

A adequada precisão experimental pode também ser atestada pela herdabilidade média dos clones, ou herdabilidade para a média genotípica, que foi elevada para todos os caracteres nos dois anos, indicando junto com a acurácia seletiva, que as condições ambientais proporcionariam grande progresso genético com a seleção (Tabela 1). Segundo Resende (2002a), o valor da acurácia da seleção, que é a raiz quadrada da herdabilidade média dos clones, evidencia alta precisão nas inferências dos valores genotípicos, indicando que a condução experimental foi apropriada para a caracterização dos genótipos superiores, e que os valores genotípicos estão muito próximos dos valores reais dos genótipos (Ramalho et al., 2016).

Pela Tabela 2, verifica-se interação de genótipo x ambiente (ano) significativa e de grande importância para todos os caracteres avaliados, conforme observado pela proporção da variância da interação na variância fenotípica total, e calculado pelo coeficiente de determinação da interação e pela correlação genética entre ambientes.

Os baixos valores da acurácia na seleção, e da herdabilidade no sentido amplo relativa aos efeitos genotípicos, livres da interação com o ambiente na análise conjunta, reforçam a importância do estudo da interação genótipo x ambiente para maximizar os ganhos na seleção dos clones. E como a interação foi decorrente da falta de correlação entre os tratamentos

genéticos de um ano para outro, indica a importância de se estudar também sua adaptabilidade e estabilidade (Rosado et al., 2012). Neste caso há a possibilidade de realizar seleção livre dos efeitos da interação, através dos valores genéticos e genotípicos, ou capitalizar os resultados da interação para selecionar genótipos produtivos e mais estáveis frente a variações ambientais de um ano para outro, ou mais responsivos à melhoria nas condições de ambiente (maior adaptabilidade) e ainda para estes três atributos simultaneamente. Isso é possibilitado pelo emprego de modelos mistos como o Reml/Blup.

Segundo Bastos et al. (2007), os valores genéticos (g) por serem livres da interação e os valores da adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG) por serem penalizados pela instabilidade e capitalizados pela adaptabilidade, podem ser extrapolados para outras condições de ambiente, neste caso para outros anos.

Para o caráter NTC os clones com maiores valores genéticos, livres da interação, foram 316 e F53-01-06, contribuindo respectivamente com o aumento de 0,44 e 0,18 tubérculos por parcela na média geral. Os valores genotípicos preditos, ou seja, a média geral capitalizada pelos valores genéticos, seriam de 59,80 e 59,55 tubérculos comerciais por parcela, respectivamente. Como o clone 316 foi superior aos demais, caso este seja selecionado, contribuirá com um ganho na mesma proporção do seu valor genético, o equivalente a 0,44 tubérculos comerciais por parcela e a nova média geral seria mantida em seu valor máximo predito 59,80. Caso o F53-01-06 seja incluído na seleção para este caráter, o ganho será de 0,31 tubérculos comerciais por parcela e a nova média estimada será de 59,68. Este valor é obtido pelo cálculo da média entre a nova média predita para o genótipo superior, neste caso o clone 316 (59,80) e o valor genotípico predito para o clone F53-01-06 (59,68). Já o clone 305 e a cultivar Ágata tiveram os piores desempenhos para este caráter, apresentando os menores valores genéticos (Tabela 3).

Considerando a interação média dos ambientes ( $u+g+gem$ ), que equivale ao valor genotípico médio dos dois anos, pode-se verificar que os clones 316 e F53-01-06 tiveram os maiores valores: 77,39 e 66,79 tubérculos comerciais por parcela, respectivamente, apresentando além de elevado valor genético, bom desempenho frente às condições ambientais consideradas no cálculo da interação (Tabela 3).

**Tabela 2.** Valores da estatística do teste razão de verossimilhança (LRT) da análise de deviance conjunta e parâmetros genéticos, da avaliação de 12 genótipos de batata nas primaveras de 2012 e 2013

Efeito	NTC	MTC	NTT	MTT	MMT
Genótipo <sup>1</sup>	17,17**	20,27**	26,63**	5,80*	40,38**
Genótipo x Ambiente <sup>1</sup>	61,48**	63,38**	83,65**	53,81**	78,38**
Variância genotípica	2,47	0,25	250,29	0,04	202,40
Variância da interação	197,68	8,78	2712,57	8,82	517,79
Variância residual	50,62	2,07	413,48	3,36	87,71
Variância fenotípica	250,77	11,10	3376,35	12,23	807,91
Coefficiente de determinação da interação	0,78	0,79	0,80	0,72	0,79
Correlação genética entre ambientes	0,01	0,03	0,08	0,01	0,10
Herdabilidade média dos clones	0,02	0,05	0,15	0,01	0,42
Herdabilidade sentido amplo	0,01	0,02	0,07	0,01	0,07
Acurácia na seleção	0,15	0,23	0,39	0,10	0,65
CV fenotípico	11,98	13,77	9,49	8,97	9,16
Média geral	59,36	10,44	214,19	20,44	102,20

<sup>1</sup>Valores de LRT; Significativo a \*\*P = 0,01 e \*P = 0,05 pelo teste  $\chi^2$  com 1 grau de liberdade. NTC: número de tubérculos comerciais por parcela, MTC: massa de tubérculos comerciais em kg por parcela, NTT: número total de tubérculos por parcela, massa total de tubérculos em kg por parcela, massa média de tubérculos em g por parcela.

**Tabela 3.** Valores genéticos (g), valores genotípicos preditos (u + g), ganhos e nova média com a seleção, valor genotípico médio (u + g + gem), valores genotípicos capitalizados pela estabilidade (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG), valores genotípicos médios capitalizados pela adaptabilidade (PRVG\*MG), adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG) e valores genotípicos médios capitalizando a estabilidade e a adaptabilidade (MHPRVG\*MG), da avaliação de 12 genótipos de batata para os caracteres número de tubérculos comerciais (NTC) e massa de tubérculos comerciais (MTC), nos cultivos de primavera de 2012 e 2013

Genótipo	g	u + g	Ganho	Nova média	u+g+gem	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
Número de tubérculos comerciais										
305	-0,44	58,93	0,00	59,36	41,47	30,99	0,65	38,69	0,61	36,16
308	-0,01	59,35	0,13	59,49	58,79	58,64	1,06	63,05	1,00	59,48
310	0,06	59,42	0,17	59,53	61,73	49,52	0,99	58,66	0,95	56,68
315	0,02	59,38	0,15	59,51	60,20	53,98	1,00	59,51	1,00	59,41
316	0,44	59,80	0,44	59,80	77,39	77,13	1,40	82,84	1,32	78,37
319	0,12	59,49	0,25	59,61	64,32	59,38	1,09	64,46	1,09	64,45
F48-07-06	0,12	59,48	0,22	59,58	64,20	63,12	1,13	67,27	1,10	65,53
F53-01-06	0,18	59,55	0,31	59,68	66,79	49,08	1,04	62,03	0,97	57,50
BRS Ana	-0,16	59,20	0,07	59,44	52,66	44,85	0,86	51,02	0,85	50,37
BRS Clara	-0,11	59,25	0,10	59,47	54,66	43,57	0,87	51,86	0,84	49,97
Ágata	-0,31	59,05	0,04	59,40	46,66	40,73	0,77	45,62	0,76	45,33
Asterix	0,10	59,47	0,19	59,56	63,50	63,01	1,13	67,37	1,09	64,60
Massa de tubérculos comerciais										
305	-0,07	10,38	0,04	10,49	9,19	5,59	0,80	8,31	0,62	6,52
308	0,10	10,55	0,16	10,60	12,31	12,30	1,23	12,88	1,19	12,40
310	-0,05	10,39	0,05	10,50	9,46	8,16	0,87	9,13	0,85	8,91
315	-0,03	10,41	0,09	10,54	9,88	9,25	0,94	9,82	0,94	9,81
316	0,24	10,68	0,24	10,68	14,70	14,67	1,50	15,65	1,39	14,53
319	0,03	10,47	0,11	10,56	10,97	10,04	1,03	10,80	1,03	10,75
F48-07-06	0,13	10,58	0,18	10,63	12,83	12,83	1,30	13,55	1,23	12,80
F53-01-06	0,07	10,51	0,13	10,58	11,68	10,04	1,08	11,27	1,05	10,97
BRS Ana	-0,12	10,33	0,01	10,46	8,30	7,34	0,77	8,07	0,76	7,95
BRS Clara	-0,08	10,37	0,03	10,47	9,02	7,92	0,84	8,76	0,82	8,60
Ágata	-0,16	10,29	0,00	10,45	7,54	5,68	0,67	7,05	0,61	6,40
Asterix	-0,05	10,39	0,07	10,51	9,47	9,46	0,96	10,05	0,90	9,40

Considerando a estabilidade dos valores genotípicos (MHVG), verifica-se que os genótipos 316, Asterix e F48-07-06 foram mais estáveis que os demais frente às condições de ambiente dos dois anos, e se a seleção fosse realizada por este critério, os valores genotípicos preditos seriam de 77,13, 63,12 e 63,01 tubérculos comerciais por parcela, respectivamente. Ao observar a adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG), observa-se que da mesma forma que para a MHVG, os genótipos 316, Asterix e F48-07-06 se destacam em relação aos demais, mostrando respostas positivas à melhoria no ambiente, e se estes fossem selecionados por este critério proporcionariam um valor genotípico estimado de 82,84, 67,37 e 67,27, respectivamente. Ao observar conjuntamente a estabilidade e a adaptabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG), verifica-se que os genótipos 316, F48-07-06, Asterix e 319 apresentaram os maiores valores, e isso se refletiu no cálculo dos valores genotípicos médios capitalizados pela estabilidade e adaptabilidade (MHPRVG\*MG) (Tabela 3).

Portanto, para o caráter número de tubérculos comerciais, verifica-se que o clone 316 se destacou em relação aos demais tanto eliminando o efeito da interação quanto capitalizando os efeitos da adaptabilidade e da estabilidade. O clone F53-01-06 teve bom desempenho com a eliminação dos efeitos da interação, e por este critério poderia ser recomendado para o plantio neste local independente das condições ambientais de anos, porém seria menos estável e responsivo aos estímulos da melhoria do ambiente, caso se optasse por selecionar capitalizando os efeitos da interação com o ambiente. O inverso foi verificado para os clones F48-07-06, 319 e a cultivar Asterix, que se mostraram estáveis e responsivos à melhoria do

ambiente, porém, ao se eliminar os efeitos da interação não mostraram valor genético superior, dificultando uma maior previsibilidade de seus desempenhos (Tabela 3).

Para a massa de tubérculos comerciais, que é influenciada pelo número de tubérculos comerciais e também pela massa média dos mesmos, verifica-se que os clones 316, F48-07-06 e 308 apresentaram os melhores desempenhos, tanto para aos valores genéticos e genotípicos quanto para a estabilidade e resposta à melhoria das condições ambientais, enquanto a cultivar Ágata apresentou os menores valores genéticos para este caráter (Tabela 3).

Em relação ao número total de tubérculos, verifica-se que o clone 310 e principalmente a cultivar Asterix apresentaram os maiores valores genéticos e também boa estabilidade e resposta ao incremento do número de tubérculos com a melhoria nas condições do ambiente (Tabela 4). No entanto, geralmente, plantas que apresentam elevado número de tubérculos produzem tubérculos menores (Silva et al., 2012), por isso é importante haver um equilíbrio entre o número e o tamanho dos tubérculos produzidos.

A massa total de tubérculos, conforme a análise de deviance conjunta (Tabela 1), apesar da diferença significativa entre os genótipos, apresentou os menores valores de herdabilidade, e acurácia na seleção, este caráter mostrou pequena proporção de variabilidade genética em relação à variância fenotípica total, pois o rendimento de tubérculos de batata é um caráter quantitativo, que normalmente sofre grande influência ambiental (Silva et al., 2006). Para este caráter o clone 310 se destacou positivamente quanto ao valor genético, estabilidade e adaptabilidade dos valores genotípicos (Tabela 4). Contudo, como observado anteriormente, esta maior produção total se

**Tabela 4.** Valores genéticos (g), valores genotípicos preditos (u + g), ganhos e nova média com a seleção, valor genotípico médio (u + g + gem), valores genotípicos capitalizados pela estabilidade (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG), valores genotípicos médios capitalizados pela adaptabilidade (PRVG\*MG), adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG) e valores genotípicos médios capitalizando a estabilidade e a adaptabilidade (MHPRVG\*MG), da avaliação de 12 genótipos de batata para os caracteres número total de tubérculos (NTT) e massa total de tubérculos (MTT), nos cultivos de primavera de 2012 e 2013

Genótipo	g	u + g	Ganho	Nova média	u+g+gem	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
Número total de tubérculos										
305	0,12	214,32	4,65	218,85	214,98	153,49	0,94	201,45	0,79	168,43
308	-8,65	205,54	0,00	214,20	158,65	136,38	0,71	153,01	0,68	145,42
310	5,08	219,28	9,68	223,88	246,83	242,61	1,16	248,31	1,16	247,99
315	-1,33	212,87	3,80	218,00	205,65	193,10	0,95	202,80	0,94	201,35
316	-4,46	209,73	2,14	216,34	185,54	176,73	0,86	183,90	0,86	183,36
319	-2,88	211,32	2,96	217,16	195,72	186,86	0,91	194,15	0,90	193,70
F48-07-06	-4,75	209,45	1,45	215,65	183,73	181,15	0,86	185,21	0,86	184,78
F53-01-06	-5,84	208,36	0,79	214,98	176,70	176,17	0,84	180,05	0,83	177,79
BRS Ana	3,08	217,28	7,48	221,68	233,99	220,89	1,08	231,16	1,07	229,91
BRS Clara	2,29	216,49	5,56	219,76	228,90	223,58	1,07	229,43	1,07	229,38
Ágata	3,06	217,26	6,38	220,57	233,87	233,77	1,13	241,29	1,09	232,99
Asterix	14,27	228,47	14,27	228,47	305,81	302,81	1,49	319,61	1,39	297,92
Massa total de tubérculos										
305	0,00	20,45	0,01	20,46	20,60	20,08	1,00	20,51	1,00	20,47
308	-0,01	20,44	0,01	20,45	19,79	18,83	0,96	19,55	0,95	19,35
310	0,03	20,47	0,03	20,47	23,14	22,31	1,12	22,94	1,12	22,83
315	-0,01	20,43	0,00	20,45	19,37	18,72	0,94	19,23	0,94	19,15
316	0,01	20,46	0,02	20,46	21,85	20,73	1,06	21,57	1,04	21,32
319	0,00	20,45	0,01	20,46	20,86	20,50	1,02	20,83	1,02	20,83
F48-07-06	0,01	20,46	0,02	20,47	21,86	21,31	1,06	21,76	1,06	21,73
F53-01-06	-0,01	20,44	0,01	20,45	19,73	19,73	0,98	20,04	0,96	19,72
BRS Ana	0,01	20,45	0,02	20,46	21,41	20,44	1,04	21,17	1,03	20,99
BRS Clara	0,00	20,44	0,01	20,45	20,08	20,00	0,99	20,23	0,99	20,16
Ágata	-0,04	20,40	0,00	20,44	16,40	16,10	0,83	16,94	0,77	15,84
Asterix	0,00	20,44	0,01	20,45	20,24	20,24	1,01	20,57	0,99	20,21

deve mais ao número total de tubérculos, já que este clone produziu reduzido número e massa comercial de tubérculos.

Em relação à massa média de tubérculos, que se correlaciona com o tamanho médio dos tubérculos produzidos (Silva et al., 2007), observam-se maiores valores genéticos para os clones 308, 305, F48-07-06 e 316. No entanto, o clone 305 foi penalizado pela instabilidade dos valores genotípicos. Já os demais tiveram bom comportamento em relação à adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (Tabela 5). O clone 308, apesar do menor valor genotípico para o número total de tubérculos, apresentou elevada massa média dos tubérculos e massa de tubérculos comerciais.

Desta forma, pode-se verificar que os clones F48-07-06, 308 e principalmente o 316, apesar de não terem apresentado elevado número total de tubérculos, foram superiores aos demais genótipos para o conjunto de caracteres avaliados

nestes experimentos, aliando alta produtividade, estabilidade de produção e adaptabilidade à melhoria nas condições de ambiente. Devido à superioridade destes clones avançados em relação às cultivares avaliadas, inclusive de Ágata e Asterix, que são cultivares plantadas em larga escala no País, verifica-se que possuem potencial para serem avaliados em outras condições de ambiente visando o lançamento como futuras cultivares.

São poucos os trabalhos na literatura que investigam a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata em relação a diferentes condições de ambiente, sejam estes locais, anos ou safras, e destes nenhum utilizou a abordagem dos modelos mistos. Pinto et al. (2010) examinaram o potencial produtivo e a estabilidade de produção das cultivares Ágata e Asterix em seis ambientes (locais e anos) e verificaram desempenho inferior destas cultivares em relação a vários clones testados. Da mesma forma, Pereira & Costa (1998) avaliaram 10 genótipos

**Tabela 5.** Valores genéticos (g), valores genotípicos preditos (u + g), ganhos e nova média com a seleção, valor genotípico médio (u + g + gem), valores genotípicos capitalizados pela estabilidade (MHVG), adaptabilidade dos valores genotípicos (PRVG), valores genotípicos médios capitalizados pela adaptabilidade (PRVG\*MG), adaptabilidade e estabilidade dos valores genotípicos (MHPRVG) e valores genotípicos médios capitalizando a estabilidade e a adaptabilidade (MHPRVG\*MG), da avaliação de 12 genótipos de batata para o caráter massa média de tubérculos (MMT), nos cultivos de primavera de 2012 e 2013

Genótipo	g	u + g	Ganho	Nova média	u+g+gem	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
305	9,73	111,93	11,92	114,12	124,38	103,21	1,18	121,00	1,04	106,80
308	14,10	116,31	14,10	116,31	134,35	130,80	1,31	133,46	1,30	132,56
310	-3,55	98,66	5,00	107,20	94,12	93,75	0,93	95,23	0,91	93,28
315	-2,85	99,35	6,22	108,42	95,71	95,25	0,94	95,81	0,94	95,79
316	7,17	109,37	9,67	111,87	118,54	118,53	1,17	119,45	1,16	118,42
319	3,22	105,42	7,73	109,93	109,54	108,74	1,07	109,50	1,07	109,50
F48-07-06	7,68	109,88	10,50	112,71	119,70	119,47	1,18	120,93	1,16	119,05
F53-01-06	4,46	106,67	8,63	110,83	112,38	111,83	1,10	112,49	1,10	112,47
BRS Ana	-4,29	97,91	3,96	106,17	92,42	92,37	0,91	92,87	0,91	92,54
BRS Clara	-5,77	96,44	2,99	105,19	89,06	88,22	0,87	88,95	0,87	88,93
Ágata	-14,44	87,76	1,41	103,61	69,29	67,91	0,67	68,95	0,67	68,70
Asterix	-15,46	86,74	0,00	102,20	66,97	66,60	0,66	67,83	0,65	66,19

de batata em 34 ambientes (locais, anos e safras), Peixoto et al. (2002) avaliaram 14 genótipos em oito ambientes (locais e anos) e Souza et al. (2007) avaliaram 10 genótipos de batata em 34 ambientes (locais, anos e safras) e todos verificaram grandes diferenças quanto à adaptabilidade e estabilidade dos genótipos avaliados, evidenciando a importância da exploração da interação genótipo x ambiente em batata.

## Conclusões

Os clones F48-07-06, 308 e principalmente o 316, apesar de não terem apresentado elevado número total de tubérculos, foram superiores aos demais genótipos para o conjunto de caracteres avaliados, aliando alta produtividade, estabilidade de produção e adaptabilidade à melhoria nas condições de ambiente.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa.

## Literatura Citada

- Bastos, I.T.; Barbosa, M.H.P.; Resende, M.D.V. de; Peternelli, L.A.; Silveira, L.C.I. da; Donda, L.R.; Fortunato, A.A.; Costa, P.M. de A.; Figueiredo, I.C.R. de. Avaliação da interação genótipo x ambiente em cana-de-açúcar via modelos mistos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, p.195-203, 2007. <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewArticle/3077>>. 07 Fev. 2016.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390p.
- Gadum, J.; Pinto, C.A.B.P.; Rios, M.C.D. Desempenho agrônomo e reação de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.) ao PVY. *Ciência e Agrotecnologia*. v.27, n. especial, p.1484-1492, 2003. <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/6-numero-e?download=5:v27ne>>. 22 Fev. 2016.
- Gaur, P.C.; Kishore, H. Studies on character association in potatoes. *Journal Agriculture Science*, v.90, n.1, p.215-219, 1978. <<http://dx.doi.org/10.1017/S0021859600048760>>.
- Henderson, C.R. Best linear estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, v.31, n.2, p.423-447, 1975. <<http://dx.doi.org/10.2307/2529430>>.
- Kooman, P.L.; Rabbinge, R. An analysis of the relation between dry matter allocation to the tuber and earliness of a potato crop. *Annals of Botany*, v.77, p.235-242, 1996. <<http://dx.doi.org/10.1006/anbo.1996.0027>>.
- Maris, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. *Euphytica*, v.37, n.3, p.205-209, 1988. <<http://dx.doi.org/10.1007/BF00015117>>.
- Menezes, C.B.; Pinto, C.A.B.P.; Nurnberg, P.L.; Lambert, E.S. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.1, p.145-157, 2001. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/bd6bba91-9d6e-fb8b.pdf>>. 07 Fev. 2016.
- Mohammadi, R.; Haghparast, R.; Aghae, M.; Rostae, M.; Pourdad, S.S. Biplot analysis of multi-environment trials for identification of winter wheat megaenvironments in Iran. *World Journal of Agricultural Sciences*, v.3, n.4, p.475-480, 2007. <[http://www.idosi.org/wjas/wjas3\(4\)/10.pdf](http://www.idosi.org/wjas/wjas3(4)/10.pdf)>. 15 Fev. 2016.
- Peixoto, N.; Filgueira, F.A.R.; Melo, P.E.; Buso, J.A.; Monteiro, J.D.; Braz, L.T.; Purquerio, L.F.V.; Hamasaki, R.I. Seleção de clones de batata para microclimas de altitude no Planalto Central. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.3, p.438-441, 2002. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000300008>>.
- Pereira, A. da S. (Org.). Produção de batata no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 95p. (Sistema de Produção, 19).
- Pereira, A.S.; Costa, D.M. Análise de estabilidade de produção de genótipos de batata no Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.4, p.405-409, 1998. <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4867/6991>>. 07 Fev. 2016.
- Pinto, C.A.B.P.; Teixeira, A.L.; Neder, D.G.; Araújo, R.R.; Soares, A.R.O.; Ribeiro, G.H.M.R.; Lepre, A.L. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.4, p.399-405, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362010000400004>>.
- Ramalho, A.R.; Rocha, R.B.; Souza, F. de F.; Veneziano, W.; Teixeira, A.L. Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. *Revista Ciência Agrônômica*, v.46, n.3, p.516-523, 2016. <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160062>>.
- Resende, M.D.V. de; Duarte, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, n.3, p.182-194, 2007. <<https://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/1867/1773>>. 07 Fev. 2016.
- Resende, M.D.V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. 975p.
- Resende, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP. Curitiba: Embrapa Florestas, 2002b. 67p.
- Rodrigues, A.F.S.; Pereira, A.S. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.5, p.599-604, 2003. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500007>>.
- Rosado, A.M.; Rosado, T.B.; Alves, A.A.; Laviola, B.G.; Bhering, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.7, p.964-971, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700013>>.
- Silva, G.O.; Carvalho, A.D.F.; Vieira, J.V.; Benin, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. *Bragantia*, v.70, n.3, p.494-501, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011005000003>>.

- Silva, G.O.; Castro, C.M.; Terres, L.R.; Rohr, A.; Suinaga, F.A.; Pereira, A.S. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.3, p.557-560, 2012. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000300034>>
- Silva, G.O.; Pereira, A.S.; Souza, V.Q.; Carvalho, F.I.F.; Fritsche Neto, R. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. *Bragantia*, v.66, n.3, p.381-388, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000300003>>
- Silva, G.O.; Souza, V.Q.; Pereira, A.S.; Carvalho, F.I.F.; Fritsche Neto, R. Early generation selection for tuber appearance affects potato yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.6, n.1, p.73-78, 2006. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/bd6ba09c-4bd2-0f6d.pdf>>. 12 Fev. 2016.
- Simon, G.A.; Pinto, C.A.B.P.; Lambert, E. de S.; Andreu, M.A. Seleção de clones de batata resistentes à pinta preta e tolerantes ao calor. *Ceres*, v.56, n.1, p.31-37, 2009. <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3390/1279>>. 07 Fev. 2016.
- Souza, V.Q.; Pereira, A. da S.; Silva, G.O. da; Fritsche Neto, R.; Oliveira, A.C. de. Consistency of two stability analysis methods in potatoes. *Ciência Rural*, v.37, n.3, p.656-661, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000300009>>
- Sturion, J.A.; Resende, M.D.V. de. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para a produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.50, p.37-51, 2005. <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/239/190>>. 22 Fev. 2016.