

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS ESTATÍSTICOS NA AVALIAÇÃO DE CLONES EM UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE BATATA¹

EDUARDO BEARZOTI², CÉSAR AUGUSTO BRASIL PEREIRA PINTO³ e MARCELO SILVA DE OLIVEIRA²

RESUMO - A avaliação de clones em estágios iniciais de um programa de melhoramento de batata (*Solanum tuberosum* L.) é caracterizada por uma disponibilidade limitada de tubérculos para semeadura e, em geral, por um número elevado de clones. Este estudo teve o objetivo de comparar métodos estatísticos, levando em conta essas limitações. Cem clones foram avaliados em Maria da Fé e Lavras, MG, por meio de delineamentos em látice e em blocos aumentados. As parcelas desse último também foram utilizadas para avaliar as técnicas de médias móveis e de testemunha intercalar. A análise individual de Maria da Fé apresentou coeficientes de variação similares entre os delineamentos, e uma ordenação semelhante nas médias dos clones; mas diferenças maiores foram observadas em Lavras. As técnicas de médias móveis e de testemunha intercalar apresentaram baixa eficiência na remoção de efeitos ambientais. A análise de variância conjunta apresentou precisão semelhante entre os delineamentos, e o uso de médias móveis não alterou significativamente os valores dos coeficientes de variação e herdabilidade. O delineamento em blocos aumentados mostrou-se uma alternativa eficiente em relação ao látice, na seleção de clones em etapas iniciais de um programa de melhoramento de batata, por demandar menos recursos, com uma perda de precisão tolerável na estimação de parâmetros genéticos.

Termos para indexação: látice, blocos aumentados, média móvel, testemunha intercalar.

COMPARISON OF STATISTICAL METHODS FOR EVALUATING CLONES IN A POTATO BREEDING PROGRAM

ABSTRACT - The evaluation of clones in early stages of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program is characterized by limited availability of seed tubers, and by large numbers of clones. The purpose of this study was to compare statistical methods for such evaluation, taking these limitations into account. One hundred clones were evaluated at two locations, Maria da Fé and Lavras, in Minas Gerais State, by the use of a square lattice and an augmented block design. The layout of the latter has been used also to evaluate the methods of moving average and check plots. The individual analysis of Maria da Fé showed similar coefficients of variation among designs, as well as similar rankings of treatment means, but higher differences were observed in Lavras. The techniques of moving average and check plots had low efficiency on removing environmental effects. The joint analysis of variance showed that precision was similar for both designs and the use of moving average did not alter substantially the coefficients of variation and heritability. The augmented block design appeared to be an efficient alternative to the square lattice for selection of clones in early stages of a potato breeding program, as it demanded less resources, with acceptable loss of precision in the estimation of genetic parameters.

Index terms: square lattice design, augmented block design, moving average, check plots.

INTRODUÇÃO

Programas de melhoramento de batata (*Solanum tuberosum* L.) em geral se iniciam a partir de cru-

zamentos específicos, objetivando a reunião de características desejáveis dos genitores. As sementes botânicas são semeadas em casas de vegetação, obtendo-se a geração 'seedling'. Os novos clones desenvolvem-se em vasos de pequeno diâmetro, e assim produzem poucos tubérculos. Esses tubérculos dão origem à primeira geração clonal. Nessa ocasião, genótipos indesejáveis são eliminados com base em características de alta herdabilidade, como

¹ Aceito para publicação em 8 de maio de 1997.

² Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Ciências Exatas, Univ. Fed. de Lavras (UFLA), CEP 37200-000 Lavras, MG.

³ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Biologia, UFLA.

formato de tubérculo e profundidade de olhadura (Tai, 1975). É somente a partir da segunda ou terceira gerações clonais que viabiliza-se a seleção de clones a partir de características agronômicas mais influenciadas pelo ambiente, como produção de tubérculos. Essa seleção é praticada mediante a avaliação de um número de clones em geral elevado, podendo chegar a alguns milhares (Brown et al., 1984). Esse aspecto, associado ao número reduzido de tubérculos disponíveis por clone, limitam o tamanho da parcela experimental e o número de repetições. O melhorista de batata deve, portanto, procurar métodos estatísticos adequados a essas particularidades na avaliação de clones em etapas iniciais de programas de melhoramento.

Um delineamento experimental largamente empregado pelos melhoristas de plantas é o látice (Yates, 1936), que permite a avaliação de um grande número de tratamentos, pelo uso de blocos incompletos, e controle local eficiente. O delineamento em blocos aumentados (Federer, 1956) é também adequado para avaliar muitos tratamentos, que são adicionados, sem repetição, em blocos com tratamentos repetidos. Além disso, possui as vantagens, em relação ao látice, de demandar menor área experimental e ser mais flexível quanto à disposição e ao número de tratamentos, uma vez que os blocos não têm necessariamente de possuir o mesmo número de parcelas. Por outro lado, os erros padrões das médias dos tratamentos não-repetidos podem ser maiores, pelo uso de apenas uma repetição.

No melhoramento de plantas, é comum o uso de modelos estatísticos aleatórios ou mistos, com interesse na estimação de componentes de variância. Maluf et al. (1983) mostram expressões para as esperanças dos quadrados médios em um delineamento em blocos aumentados, e Bearzoti (1994) apresenta uma generalização na qual os tratamentos repetidos podem aparecer mais de uma vez nos blocos.

Outros métodos de avaliação de muitos materiais baseiam-se na remoção de efeitos ambientais a partir de correlações existentes entre parcelas próximas. Tal é o caso do método de médias móveis (vizinho mais próximo), que ajusta o valor observado em cada parcela pelos valores das parcelas vizi-

nas, mediante análise de covariância usual ou com variações (Bartlett, 1938, 1978). Independente da maneira como é empregada, muitos autores têm registrado ganhos consideráveis em precisão com o uso de médias móveis (Pearce & Moore, 1976; Lockwood, 1980; Shorter & Butler, 1986; Weinbaum et al., 1990). A técnica de testemunhas intercalares (Townley-Smith & Hurd, 1973) também procura ajustar valores observados, a partir dos valores de parcelas próximas contendo testemunhas espaçadas sistematicamente na área.

Os métodos estatísticos citados têm sido comparados em algumas culturas. Townley-Smith & Hurd (1973) verificaram que o ajustamento com médias móveis foi mais eficiente do que com testemunhas intercalares, em trigo. Mak et al. (1978) compararam esses métodos, além do delineamento em látice, na avaliação de linhagens de cevada. Observaram uma precisão semelhante entre eles, e apontaram que a técnica de médias móveis seria mais eficiente, uma vez que poderia dispensar o uso de repetições, além de não precisar de área adicional para a disposição de testemunhas. Rosielle (1980) avaliou os mesmos métodos para ensaios com a cultura do trigo, encontrando estimativas semelhantes de coeficientes de variação e de herdabilidade, sugerindo o uso de médias móveis em análises de covariância com pelo menos duas repetições. Lin et al. (1993) analisaram dados oriundos de ensaios de avaliação de linhagens de soja de várias formas, incluindo delineamentos em látice, em blocos aumentados e vizinho mais próximo. A análise como látice foi superior à do delineamento aumentado, mas similar ou mesmo inferior à da técnica de vizinho mais próximo.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos foram instalados em duas localidades da região sul de Minas Gerais; na estação experimental de Maria da Fé (CRSM), em 1992, e em Lavras, em 1993. Em cada local, foram dispostos, lado a lado, um delineamento em látice com duas repetições e um delineamento em blocos aumentados com 11 blocos, ambos com os mesmos 100 tratamentos, correspondendo a clones de terceira (1992) e quarta (1993) gerações clonais, obtidos a partir do programa de melhoramento de batata da Universidade Federal de

Lavras. No delineamento em blocos aumentados, foram utilizadas as cultivares Achat e Baraka como tratamentos repetidos. As parcelas experimentais, distanciadas de 0,80 m entre si, constituíram-se de uma linha com quatro plantas, com espaçamento de 0,35 m. Os clones tiveram seus efeitos considerados aleatórios.

Procurou-se uniformizar o tamanho dos tubérculos para semeadura, assemelhando-se ao normalmente empregado em batata-semente, e o estado de brotação, por meio de tratamento com bissulfureto de carbono. Após a uniformização, variações quanto ao tamanho, ou ao número de dias para emergência, foram consideradas como independentes dos tratamentos, e assim empregadas como covariáveis na análise estatística dos delineamentos, para melhoria da precisão.

A análise de covariância considerou também variações no estande e, no delineamento em látice, foram acrescentadas, como covariáveis, duas variáveis 'dummy' em Maria da Fé, e quatro em Lavras, para estimação de parcelas perdidas (Steel & Torrie, 1980). Os coeficientes de regressão da análise de covariância múltipla foram obtidos mediante solução das seguintes equações normais (Cochran, 1957):

$$E_{x_1 x_1} b_1 + E_{x_1 x_2} b_2 + \dots + E_{x_1 x_p} b_p = E_{x_1 y}$$

$$E_{x_2 x_1} b_1 + E_{x_2 x_2} b_2 + \dots + E_{x_2 x_p} b_p = E_{x_2 y}$$

:

$$E_{x_p x_1} b_1 + E_{x_p x_2} b_2 + \dots + E_{x_p x_p} b_p = E_{x_p y}$$

onde:

b_i é o coeficiente de regressão relativo à i -ésima covariável ($i = 1, 2, \dots, p$);

$E_{x_i x_i}$ é o quadrado médio residual da i -ésima covariável;

$E_{x_i x_j}$ é o produto médio residual das covariáveis i e j ;

$E_{x_i y}$ é o produto médio residual da i -ésima covariável com a variável dependente.

A partir das estimativas de b_i , somas de quadrados de regressão e de tratamento (ajustada) puderam ser obtidas na análise de covariância.

No delineamento em blocos aumentados, componentes de variância associados a fatores ambientais e genéticos foram estimados pelo método dos momentos, igualando os valores observados dos quadrados médios relativos a tratamentos, ajustados para blocos, e ao resíduo, com suas respectivas esperanças (Bearzoti, 1994). No delineamento em látice, o mesmo método de estimação foi empregado, utilizando os quadrados médios do erro efetivo e de tratamentos ajustados para blocos, com recuperação da informação interblocos.

A técnica de médias móveis foi empregada de duas maneiras. Calculou-se a média dos valores observados nas parcelas vizinhas de cada parcela do delineamento em blo-

cos aumentados (considerando 2, 4 ou 6 vizinhas), e estimou-se um coeficiente de regressão entre os valores observados nas parcelas, em função de suas correspondentes médias móveis, desconsiderando a estrutura experimental de blocos aumentados. A outra maneira, empregada em ambos os delineamentos, consistiu em considerar a média móvel de duas parcelas vizinhas como uma covariável adicional na análise estatística dos delineamentos (portanto, levando em conta a estrutura experimental).

O método de testemunha intercalar foi empregado a partir das parcelas do delineamento em blocos aumentados utilizando os tratamentos repetidos como testemunhas, dispostas sistematicamente a cada três parcelas. Assumiu-se na análise do delineamento em blocos aumentados que a disposição sistemática (ao invés de aleatória) dos tratamentos repetidos não violaria a pressuposição de independência de resíduos. Em cada parcela construiu-se um índice ambiental (Yates, 1936) baseado na distância com relação às testemunhas à esquerda e à direita. Por exemplo, para uma disposição espacial em relação às testemunhas A e B do tipo: A, C1, C2, C3, B..., os seguintes índices corresponderiam aos clones C1, C2 e C3:

$$I_1 = \frac{3}{4}A + \frac{1}{4}B; \quad I_2 = \frac{2}{4}A + \frac{2}{4}B; \quad I_3 = \frac{1}{4}A + \frac{3}{4}B.$$

Um coeficiente de regressão foi então estimado entre os valores das parcelas e seus índices correspondentes, desconsiderando a estrutura experimental dos blocos aumentados.

A comparação entre os delineamentos em látice e blocos aumentados foi realizada mediante a observação, nas análises individuais de cada localidade e nas análises conjuntas, de estimativas tanto de parâmetros genéticos (coeficientes de herdabilidade) como estatísticos. Esses últimos compreenderam coeficientes de variação e correlação de Spearman (Siegel, 1956), para verificação se o ordenamento dos clones com relação ao seu desempenho alterou substancialmente de um delineamento para outro. Observou-se também se o uso de médias móveis como uma covariável adicional modificou os valores das estimativas daqueles coeficientes.

A técnica de médias móveis, sem considerar a estrutura experimental, foi avaliada mediante a significância dos coeficientes de regressão entre os valores das parcelas e suas médias móveis. Além disso, os valores das parcelas ajustados por tais coeficientes foram comparados com os valores originais, pela correlação de Spearman, para verificar se mudanças apreciáveis em seu ordenamento ocorreram com tal ajustamento. Um procedimento idêntico foi empregado para avaliar a técnica de testemunhas intercalares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação e de herdabilidade, referentes aos delineamentos em látice e em blocos aumentados, nas duas localidades, bem como os coeficientes de correlação de Spearman entre as médias dos clones dos dois delineamentos estão apresentados na Tabela 1. À exceção da característica matéria seca de tubérculos, os coeficientes de variação foram em geral moderados ou elevados, o que é comum em experimentos envolvendo seleção com a cultura da batata (Vermeer, 1990). Em Maria da Fé, observou-se uma forte semelhança entre as estimativas dos coeficientes de variação e de herdabilidade nas características produção de tubérculos comerciais, número de tubérculos por parcela e matéria seca dos tubérculos. Igualmente nessas características, a correlação de Spearman apresentou valores que indicam uma concordância com relação ao ordenamento das médias dos clones acima de 70%. Já com relação à característica peso médio de tubérculos comerciais, o delineamento em blocos aumentados apresentou uma precisão marcadamente menor, refletindo-se no coeficiente de variação maior e na magnitude da herdabilidade. A correlação de Spearman foi igualmente baixa.

Em Lavras, as estimativas mostraram discrepâncias mais elevadas entre os dois delineamentos. A produção de tubérculos comerciais apresentou uma variação ambiental maior no látice, como se observa pelo coeficiente de variação, o que deve ter refletido na estimativa da herdabilidade, maior no delineamento em blocos aumentados. A correlação de Spearman foi muito baixa, indicando que clones diferentes seriam selecionados em cada delineamento. O número de tubérculos por parcela teve estimativas semelhantes e o maior coeficiente de correlação de Spearman. Com relação ao peso médio de tubérculos comerciais e à matéria seca de tubérculos, enquanto os coeficientes de variação apresentaram uma semelhança maior, tanto a herdabilidade quanto o ordenamento das médias dos clones apresentaram discrepâncias consideráveis.

O fato de um delineamento apresentar um menor coeficiente de variação não é necessariamente um aspecto vantajoso, e deve ser visto com cautela. Por exemplo, no caso do delineamento em blocos aumentados, como a variância residual é estimada somente a partir dos tratamentos repetidos, pode ser que não represente a variância dos tratamentos não-repetidos, e nesse caso a pressuposição de homogeneidade de variâncias estaria violada. No entanto, a semelhança observada (Tabela 1) entre a

TABELA 1. Coeficientes de variação e herdabilidade (h^2) nos delineamentos em látice e em blocos aumentados, e correlação de Spearman entre as médias de tratamento dos dois delineamentos, nas localidades de Maria da Fé e Lavras.

| Característica | Coeficiente de variação | | Herdabilidade | | Correlação de Spearman |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|-------------------|------------------------|
| | Látice | Blocos aumentados | Látice | Blocos aumentados | |
| Maria da Fé | | | | | |
| Produção comercial | 0,22 | 0,23 | 0,89 | 0,82 | 0,72 |
| Tubérculos/parcela | 0,23 | 0,21 | 0,87 | 0,86 | 0,75 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,21 | 0,31 | 0,77 | 0,23 | 0,53 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,09 | 0,05 | 0,81 | 0,82 | 0,76 |
| Lavras | | | | | |
| Produção comercial | 0,31 | 0,21 | 0,49 | 0,67 | 0,49 |
| Tubérculos/parcela | 0,27 | 0,22 | 0,76 | 0,75 | 0,66 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,21 | 0,25 | 0,78 | 0,48 | 0,39 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,06 | 0,06 | 0,80 | 0,65 | 0,56 |

maioria dos coeficientes de variação em blocos aumentados com os do látice (onde a variância residual é estimada a partir de todos os clones), indica que a escolha adequada de tratamentos repetidos possibilita estimativas representativas da variância residual.

No caso da herdabilidade, esperava-se que o delineamento em blocos aumentados apresentasse estimativas inferiores, em maior ou menor grau, uma vez que a variância fenotípica, ou seja, o denominador da herdabilidade, é teoricamente maior, devido ao número de repetições ser igual a um. De fato, à exceção da matéria seca de tubérculos em Maria da Fé, e da produção comercial em Lavras, os valores foram inferiores nesse delineamento. Em Maria da Fé, no entanto, as diferenças foram em geral bem menores. Esses resultados em conjunto mostram que o uso do delineamento em blocos aumentados prejudica as estimativas da herdabilidade. Se o programa de melhoramento estiver em etapas iniciais, onde a intensidade de seleção não é muito forte, o delineamento em blocos aumentados pode se constituir em uma alternativa a delineamentos com repetições, como o látice, que demandam área experimental maior. No entanto, a julgar pelas baixas correlações de Spearman observadas em Lavras, se a seleção for mais intensa, a lista de clones pode diferir da lista selecionada em delineamentos com repetições, podendo levar a menores ganhos com a seleção.

Os coeficientes de regressão entre os valores observados nas parcelas do delineamento em blocos aumentados e suas médias móveis, compostas por 2, 4 e 6 parcelas vizinhas, nas duas localidades, estão na Tabela 2. Em Maria da Fé, os coeficientes foram baixos e não-significativos, mostrando que pouco ou nenhum efeito ambiental seria removido pelo uso de médias móveis. De fato, a correlação de Spearman entre os valores originais das parcelas e aqueles ajustados pela média móvel composta por duas vizinhas (Tabela 2), foi muito elevada em todas as características, indicando que esse ajustamento praticamente não alteraria o ordenamento dos clones. Em Lavras, os valores dos coeficientes de regressão foram igualmente não-significativos, à exceção da produção de tubérculos comerciais. Nessa característica, observa-se que a correlação

TABELA 2. Coeficientes de regressão linear entre os valores das parcelas e suas médias móveis, compostas de 2, 4 e 6 parcelas vizinhas, e correlação de Spearman entre os valores não-ajustados e os ajustados pelas médias móveis compostas de 2 parcelas vizinhas.

| Característica | Número de parcelas vizinhas | | | Correlação de Spearman |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|------------------------|
| | 2 | 4 | 6 | |
| Maria da Fé | | | | |
| Produção comercial | 0,0644 | 0,0995 | 0,0290 | 0,98 |
| Tubérculos/ parcela | -0,1422 | -0,1539 | -0,1895 | 1,00 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | -0,0566 | -0,2296 | 0,0469 | 1,00 |
| Matéria seca de tubérculos | -0,0970 | -0,0074 | 0,0508 | 1,00 |
| Lavras | | | | |
| Produção comercial | 0,3198** | 0,3608** | 0,4753** | 0,92 |
| Tubérculos/ parcela | 0,1904 | 0,2620 | 0,2033 | 0,98 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | -0,0799 | 0,0127 | -0,0818 | 1,00 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,0220 | 0,0806 | 0,1201 | 0,99 |

** Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

de Spearman entre os valores não-ajustados e os ajustados pela média móvel de 2 vizinhas foi, coerentemente com a significância do coeficiente de regressão, o menor observado. Ainda assim, é bastante alto, indicando pouca alteração no ordenamento dos clones. Dessa forma, é arriscada a recomendação da técnica baseando-se nesse resultado isolado.

Quando utilizada em associação com os delineamentos experimentais, como uma covariável adicional, a média móvel composta por duas parcelas vizinhas alterou muito pouco as estimativas dos coeficientes de variação e de herdabilidade (Tabela 3). As maiores diferenças foram observadas com relação à herdabilidade, no número de tubérculos por parcela, no látice de Maria da Fé, no peso médio de tubérculos comerciais, nas duas localidades, e na matéria seca de tubérculos, em

TABELA 3. Coeficientes de variação e herdabilidade (h^2) das análises de covariância múltipla dos delineamentos em látice e em blocos aumentados, tomando a média móvel de 2 parcelas vizinhas como uma covariável adicional, e sua eficiência em relação às análises sem levar em conta a média móvel¹.

| Característica | Coeficiente de variação | | Herdabilidade | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | Látice | Blocos aumentados | Látice | Blocos aumentados |
| Maria da Fé | | | | |
| Produção comercial | 0,22 (99%) | 0,23 (101%) | 0,89 (100%) | 0,81 (100%) |
| Tubérculos/parcela | 0,23 (100%) | 0,20 (96%) | 0,93 (107%) | 0,87 (101%) |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,20 (98%) | 0,32 (101%) | 0,78 (101%) | 0,15 (66%) |
| Matéria seca de tubérculos | 0,09 (99%) | 0,06 (101%) | 0,81 (100%) | 0,81 (99%) |
| Lavras | | | | |
| Produção comercial | 0,31 (101%) | 0,21 (102%) | 0,48 (99%) | 0,65 (98%) |
| Tubérculos/parcela | 0,27 (101%) | 0,22 (101%) | 0,75 (98%) | 0,75 (99%) |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,21 (101%) | 0,25 (100%) | 0,77 (99%) | 0,44 (92%) |
| Matéria seca de tubérculos | 0,06 (101%) | 0,07 (101%) | 0,79 (98%) | 0,60 (92%) |

¹ Valores entre parênteses referem-se à razão entre as estimativas obtidas, utilizando e não utilizando a técnica de médias móveis.

Lavras, no delineamento em blocos aumentados. De uma maneira geral, no entanto, os resultados não justificam o uso de médias móveis para a remoção de efeitos ambientais, seja isoladamente, seja como covariável.

Os coeficientes de regressão entre os valores observados nas parcelas do delineamento em blocos aumentados, em função dos índices ambientais relativos às testemunhas intercalares, são apresentados na Tabela 4. Os coeficientes foram não-significativos, à exceção da característica produção de tubérculos comerciais, em Lavras. No entanto, nessa característica, os valores ajustados por esses índices ambientais apresentaram um ordenamento muito semelhante ao dos valores originais, a julgar pelos elevados coeficientes de correlação de Spearman, indicando uma reduzida remoção de efeitos ambientais. A razão desse comportamento deve ser a mesma da observada na técnica de médias móveis, ou seja, uma baixa correlação entre o desempenho de parcelas próximas, quanto a características de interesse agrônomo em batata.

A falta de correlação entre parcelas vizinhas sugere igualmente que a disposição sistemática dos tratamentos comuns, no delineamento em blocos

TABELA 4. Coeficientes de regressão linear entre os valores das parcelas e seus índices ambientais, e correlação de Spearman entre os valores não-ajustados e os ajustados pelos índices¹.

| Característica | Coeficiente de regressão | Correlação de Spearman |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Maria da Fé | | |
| Produção comercial | 0,2876 | 0,99 |
| Tubérculos/parcela | 0,0614 | 1,00 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | -0,0732 | 0,99 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,0602 | 1,00 |
| Lavras | | |
| Produção comercial | 0,5386** | 0,96 |
| Tubérculos/parcela | 0,2990 | 0,98 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,0498 | 1,00 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,0702 | 1,00 |

** Significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

aumentados, não deve ter violado a hipótese de independência de resíduos, e assim não invalidando sua comparação com outras metodologias, como o delineamento em látice.

Foram realizadas as análises conjuntas dos dois locais nos delineamentos em látice e em blocos aumentados, cujos coeficientes de variação e de herdabilidade estão apresentados na Tabela 5. Os coeficientes de variação foram semelhantes em todas as características, com uma diferença maior no peso médio de tubérculos comerciais. A estimativa da herdabilidade, quanto à produção de tubérculos comerciais, mostrou-se maior no delineamento em blocos aumentados, o que não era de se esperar, devido ao denominador de seu estimador ser teoricamente maior. No entanto, a menor precisão dessa característica no látice de Lavras (Tabela 1), deve ter contribuído para reduzir a herdabilidade da análise conjunta do látice. Quanto ao número de tubérculos por parcela e peso médio de tubérculos comerciais, o delineamento em blocos aumentados apresentou estimativas inferiores. No caso do teor de matéria seca de tubérculos, os valores foram bastante semelhantes.

As médias móveis do delineamento em látice foram utilizadas como covariável adicional na análise conjunta das duas localidades, da qual foram obtidas novas estimativas de coeficientes de variação e de herdabilidade, apresentadas na Tabela 6. À exceção do número de tubérculos por parcela, onde houve uma melhoria de precisão (menor coeficiente de variação), os valores praticamente não se alteraram, corroborando a hipótese de que a técnica seria de pouca eficiência na avaliação de clones de batata.

Os resultados apresentados indicam que técnicas baseadas na correlação entre parcelas próximas, como a de médias móveis e testemunha intercalar,

TABELA 5. Coeficientes de variação e herdabilidade (h^2) obtidos nas análises conjuntas dos delineamentos em látice e em blocos.

| Característica | Coeficiente de variação | | Herdabilidade | |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | Látice | Blocos aumentados | Látice | Blocos aumentados |
| Produção comercial | 0,28 | 0,24 | 0,55 | 0,72 |
| Tubérculos /parcela | 0,26 | 0,24 | 0,67 | 0,58 |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,21 | 0,27 | 0,52 | 0,37 |
| Matéria seca de tubérculos | 0,08 | 0,06 | 0,69 | 0,71 |

TABELA 6. Coeficientes de variação e herdabilidade (h^2) obtidos nas análises conjuntas do delineamento em látice, tomando a média móvel de 2 parcelas vizinhas como covariável adicional, e sua eficiência em relação às análises sem levar em conta a média móvel¹.

| Característica | Coeficiente de variação | Herdabilidade |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------|
| Produção comercial | 0,28 (100%) | 0,55 (101%) |
| Tubérculos/parcela | 0,24 (93%) | 0,67 (100%) |
| Peso médio de tubérculos comerciais | 0,21 (100%) | 0,51 (98%) |
| Matéria seca de tubérculos | 0,08 (99%) | 0,69 (99%) |

¹ Valores entre parênteses referem-se à razão entre as estimativas obtidas, utilizando e não utilizando a técnica de médias móveis.

não melhorariam, ou melhorariam pouco, a estimação de valores genotípicos de clones de batata. Com relação à escolha de um delineamento experimental, ela deve se basear na ponderação entre a quantidade de recursos disponíveis e o ganho com a seleção desejado. O delineamento em blocos aumentados demanda menor área experimental, menor quantidade de batata-semente por clone, e é mais flexível quanto ao planejamento e à colheita, pois materiais aberrantes poderiam ser descartados ainda no campo, uma vez que parcelas perdidas não dificultam a análise estatística. Os resultados observados mostram que as estimativas de herdabilidade nesse delineamento podem ter magnitudes comparáveis àquelas observadas em experimentos com repetições.

Assim, se a intensidade de seleção não for muito forte, o que é comum nos estágios iniciais de programas de melhoramento de batata, o delineamento em blocos aumentados deveria ser empregado, seja pela economia de recursos, seja pela possibilidade de avaliação de um número maior de clones. Em estágios mais avançados de programas de melhoramento, onde o número de clones é menor e a seleção mais intensa, delineamentos envolvendo repetições devem ser preferidos.

CONCLUSÕES

1. O delineamento em blocos aumentados pode ser utilizado como uma alternativa satisfatória ao látice, na avaliação de clones em um programa de

melhoramento de batata, em suas fases iniciais, quando a pressão de seleção não é muito forte.

2. As técnicas de médias móveis e de testemunha intercalar são de pouca eficiência na avaliação de clones de batata, por causa da baixa remoção de efeitos ambientais dos valores fenotípicos.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Adelson Francisco de Oliveira (CRSM-EPAMIG), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento desse estudo.

REFERÊNCIAS

- BARTLET, M.S. Nearest neighbour models in the analysis of field experiments. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, London, v.40, n.2, p.147-174, 1978.
- BARTLET, M.S. The approximate recovery of information from field experiments with large blocks. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.28, p.418-427, 1938.
- BEARZOTI, E. Comparação entre métodos estatísticos na avaliação de clones de batata em um programa de melhoramento. Lavras: ESAL, 1994. 128p. Tese de Mestrado.
- BROWN, J.; CALIGARI, P.D.S.; MACKAY, G.R.; SWAN, G.G.L. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.103, n.2, p.339-346, 1984.
- COCHRAN, W.G. Analysis of covariance: its nature and uses. *Biometrics*, Alexandria, v.13, n.3, p.261-281, Sept. 1957.
- FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. *Hawaiian Planters' Record*, v.55, n.2, p.191-208, 1956.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R.; VOLDENG, H.D.; GUILLEMETTE, R. Performance of randomized block designs in field experiments. *Agronomy Journal*, Madison, v.85, n.1, p.168-171, 1993.
- LOCKWOOD, G. Adjustment by neighboring plots in progeny trials with cocoa. *Experimental Agriculture, Cambridge*, v.16, n.1, p.81-89, 1980.
- MAK, C.; HARVEY, B.L.; BERDAHL, J.D. An evaluation of control plots and moving means for error control in barley nurseries. *Crop Science*, Madison, v.18, n.5, p.870-873, Sept./Oct. 1978.
- MALUF, W.R.; MIRANDA, J.E.C.; FERREIRA, P.E. Broad-sense heritabilities of root and vine traits in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) LAM.). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.6, n.3, p.443-451, set. 1983.
- PEARCE, S.C.; MOORE, C.S. Reduction of experimental error in perennial crops, using adjustment by neighbouring plots. *Experimental Agriculture*, Cambridge, v.12, n.3, p.267-272, 1976.
- ROSIELLE, A.A. Comparison of lattice designs, check plots, and moving means in wheat breeding trials. *Euphytica*, Wageningen, v.29, n.1, p.129-133, Feb. 1980.
- SHORTER, R.; BUTLER, D. Effect of moving mean covariance adjustments on error and genetic variance estimates and selection of superior lines in peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Euphytica*, Wageningen, v.35, n.1, p.185-192, Mar. 1986.
- SIEGEL, S. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York: McGraw-Hill, 1956. 312p.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.
- TAI, G.C.C. Effectiveness of visual selection for early clonal generation seedlings of potato. *Crop Science*, Madison, v.15, n.1, p.15-18, Jan./Feb. 1975.
- TOWNLEY-SMITH, T.F.; HURD, E.A. Use of moving means in wheat yield trials. *Canadian Journal of Plant Science*, Ottawa, v.55, p.447-450, 1973.
- VERMEER, H. Optimising potato breeding. I. The genotypic, environmental and genotype-environment coefficients of variation for tuber yield and other traits in potato (*Solanum tuberosum* L.) under different experimental conditions. *Euphytica*, Wageningen, v.49, n.3, p.229-236, Sept. 1990.
- WEINBAUM, S.A.; SHAW, D.V.; AZARI, R.; MURAOKA, T.T. Mass selection of walnut rootstocks using response surface methods to correct for environmental trends. *Euphytica*, Wageningen, v.46, n.3, p.227-235, Apr. 1990.
- YATES, F. A new method of arranging variety trials involving a large number of varieties. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.26, n.3, p.424-455, 1936.