

Estudos sobre tamanho de parcela em experimentos com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Anselmo Eloy Silveira Viana^{1*}, Tocio Sedyama², Sandro Correia Lopes¹, Paulo Roberto Cecon² e Antônio Alberto da Silva²

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, C.P. 95, 45083-900, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. ²Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, 36571-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência: e-mail: aviana@uesb.br

RESUMO. Com o objetivo de estimar o tamanho da parcela em experimentos com mandioca, foi realizado um ensaio de uniformidade, no Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Bahia. Foram empregados o método da máxima curvatura modificado e o método de Hatheway. Estimou-se, ainda, a diferença entre médias de tratamentos a ser detectada e o índice de heterogeneidade, que variou de 0,549 a 0,3222. A estimativa do tamanho da parcela variou com a metodologia empregada e com a característica analisada. O método da máxima curvatura modificado, especialmente em associação com a diferença entre médias a ser detectada, foi aquele que permitiu a obtenção de estimativas mais adequadas. Por essa metodologia, e considerando-se que a parcela ideal deve possibilitar a eficiente avaliação de todas as características analisadas neste experimento, o tamanho adequado de parcela encontrado foi de 15,02m² (26 plantas).

Palavras-chave: máxima curvatura, Hatheway, coeficiente de variação.

ABSTRACT. Study on plot size in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) experiments.

With the aim to estimate the plot size in cassava experiments, a uniformity assay was conducted at the campus of "Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia" in Vitória da Conquista, state of Bahia, Brazil. Modified maximum curvature method and Hatheway method were used. The difference to be detected among the treatment averages was also estimated as well as the heterogeneity index which varied from 0.549 to 0.3222. The estimate of the plot size changed with the methodology applied and the characteristic analyzed. Modified maximum curvature method specially in association with the difference to be detected among the averages was the one which allowed more adequate estimates. By applying this methodology and considering that the ideal plot would make possible an efficient evaluation of all the characteristics analyzed, the adequate plot size was found to be 15.02m² (26 plants).

Key words: maximum curvature, Hatheway, coefficient of variation.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), euforbiácea, originária da América Tropical, é um dos cultivos mais importantes para os trópicos (Cock, 1989). Suas raízes, empregadas na alimentação humana e na animal (Montaldo, 1991), representam a principal fonte de calorias para, aproximadamente, 600 milhões de pessoas que habitam países em desenvolvimento (Roca *et al.*, 1991).

Cultivada em pequenas propriedades, em diferentes regiões tropicais do mundo, a mandioca apresenta grande variabilidade genética (Bellotti e Kawano, 1983). Essa variabilidade, aliada à

desigualdade de vigor entre plantas provenientes de uma mesma variedade e de diferenças de produção por planta (Lozano *et al.*, 1977), têm dificultado o estabelecimento de um tamanho ótimo de parcela para experimentos de campo com essa cultura.

No Brasil, segundo maior produtor de mandioca do mundo (FAO, 2002), trabalhos de pesquisa, em campo, com essa cultura, são feitos em ambientes bastante diversos. Muitas vezes, a heterogeneidade das condições locais tem levado à obtenção de erros experimentais elevados, o que dificulta a comprovação estatística de diferenças entre os tratamentos avaliados.

A adoção de um tamanho de parcela adequado é uma das maneiras de reduzir o erro experimental.

Esse tamanho ótimo da parcela é muitas vezes recomendado por meio de estudos empíricos feitos para uma região ou cultura específica. Porém, do ponto de vista estatístico, essa prática não é a melhor, já que o tamanho ótimo da parcela depende da heterogeneidade do local experimental (Lin *et al.*, 1996).

A comparação eficiente de diferentes tratamentos, em experimentos de campo, depende da precisão experimental que, por sua vez, está ligada ao número de repetições. Quando a magnitude da diferença a ser detectada é pequena, ou o erro experimental é grande, o número ideal de repetições pode ser muito elevado para os recursos disponíveis, sendo necessário pesquisar outras maneiras de aumentar a precisão, como a mudança do tamanho da parcela (Lin e Binns, 1984).

Para Durner (1989), o tamanho da parcela é de grande importância em experimentos de campo. Parcelas pequenas aumentam o número de repetições, mas parcelas grandes têm menor variância e são estatisticamente mais desejáveis. Hatheway e Williams (1958) afirmam que o tamanho ideal da parcela depende da relação entre os custos fixos e os custos que variam com as parcelas, e da variabilidade do solo. Para Vallejo e Mendoza (1992), o tamanho ótimo da parcela depende da natureza do material experimental, do delineamento adotado, do número de repetições e da disponibilidade de recursos.

De acordo com Cobo Munoz (1992), o tamanho e a forma da parcela, a heterogeneidade do solo e o coeficiente de variação são os fatores que mais influenciam a estimativa da produção, em experimentos de campo. A variabilidade decresce com o aumento do tamanho da parcela; entretanto, a taxa de decréscimo da variabilidade diminui com o aumento do tamanho da parcela, ocorrendo, paralelamente, grande aumento nos custos. O tamanho ótimo da parcela deve equilibrar precisão e custos (Zhang *et al.*, 1994).

Segundo Le Clerg (1967), as principais fontes de variação em experimentos de campo são a heterogeneidade do solo e a variabilidade genética do material experimental. São necessários parcelas maiores, em áreas experimentais heterogêneas, enquanto áreas homogêneas permitem o uso de parcelas de menor tamanho (Storck e Uitdewilligen, 1980).

Para Steel e Torrie (1980), a característica de todo material experimental é a variação, que apresenta duas fontes: aquela que é inerente à variabilidade existente no material experimental no qual os tratamentos foram aplicados, e a variação que

resulta da falta de uniformidade do meio onde o experimento é conduzido. De modo geral, parcelas grandes apresentam menor variação que parcelas menores.

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho adequado da parcela, para avaliação de produção de raízes tuberosas e outras características, em experimentos com mandioca.

Material e métodos

Foi conduzido um ensaio de uniformidade na Área Experimental do Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Vitória da Conquista, Estado da Bahia, município que apresenta médias das temperaturas máxima e mínima do ar, respectivamente, de 25,3°C e de 16,1°C, com precipitação média anual de 733,9mm, sendo o maior nível encontrado de novembro a março. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Álico A moderado, relevo plano. A análise química do solo revelou pH em água: 4,6; P: 1,0mg/dm³; K⁺: 0,2cmol_e/dm³; Al³: 0,4cmol_e/dm³; Ca²: 1,3cmol_e/dm³; Mg²: 0,8cmol_e/dm³; H⁺ + Al³⁺: 3,4cmol_e/dm³; S.B.cmol_e/dm³: 2,3; m: 15,0%; V: 40,0%; C.T.C. Total: 5,7cmol_e/dm³.

Utilizou-se a cultivar de mandioca conhecida regionalmente como Platinão, cujas plantas apresentam hastes de coloração cinza-clara, com presença de ramificações, broto terminal de cor verde e pecíolo com coloração rósea na base, e verde na extremidade próxima ao limbo foliar. As raízes tuberosas apresentam película suberosa de cor creme, pouco rugosa, córtex e polpa brancos, notando-se a presença de pedúnculo e a ausência de cintas. Essa variedade é explorada principalmente para a produção de farinha e extração de amido.

O solo da área experimental foi arado e gradeado e, em seguida, os sulcos, espaçados de 1m, foram abertos com trator. As manivas utilizadas no plantio foram obtidas de plantas sadias, com idade aproximada de 18 meses e plantadas logo após a coleta, distribuídas a cada 60cm dentro de cada sulco.

A seleção do material de plantio foi rigorosa, visando eliminar possíveis interferências no desenvolvimento das plantas. Foram usadas manivas, provenientes do terço médio da planta, com 20cm de comprimento e aproximadamente 2cm de diâmetro e cinco a sete nós. O corte foi reto, em ambas as extremidades, tendo-se ainda o cuidado de não usar apoio nesse procedimento.

Efetuuou-se o plantio em dezembro de 1995. No decorrer do experimento, os tratos culturais foram

restritos às capinas e ao controle de formigas, feitos sempre que necessário. Aos trinta dias após a brotação, foi feito o replantio. Não foram feitas calagem e adubação.

O ensaio de uniformidade foi formado de 24 fileiras, com 96 plantas em cada fileira, numa área total de 1.382,4m². Na colheita, as plantas foram agrupadas em conjuntos de forma retangular, com 4 unidades, denominados unidades básicas (ub), de cuja combinação foram formados os diferentes tamanhos de parcela analisados, denominados repetições (R), blocos (Bl), parcelas (P), subparcelas (SP), subsubparcelas (SSP) e subsubsubparcelas (SSSP) (Tabela 1).

A análise estatística foi feita de acordo com o critério de classificação hierárquica, simulando um experimento em parcelas subsubsubdivididas (Vallejo e Mendoza, 1992) (Tabela 2). Considerou-se um modelo estatístico aleatório.

$$\begin{aligned} \hat{V}_1 &= \hat{V}_1 \\ \hat{V}_2 &= \frac{[f(e-1)\hat{V}_2 + (f-1)\hat{V}_1]}{(ef-1)} \\ \hat{V}_3 &= \frac{[ef(d-1)\hat{V}_3 + f(e-1)\hat{V}_2 + (f-1)\hat{V}_1]}{(def-1)} \\ \hat{V}_4 &= \frac{[def(c-1)\hat{V}_4 + ef(d-1)\hat{V}_3 + f(e-1)\hat{V}_2 + (f-1)\hat{V}_1]}{(cdef-1)} \\ \hat{V}_5 &= \frac{[cdef(b-1)\hat{V}_5 + def(c-1)\hat{V}_4 + ef(d-1)\hat{V}_3 + f(e-1)\hat{V}_2 + (f-1)\hat{V}_1]}{(bcdef-1)} \\ \hat{V}_6 &= \frac{[bcdef(a-1)\hat{V}_6 + cdef(b-1)\hat{V}_5 + def(c-1)\hat{V}_4 + ef(d-1)\hat{V}_3 + f(e-1)\hat{V}_2 + (f-1)\hat{V}_1]}{(abcdef-1)} \end{aligned}$$

sendo

\hat{V} = variância original;

\hat{V}' = variância corrigida;

a = número de subsubsubparcelas em cada subsubparcela;

b = número de subsubparcelas em cada subparcelas;

c = número de subparcelas em cada parcela;

d = número de parcelas em cada bloco;

e = número de blocos em cada repetição; e

f = número de repetições.

Tabela 1. Área de cada parcela, número de parcelas, número de unidades básicas e número de plantas, no ensaio de uniformidade. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1998

Tamanho de parcela	Área (m2)	Nº de parcelas	Nº de ub	Nº de plantas
R	345,6	4	144	576
Bl	86,4	16	36	144
P	28,8	48	12	48
SP	14,4	96	6	24
SSP	7,2	192	3	12
SSSP	2,4	576	1	4

Foram avaliados altura de plantas, medida desde o nível do solo até a brotação mais alta; peso da parte aérea e peso de raízes tuberosas. Determinou-se, também, a porcentagem de matéria seca pelo método da balança hidrostática (Grossmann e Freitas, 1950).

Calculadas as variâncias para cada tamanho de parcela, as mesmas foram reduzidas em relação a uma subsubsubparcela (Hatheway e Williams, 1958), em ordem hierárquica:

Tabela 2. Esquema de análise de variância do experimento, segundo Critério de Classificação Hierárquica

FV	GL	SQ	QM	E[QM]
R	(f-1)	S ₁	V ₁	$\sigma_{SSSP}^2 + f\sigma_{SSP}^2 + ef\sigma_{SP}^2 + def\sigma_P^2 + cdef\sigma_{Bl}^2 + bcdef\sigma_R^2$
Bl/R	f(e-1)	S ₂	V ₂	$\sigma_{SSSP}^2 + f\sigma_{SSP}^2 + ef\sigma_{SP}^2 + def\sigma_P^2 + cdef\sigma_{Bl}^2$
P/Bl	ef(d-1)	S ₃	V ₃	$\sigma_{SSSP}^2 + f\sigma_{SSP}^2 + ef\sigma_{SP}^2 + def\sigma_P^2$
SP/P	def(c-1)	S ₄	V ₄	$\sigma_{SSSP}^2 + f\sigma_{SSP}^2 + ef\sigma_{SP}^2$
SSP/SP	cdef(b-1)	S ₅	V ₅	$\sigma_{SSSP}^2 + f\sigma_{SSP}^2$
SSSP/SSP	bcdef(a-1)	S ₆	V ₆	σ_{SSSP}^2

Vários são os métodos empregados para estimar o tamanho da parcela experimental, a maioria deles com a utilização de ensaios de uniformidade, a partir dos quais são calculados a variância e o coeficiente de variação para as diferentes dimensões de parcela avaliadas.

Um dos primeiros a ser usado para determinar o tamanho ótimo de parcelas para experimentos em campo com várias culturas foi o método da máxima curvatura. Por esse método, um experimento de uniformidade, ou determinada área, é colhida, em unidades básicas, as quais são combinadas para formar parcelas experimentais de vários tamanhos. Obtidos os coeficientes de variação, para cada tamanho de parcela, esses são representados graficamente contra o tamanho de cada parcela avaliada. O tamanho ótimo da parcela é determinado visualmente, correspondendo ao ponto de máxima curvatura (Federer, 1955).

O aperfeiçoamento do método da máxima curvatura, chamado de Método da Máxima Curvatura Modificado, foi desenvolvido por Lessman e Atkins (1963), que estabeleceram uma função do tipo $Y = a/x^b$, para explicar a relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela, permitindo que o ponto que corresponde ao tamanho ótimo da parcela fosse determinado algebricamente, dando maior precisão aos resultados obtidos.

Neste trabalho, usou-se a função $CV = aX^b$, em que o valor da abscissa, no ponto de curvatura máxima, é dado pela seguinte fórmula (Chaves, 1985), deduzida a partir de Meier e Lessman (1971):

$$X_{MC} = \frac{[a^2 b^2 (2b - 1)]^{\frac{1}{(2-2b)}}}{(b - 2)}$$

sendo

X_{MC} = valor da abscissa correspondente ao ponto de máxima curvatura;

a = constante da regressão; e

b = coeficiente de regressão.

Neste trabalho utilizou-se a metodologia proposta por Hatheway (1961), a partir da combinação da fórmula para determinar o número de repetições, desenvolvida por Cochran e Cox (1957), com o índice de heterogeneidade de Smith (1938), em que a determinação do tamanho ideal de parcela é feita em função do número de repetições, o número de tratamentos, o coeficiente de variação e a diferença entre médias a ser detectada:

$$X^b = \frac{2(t_1 + t_2)^2 CV^2}{r}$$

sendo

X = tamanho da parcela;

b = índice de heterogeneidade;

CV = coeficiente de variação (%);

r = número de repetições;

d = diferença entre médias a ser detectada (%);

t_1 = valor de tabela "t" de Student, correspondente ao nível de significância α ; e

t_2 = valor de tabela "t" de Student correspondente a $2(1-P)$, em que P é a probabilidade de se obter um resultado significativo, considerando-se o α nível adotado acima.

Neste trabalho, foram simulados diferentes combinações de número de repetições (4, 5, 6 e 7), número de tratamentos (5, 10 e 15), coeficientes de variação (7, 10, 14, 18 e 21), e diferença entre médias a ser detectada (10, 20 e 30), sempre para um delineamento em blocos casualizados. Considerou-se para determinar o valor t_1 , $\alpha=5\%$, e para determinar t_2 , $P=0,80$.

A estimativa da verdadeira diferença entre médias de tratamentos que pode ser detectada, em um dado experimento, foi calculada de acordo com o procedimento proposto por Hatheway (1961):

$$d = \sqrt{\frac{2(t_1 + t_2)^2 CV^2}{rx^b}}$$

O índice de heterogeneidade foi obtido, determinando-se uma regressão linear simples, entre o logaritmo da variância de cada tamanho de parcela e o logaritmo do tamanho da parcela, em unidades básicas. Nessa equação, o coeficiente de regressão estima o índice de heterogeneidade, de acordo com Smith (1938), que demonstrou que a relação entre o logaritmo da variância da parcela e o logaritmo do tamanho da parcela é linear, podendo ser descrita pela seguinte equação:

$$\log Vx = \log V_1 - b \log x,$$

sendo

Vx = variância entre parcelas de x unidades básicas;

V_1 = variância entre parcelas de tamanho igual a uma unidade básica;

b = coeficiente de regressão (índice de heterogeneidade); e

x = tamanho da parcela em unidades básicas.

Resultados e discussão

Na Figura 1, observa-se que as estimativas de tamanho ótimo de parcela obtidas pelo método da máxima curvatura modificado foram de 5,33 unidades básicas (aproximadamente 21 plantas ou 12,80m²) para a produção de raízes tuberosas; 6,26

unidades básicas (aproximadamente 25 plantas ou 15,0m²) para peso da parte aérea; três unidades básicas (12 plantas ou 7,2m²) para altura de plantas e 1,68 unidades básicas (aproximadamente 7 plantas ou 4,0m²) para porcentagem de matéria seca.

O método da máxima curvatura modificado, ao estabelecer uma equação de regressão para explicar a relação existente entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcela, permite que sejam feitas estimativas de tamanho de parcela, nos intervalos entre as unidades básicas predeterminadas, e, no presente trabalho, apresentou elevada precisão, uma vez que os valores de r^2 obtidos foram de 0,99.

O índice de heterogeneidade (Smith, 1938), geralmente varia entre 0 (zero) e 1(um). Valores próximos a zero indicam alta correlação entre parcelas vizinhas, enquanto valores próximos à unidade mostram que as parcelas vizinhas apresentam baixa correlação.

Para as características avaliadas (Figura 2), observa-se que o peso da parte aérea apresentou maior valor de b , em termos absolutos, enquanto o menor valor para esse índice foi obtido para altura de plantas.

Os valores de b , determinados anteriormente, foram utilizados para estimar a diferença entre médias de tratamentos a ser detectada (d), para cada tamanho de parcela, determinado pelo método da máxima curvatura modificado. Os coeficientes de variação foram estimados a partir das equações de regressão para cada característica (Tabela 3).

Observa-se, pela Tabela 4, que, para produção de raízes tuberosas, peso da parte aérea, altura de plantas e porcentagem de matéria seca, o aumento do número de repetições foi mais eficiente em diminuir os valores de d , aumentando a precisão dessas comparações, do que o aumento do número de tratamentos.

O tamanho da parcela, estimado pelo Método de Hatheway, para produção de raízes tuberosas, peso da parte aérea, porcentagem de matéria seca e altura de plantas (Tabelas 5, 6, 7 e 8), aumentou com os acréscimos no coeficiente de variação (CV) e diminuiu com os acréscimos na diferença entre médias a ser detectada (d), número de repetições e número de tratamentos.

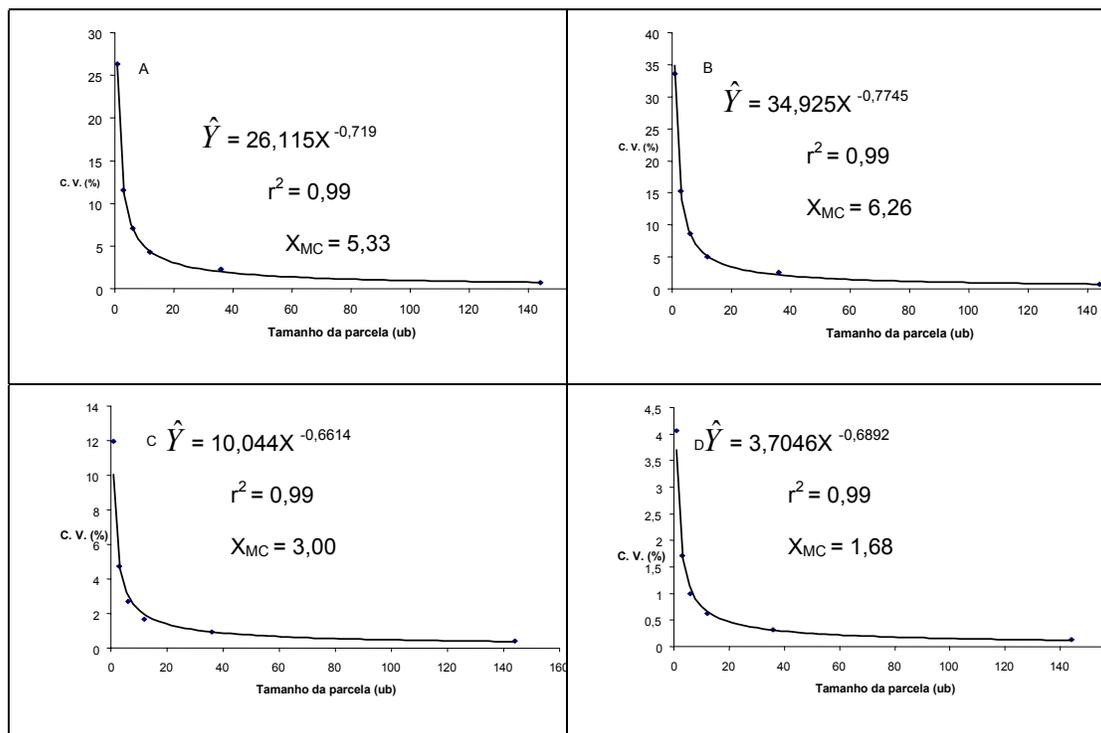


Figura 1. Relação entre coeficiente de variação (CV) e tamanho da parcela, e valor da abscissa no ponto de máxima curvatura (X_{MC}) para as características produção de raízes tuberosas (A), peso da parte aérea (B), altura de plantas (C) e porcentagem de matéria seca (E). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

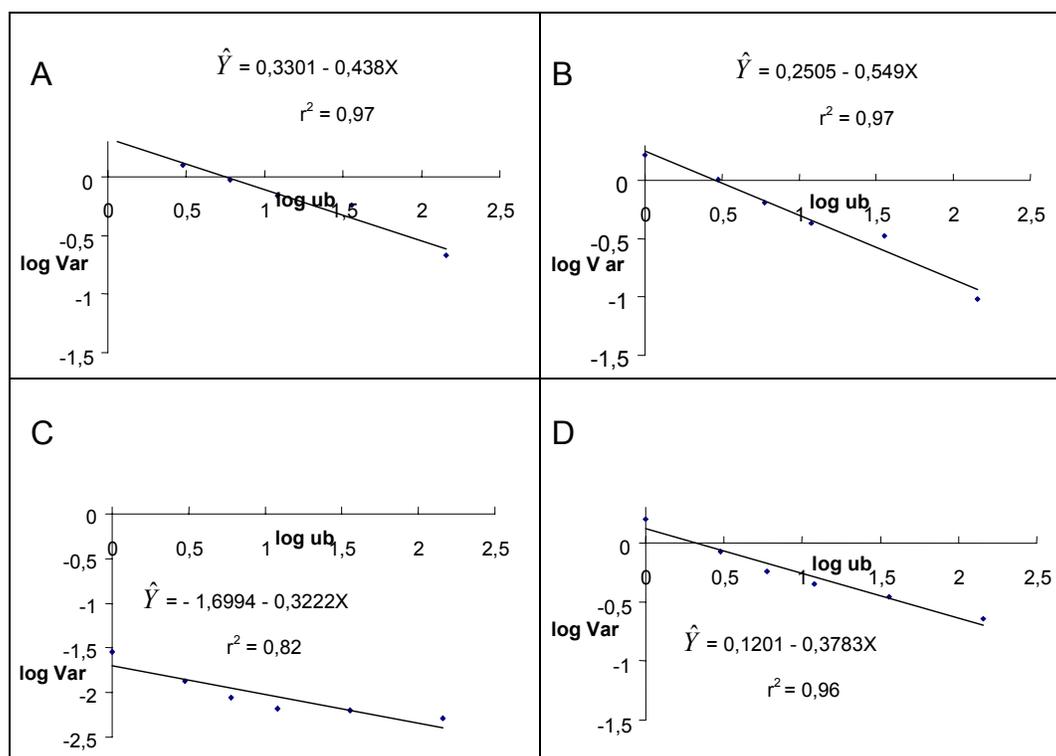


Figura 2. Equações de regressão entre logaritmo da variância e logaritmo do tamanho da parcela, em unidades básicas, para as características produção de raízes tuberosas (A), peso da parte aérea (B), altura de plantas (C) e porcentagem de matéria seca (D). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997.

Tabela 3. Estimativas de tamanho de parcela, pelo método da máxima curvatura modificado, em unidades básicas (X_{ub}), índice de heterogeneidade (b) e coeficientes de variação (CV). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

	X_{ub}	b	CV(%)
Produção de raízes tuberosas	5,33	0,4380	7,84
Peso da parte aérea	6,26	0,5490	8,43
Altura de plantas	3,00	0,3222	4,86
Porcentagem de matéria seca	1,68	0,3783	2,59

O coeficiente de variação foi o fator que mais influenciou o tamanho da parcela. Valores de CV iguais a 7% resultaram em parcelas muito pequenas, e valores de CV de 18% e 21% levaram a parcelas muito grandes, ambos de difícil aplicação prática.

Coefficientes de variação de 10%, principalmente com valores de d de 15%, e coeficientes de variação de 14%, com valores de d de 20% e 25%, levaram a parcelas cujas dimensões permitem seu uso em experimentos, sem maiores restrições.

A influência do número de repetições, sobre o tamanho da parcela, foi maior que a influência do número de tratamentos. O aumento do número de tratamentos de 5 para 10 ou 15 não levou à redução

significativa do tamanho da parcela, enquanto que o uso de 5, 6 ou 7 repetições demonstrou diminuir bastante as dimensões das parcelas.

Tabela 4. Estimativa de diferença (%) entre médias a ser detectada para várias combinações de número de repetições e número de tratamentos. Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

Tratamentos	Repetições			
	4	5	6	7
	Produção de raízes tuberosas			
5	11,73	10,26	9,24	8,49
10	11,17	9,90	8,99	8,29
15	11,02	9,80	8,91	8,24
	Peso da parte aérea			
5	11,00	9,62	8,67	7,96
10	10,47	9,28	8,43	7,77
15	10,34	9,19	8,36	7,72
	Altura de plantas			
5	8,79	7,69	6,93	6,36
10	8,37	7,42	6,73	6,21
15	8,26	7,34	6,68	6,17
	Porcentagem de matéria seca			
5	5,07	4,43	3,99	3,67
10	4,83	4,28	3,88	3,58
15	4,76	4,24	3,85	3,56

Tabela 5. Estimativas do tamanho da parcela, em unidades básicas, para avaliação de produção de raízes tuberosas de plantas de mandioca, segundo metodologia proposta por Hatheway (1961), para várias combinações de coeficiente de variação (CV%), diferença a ser detectada entre médias (*d*%), número de repetições (R) e número de tratamentos (T). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

R	T	CV = 7			CV = 10			CV = 14			CV = 18			CV = 21		
		<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
4	5	1,03	0,28	0,10	5,26	1,42	0,51	24,47	6,58	2,37	77,09	20,72	7,48	155,83	41,90	15,12
	10	0,83	0,22	0,08	4,22	1,13	0,41	19,59	5,27	1,90	61,72	16,59	5,99	124,78	33,55	12,11
	15	0,78	0,21	0,08	3,97	1,07	0,39	18,44	4,96	1,79	58,11	15,62	5,64	117,46	31,58	11,40
5	5	0,56	0,15	0,05	2,86	0,77	0,28	13,28	3,57	1,29	41,85	11,25	4,06	84,60	22,75	8,21
	10	0,48	0,13	0,05	2,43	0,65	0,24	11,28	3,03	1,09	35,54	9,55	3,45	71,84	19,31	6,97
	15	0,46	0,12	0,04	2,32	0,62	0,23	10,79	2,90	1,05	33,99	9,14	3,30	68,71	18,47	6,67
6	5	0,35	0,09	0,03	1,78	0,48	0,17	8,25	2,22	0,80	25,99	6,99	2,52	52,55	14,13	5,10
	10	0,31	0,08	0,03	1,56	0,42	0,15	7,25	1,95	0,70	22,85	6,14	2,22	46,19	12,42	4,48
	15	0,30	0,08	0,03	1,50	0,40	0,15	6,99	1,88	0,68	22,02	5,92	2,14	44,52	11,97	4,32
7	5	0,24	0,06	0,02	1,20	0,32	0,12	5,58	1,50	0,54	17,58	4,73	1,71	35,55	9,56	3,45
	10	0,21	0,06	0,02	1,08	0,29	0,10	5,02	1,35	0,49	15,82	4,25	1,53	31,97	8,60	3,10
	15	0,21	0,06	0,02	1,05	0,28	0,10	4,87	1,31	0,47	15,34	4,12	1,49	31,00	8,33	3,01

Tabela 6. Estimativas do tamanho da parcela, em unidades básicas, para avaliação de peso da parte aérea em plantas de mandioca, segundo metodologia proposta por Hatheway (1961), para várias combinações de coeficiente de variação (CV%), diferença a ser detectada entre médias (*d*%), número de repetições (R) e número de tratamentos (T). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

R	T	CV=7			CV=10			CV=14			CV=18			CV=21		
		<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>			<i>d</i>		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
4	5	1,03	0,36	0,16	3,76	1,32	0,59	12,82	4,49	1,99	32,02	11,23	4,98	56,14	19,68	8,73
	10	0,86	0,30	0,13	3,15	1,10	0,49	10,73	3,76	1,67	26,82	9,40	4,17	47,02	16,49	7,31
	15	0,82	0,29	0,13	3,00	1,05	0,47	10,23	3,59	1,59	25,55	8,96	3,97	44,80	15,71	6,97
5	5	0,63	0,22	0,10	2,31	0,81	0,36	7,87	2,76	1,22	19,67	6,90	3,06	34,48	12,09	5,36
	10	0,55	0,19	0,09	2,03	0,71	0,32	6,91	2,42	1,07	17,26	6,05	2,69	30,27	10,61	4,71
	15	0,53	0,19	0,08	1,96	0,69	0,30	6,67	2,34	1,04	16,66	5,84	2,59	29,21	10,24	4,54
6	5	0,43	0,15	0,07	1,58	0,55	0,25	5,38	1,89	0,84	13,45	4,72	2,09	23,58	8,27	3,67
	10	0,39	0,14	0,06	1,43	0,50	0,22	4,86	1,70	0,76	12,14	4,26	1,89	21,28	7,46	3,31
	15	0,38	0,13	0,06	1,38	0,49	0,22	4,72	1,65	0,73	11,78	4,13	1,83	20,66	7,25	3,21
7	5	0,32	0,11	0,05	1,16	0,41	0,18	3,94	1,38	0,61	9,85	3,45	1,53	17,27	6,05	2,69
	10	0,29	0,10	0,05	1,06	0,37	0,17	3,62	1,27	0,56	9,05	3,17	1,41	15,87	5,56	2,47
	15	0,28	0,10	0,04	1,04	0,36	0,16	3,53	1,24	0,55	8,83	3,10	1,37	15,48	5,43	2,41

Na Tabela 7 encontram-se as estimativas do tamanho das parcelas, para avaliação de porcentagem de matéria seca em raízes tuberosas. Observa-se que para CV igual a 7% os tamanhos de parcelas estimados são muito pequenos, não apresentando aplicação prática. Coeficientes de variação de 14%, 18% ou 21% resultaram em parcelas muito grandes, principalmente quando a diferença entre médias a ser detectada (*d*) é pequena, e o número de repetições é baixo.

Na determinação de altura de plantas, observa-se que (Tabela 8), CV de 14%, 18% ou 21% levam a parcelas muito grandes, com até 3.775 plantas, especialmente quando a diferença entre médias a ser detectada (*d*) e o número de repetições são pequenos. As estimativas de tamanho de parcelas obtidas com CV de 7%, de maneira oposta, são muito pequenas, algumas inferiores a uma planta.

As informações sobre tamanho adequado de parcela em experimentos com mandioca são escassas e variáveis, principalmente considerando-se trabalhos realizados no Brasil ou em regiões semi-áridas.

As estimativas das parcelas aqui obtidas estão próximas dos valores encontrados na literatura: 5 a 80m² (Monzón *et al.*, 1977, citados por Tineo e Villasmil, 1988), 50m² (Sinthuprama *et al.*, 1973) e 9,6m² (Bueno e Gomes, 1983).

O método da máxima curvatura modificado tem a vantagem de estabelecer uma equação de regressão que normalmente apresenta altos valores de coeficiente de determinação, para encontrar o tamanho adequado de parcela, aumentando a confiabilidade das estimativas. A esse método pode ser associada a determinação da diferença entre médias a ser detectada, fornecendo mais essa informação, importante para planejamento de experimentos.

Tabela 7. Estimativas do tamanho da parcela, em unidades básicas, para avaliação de porcentagem de matéria seca, em raízes tuberosas de plantas de mandioca, segundo metodologia proposta por Hatheway (1961), para várias combinações de coeficiente de variação (CV%), diferença a ser detectada entre médias ($d\%$), número de repetições (R) e número de tratamentos (t). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

R	T	CV=7			CV=10			CV=14			CV=18			CV=21		
		d			d			d			d			d		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
4	5	1,04	0,23	0,07	6,84	1,50	0,46	40,53	8,86	2,72	153,05	33,44	10,28	345,77	75,55	23,22
	10	0,80	0,18	0,05	5,29	1,16	0,36	31,34	6,85	2,10	118,33	25,85	7,95	267,31	58,41	17,95
	15	0,75	0,16	0,05	4,93	1,08	0,33	29,22	6,38	1,96	110,33	24,11	7,41	249,26	54,46	16,74
5	5	0,51	0,11	0,03	3,37	0,74	0,23	19,98	4,37	1,34	75,46	16,49	5,07	170,47	37,25	11,45
	10	0,42	0,09	0,03	2,79	0,61	0,19	16,54	3,61	1,11	62,44	13,64	4,19	141,06	30,82	9,47
	15	0,40	0,09	0,03	2,65	0,58	0,18	15,70	3,43	1,05	59,30	12,96	3,98	133,96	29,27	9,00
6	5	0,29	0,06	0,02	1,94	0,42	0,13	11,51	2,52	0,77	43,47	9,50	2,92	98,20	21,46	6,60
	10	0,25	0,06	0,02	1,67	0,37	0,11	9,92	2,17	0,67	37,44	8,18	2,51	84,59	18,48	5,68
	15	0,24	0,05	0,02	1,60	0,35	0,11	9,50	2,08	0,64	35,88	7,84	2,41	81,06	17,71	5,44
7	5	0,19	0,04	0,01	1,24	0,27	0,08	7,32	1,60	0,49	27,65	6,04	1,86	62,46	13,65	4,19
	10	0,17	0,04	0,01	1,09	0,24	0,07	6,48	1,42	0,43	24,45	5,34	1,64	55,25	12,07	3,71
	15	0,16	0,03	0,01	1,05	0,23	0,07	6,25	1,37	0,42	23,60	5,16	1,58	53,31	11,65	3,58

Tabela 8. Estimativas do tamanho da parcela, em unidades básicas, para avaliação de altura de plantas de mandioca, segundo metodologia proposta por Hatheway (1961), para várias combinações de coeficiente de variação (CV%), diferença a ser detectada entre médias ($d\%$), número de repetições (R) e número de tratamentos (t). Vitória da Conquista, Estado da Bahia, 1997

R	T	CV=7			CV=10			CV=14			CV=18			CV=21		
		d			d			d			d			d		
		15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25
4	5	1,04	0,18	0,04	9,52	1,60	0,40	76,55	12,88	3,23	363,19	61,11	15,34	943,78	158,80	39,86
	10	0,77	0,13	0,03	7,04	1,19	0,30	56,62	9,53	2,39	268,64	45,20	11,34	698,09	117,46	29,48
	15	0,71	0,12	0,03	6,49	1,09	0,27	52,17	8,78	2,20	247,50	41,65	10,45	643,16	108,22	27,16
5	5	0,46	0,08	0,02	4,16	0,70	0,18	33,42	5,62	1,41	158,57	26,68	6,70	412,06	69,34	17,40
	10	0,37	0,06	0,02	3,33	0,56	0,14	26,77	4,51	1,13	127,02	21,37	5,36	330,08	55,54	13,94
	15	0,34	0,06	0,01	3,13	0,53	0,13	25,20	4,24	1,06	119,56	20,12	5,05	310,69	52,28	13,12
6	5	0,24	0,04	0,01	2,18	0,37	0,09	17,52	2,95	0,74	83,09	13,98	3,51	215,93	36,33	9,12
	10	0,20	0,03	0,01	1,83	0,31	0,08	14,70	2,47	0,62	69,76	11,74	2,95	181,29	30,50	7,66
	15	0,19	0,03	0,01	1,74	0,29	0,07	13,99	2,35	0,59	66,36	11,17	2,80	172,45	29,02	7,28
7	5	0,14	0,02	0,01	1,28	0,22	0,05	10,31	1,73	0,44	48,90	8,23	2,06	127,06	21,38	5,37
	10	0,12	0,02	0,01	1,11	0,19	0,05	8,93	1,50	0,38	42,35	7,13	1,79	110,05	18,52	4,65
	15	0,12	0,02	0,00	1,06	0,18	0,04	8,56	1,44	0,36	40,61	6,83	1,72	105,54	17,76	4,46

A metodologia de determinação de tamanho de parcela, desenvolvida por Hatheway (1961), leva em consideração mais informações que o método da máxima curvatura modificado, permitindo determinar o tamanho adequado de parcela, para diferentes combinações de coeficientes de variação, diferença entre médias, a ser detectada (d), número de repetições e número de tratamentos.

No presente trabalho, entretanto, essa metodologia estimou, em alguns casos, parcelas muito grandes, algumas com mais de 3.700 plantas, e outras pequenas demais, com menos de uma planta. Essas estimativas variaram principalmente em função dos valores de coeficiente de variação e diferença entre médias a ser detectada. Esse fato foi observado por Oliveira (1976), que ressaltou a importância da relação $(CV/d)^2$, na metodologia proposta por

Hatheway (1961). Segundo esse autor, quando a relação é muito grande ou muito pequena, conduz a tamanhos de parcela extremamente grandes ou pequenos, respectivamente.

A associação do método da máxima curvatura modificado com a determinação das diferenças entre médias a ser detectadas, apresentou as mesmas vantagens da metodologia proposta por Hatheway (1961) e forneceu estimativas de tamanho de parcela mais adequadas às condições em que o experimento foi desenvolvido.

Em experimentos com mandioca, geralmente as características aqui consideradas são analisadas, sendo, portanto, necessário escolher uma parcela que permita a adequada avaliação de todas elas. Assim, o tamanho adequado de parcela deve ser de $15,02m^2$, com aproximadamente 25 plantas úteis, tomando-se

como base a avaliação de peso da parte aérea, que exigiu parcelas de maior tamanho.

Referências

- BELLOTTI, A.C.; KAWANO, K. Mejoramiento para resistencia varietal en el cultivo de la yuca. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. *Yuca, control integrado de plagas*. Cali, Colombia: CIAT/PNUD. p. 171-194. 1983.
- BUENO, A.; GOMES, F.P. Estimativa do tamanho de parcela em experimento de mandioca. *Revista Brasileira de Mandioca*, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 39-44, 1983.
- CHAVES, L. J. *Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (Zea mays L.)*. 1985, Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.
- COBO MUNOZ, M. Trials with perennial tropical crops in commercial fields in 1971-1989. *Revista de la Facultad de Agronomía da Universidad Central de Venezuela*, v.18, n.1, p.133-158, 1992.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. *Experimental designs*. New York, John Wiley & Sons, 1957.
- COCK, J.H. *La Yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1989.
- DURNER, E.F. OPS: a computer program for estimating optimum plot size for field research. *Hortscience*, Alexandria, v. 24, n.6, p. 1040, 1989.
- FAO. *Faostat database gateway*. 2002. Disponível em [http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl? Production.Crops.Primary&Domain=SU](http://apps.fao.org/lim500/nph-wrap.pl?Production.Crops.Primary&Domain=SU). Acesso em: 12 de dezembro de 2002.
- FEDERER, W.T. *Experimental design*. New York: McMillan, Company. 1955.
- GROSSMANN, J.; FREITAS, A. C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. *Revista Agrônômica*, Porto Alegre, v. 160/162, n.4, p. 75-80, 1950.
- HATHEWAY, W.H. Convenient plot size. *Agron. J.*, Madison, v. 53, p. 279-80, 1961.
- HATHEWAY, W.H.; WILLIAMS, E.J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. *Biometrics*, Washington, D.C., v. 14, p.207-222, 1958.
- LE CLERG, E.L. Significance of experimental design in plant breeding. In: FREY, K.J. (Ed.). *Plant breeding symposium*. Ames: Iowa State University Press, 1967. p. 243-313.
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. *Crop. Sci.*, Cambridge, v. 3, n.5, p. 477-481, 1963.
- LIN, C.S.; BINNS, M.R. Working rules for determining the plot size and numbers of plots per block in field experiments. *J. Agric. Sci.*, Madison, v. 103, p.11-15, 1984.
- LIN, C.S. *et al.* Persistence of a field heterogeneity index. *Can. J. Plant Sci.* Ottawa, v. 76, p.245-250, 1996.
- LOZANO, J.C. *et al.* *Produção de material de plantio de mandioca*. Cali, Colombia: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 28 p. 1977. (Série GP, 17).
- MEIER, V.D.; LESSMAN, K.J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. *Crop Sci.*, Madison, v.11, p. 648-650, 1971.
- MONTALDO, A. *Cultivo de raices e tubérculos tropicales*. São José, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 1991.
- OLIVEIRA, R. P. de. *Estudo comparativo de alguns métodos de estimação do tamanho adequado de parcelas experimentais*. 1976. Dissertação. (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, 1976.
- ROCA, W. M. *et al.* Eliminación de virus e propagación de clones en la yuca (*M. esculenta* Crantz). In: ROCA, W. M.; MROGINSKI, L. A. (Ed.). *Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1991. p.403-420.
- SINTHUPRAMA, S. *et al.* Study on plot size and plot shape for cassava experiments. *Progress Report of 1973*, Thailand Department of Agriculture. p. 262-269.
- SMITH, H. F. A empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, v. 28, p.1-23, 1938.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics*. 2. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980.
- STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W. P. M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 269-282, 1980.
- TINEO, J. R.; VILLASMIL, J. J. Determinación del tamaño optimo de parcela experimental en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela)*, v. 7, n. 2, p. 116-126, 1988.
- VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweetpotato yield trials. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, Alexandria, v. 117, n.3, p. 508-511, 1992.
- ZHANG, R. *et al.* Heterogeneity, plot shape effect and optimum plot size. *Geoderma*, Amsterdam, v. 62, p.183-197, 1994.

Received on January 08, 2003.

Accepted on June 16, 2003.