TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS PARA EXPERIMENTAÇÃO COM SERINGUEIRA[1]

FREDERICO PIMENTEL-GOMES[2], ADROALDO GUIMARÃES ROSSETTI[3]
e ROSEMARY MORAES FERREIRA VIÉGAS[4]

RESUMO - O estudo matemático-estatístico do problema do tamanho ótimo de parcelas de experimentos de seringueira, através da metodologia do coeficiente de correlação intraclasse (ρ), foi feito com a utilização de dados de quatro experimentos brasileiros, um realizado no Pará, e três no Amazonas. Na metodologia aplicada, define-se como tamanho ótimo o número (k) de plantas úteis, por parcela, que minimiza a variância da média de cada tratamento, para um número total fixo (N) de árvores, por tratamento. No caso de bordadura completa, obteve-se a recomendação de 6 a 12 árvores em duas linhas úteis, ou 9 a 18, em três linhas. As parcelas com meia bordadura devem ter 4 a 10 plantas úteis em duas linhas, ou 6 a 15 em três linhas. O número usual de repetições em experimentos de seringueira (geralmente 3) é insuficiente em muitos casos. Quando as parcelas são pequenas, maior é a necessidade de aumentar o número de repetições, que não deveria ser inferior a cinco. Embora com maior número de repetições, os ensaios com parcelas pequenas permitem notável redução da área experimental, sem prejuízo de sua precisão.

Termos para indexação: coeficiente de correlação intraclasse, bordaduras, variância da média de um tratamento.

THE OPTIMUM PLOT SIZE IN EXPERIMENTS WITH RUBBER TREES

ABSTRACT - The mathematical-statistical study of the problem of optimum plot size in experiments with rubber trees, by the methodology of the intraclass correlation coefficient (ρ), was carried out with the aid of data from four Brazilian experiments. The methodology applied defines as optimum plot size the number (k) of test trees per plot that minimizes the variance of a treatment mean, for a fixed total number (N) of trees, per treatment. In the case of a complete guard row, it led to recommend of 6 to 12 test trees in two rows, or 9 to 18 in three rows. Plots with one half guard row should have 4 to 10 test plants in two rows, or 6 to 15 in three rows. The usual number of replications in experiments with rubber trees (3, in most cases) is not enough, in general. When small plots are used, greater is the need to increase the number of replications, which should not be less than 5. But even with more replications, trials with small plots allow a considerable reduction in the experimental area, without loss of precision.

Index terms: intraclass correlation coefficient, guard rows, variance of treatment mean.

INTRODUÇÃO

É relativamente abundante a bibliografia disponível sobre tamanho ótimo de parcelas experimentais para plantas anuais, mas é escassa no que se refere a plantas arbóreas, inclusive a seringueira (*Hevea* spp.). Neste caso, as mudas (enxertadas) são, às vezes, principalmente na Amazônia, formadas a partir de sementes oriundas de seringais nativos, dotadas, portanto, de grande variabilidade genética, o que acarreta desenvolvimento desuniforme dos plantios, em conseqüência de problemas fitossanitários e de interação enxerto X porta-enxerto, que contribuem para essa desuniformidade. Diante dessas dificuldades, é bastante comum, nos experimentos com seringueira, utilizar elevado número de plantas úteis por parcela, não raro além de 20. Isto é correto, em linhas gerais, do ponto de vista da Teoria da Amostragem. Mas não se sabe realmente qual o tamanho mais adequado, cientificamente determinado.

[1] Aceito para publicação em 17 de outubro de 1988.
Trabalho financiado com recursos do Contrato SUDHEVEA/EMBRAPA.

[2] Eng. - Agr., Dr., Prof. - Catedrático, ESALQ/USP (aposentado), Consultor IICA/EMBRAPA, Rua do Vergueiro, 514, ap. 51, CEP 13400 Piracicaba, SP.

[3] Matemático, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPSD), Caixa Postal 319, CEP 69000 Manaus, AM.

[4] Enga. - Agra., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66000 Belém, PA.

O método mais comumente usado para determinar o tamanho ótimo de parcelas experimentais é o de Smith (1938), que procura minimizar o custo, com base em um parâmetro b estimado experimentalmente. Este método foi exposto e discutido por Rossetti & Pimentel-Gomes (1983). Mas Pimentel-Gomes (1984) propôs uma solução que parece mais adequada para o caso de plantas arbóreas. Ele usa o coeficiente de correlação intraclasse (ρ); estimado experimentalmente, leva em consideração as bordaduras, e define como tamanho ótimo da parcela o número (k) de plantas úteis por parcela que minimize a variância da média de cada tratamento, para um número total fixo de árvores, por tratamento. Pimentel-Gomes & Couto (1985) aplicaram este método no caso de ensaios com eucaliptos.

Para o caso da seringueira adulta, não há nenhum trabalho nacional publicado, mas existe um artigo de Narayanan (1974) e outro de Paardekooper (1966). Este último, ao discutir dados de cinco experimentos instalados em reticulado quadrado duplo ("simple square lattice"), apresenta opções de tamanho de parcela que variam de 9 a 168 árvores.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar o número ótimo de plantas adultas de seringueira, por parcela, de modo a minimizar a área experimental, sem prejuízo da precisão do experimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com dados de produção e de outras variáveis com ela relacionadas, coletados nos estados do Pará e do Amazonas. Primeiramente se fez a coleta e a crítica dos dados disponíveis. Por suas características de condução, manejo do seringal e maior uniformidade das informações, utilizaram-se os dados de três anos de produção, obtidos na Granja Marathon, de propriedade da Goodyear, referentes aos anos agrícolas de 1968/69, 1969/70 e 1970/71, dos clones IAN 717, Fx 3810, Fx 3864 e Fx 3899, com copa própria, cujos plantios foram feitos em 1956, em espaçamento de 7,0 m x 3,0 m, no município de São Francisco do Pará. Trata-se de Latossolo Amarelo, de textura média e baixa fertilidade, topografia plana, altitude de 10 m e clima Afi, na classificação de Köppen, com 2.600 mm de chuva anuais, 26°C de temperatura média e 88% de umidade relativa média. Usaram-se também dados de um ano de produção (1984), obtidos no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPSD), em Manaus, AM, referentes aos mesmos clones, plantados em 1975, em igual espaçamento. Também se usaram dados deste experimento relativos a produção precoce (teste HMM), número de anéis de vasos laticíferos (NA), diâmetro dos vasos laticíferos (DV) e circunferência do caule (CC) a 1,30 m da soldadura do enxerto. Segundo Kalil Filho (1982) e Gonçalves et al. (1982), estas variáveis estão correlacionadas com a produção. Este experimento foi instalado em Latossolo Amarelo distrófico, de textura muito argilosa, baixa fertilidade, topografia plana, altitude aproximada de 50 m, e clima Ami na classificação de Köppen, com 2.540 mm de chuva anuais, 28°C de temperatura média e 90% de umidade relativa média.

Os dados foram analisados através da metodologia do coeficiente de correlação intraclasse, proposta por Pimentel-Gomes (1984). A principal vantagem desta metodologia é, de um lado, utilizar uma estatística de variação bem conhecida, que é o coeficiente de correlação intraclasse (ρ), e, de outro, levar em conta as bordaduras, importantes nos experimentos com árvores.

Para levar a cabo a pesquisa, foram coletados, para todas as variáveis, dados de doze árvores de cada um dos quatro clones, em uma única linha de plantio, as quais foram agrupadas em três parcelas de quatro plantas. Este arranjo constituiu um modelo hierárquico, que permitiu analisar os dados, dando origem à análise da variância da Tabela 1, da qual decorre imediatamente que um estimador do coeficiente de correlação intraclasse (ρ) é obtido pela fórmula (Pimentel-Gomes 1984):

$$\hat{\rho} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (k-1)\,V_2} \qquad (k > 1),$$

onde V_1 é a estimativa de variância relativa a parcelas dentro de clones, V_2, a estimativa de variância relativa às plantas dentro de parcelas; k é o número de plantas úteis por parcela e $-1/(k-1) < \hat{\rho} < 1$. O erro padrão desse estimador, segundo Pimentel-Gomes & Couto (1985), é dado pelas fórmulas:

$$\hat{V}(\hat{\rho}) = \frac{2\,(1-\hat{\rho})^2\,[1 + (k-1)\,\hat{\rho}\,]^2}{k^2}\left[\frac{1}{n_1+2} + \frac{1}{n_2+2}\right],$$

$$s(\hat{\rho}) = \sqrt{\hat{V}(\hat{\rho})}\,.$$

TABELA 1. Análise da variância do modelo utilizado.

Fonte de variação	GL	QM	E(QM)
Clones	(c - 1)		
Parcelas d. de clones	c (p - 1)	V_1	$\sigma^2[1 + (k-1)\rho]$
Plantas d. de parcelas	cp (k - 1)	V_2	$\sigma^2(1 - \rho)$

onde n_1 e n_2 são os números de graus de liberdade de V_1 e V_2, respectivamente.

Na Tabela 2 encontram-se os quadrados médios que serviram de base para o cálculo de ρ para as variáveis estudadas.

Isto posto, estimou-se o número ideal de plantas por parcela, que dá, em cada caso, variância mínima, à média de cada tratamento, para uma área constante.

O número ótimo de plantas úteis por parcela foi estimado, pela expressão:

$$k = \sqrt[3]{\frac{2bn\,(1-\hat{\rho})}{\hat{\rho}}} \qquad (\hat{\rho} > 0),$$

onde b representa o uso de bordadura (b = 1/2 para meia bordadura ou b = 1 para bordadura completa) e n é o número de linhas úteis por parcela (n = 1, 2, 3, 4, no caso presente). Para parcelas com duas linhas, $k \geqslant 2$ é um número par; do mesmo modo, para parcelas de três e quatro linhas, k deve ser múltiplo de 3 e 4, respectivamente.

De forma análoga, o número total de plantas (K), por parcela, é estimado pela expressão:

$$K = (1 + \frac{2b}{n})(k + 2bn),$$

cujos valores, para as variáveis estudadas, estão na Tabela 3.

O mais importante, porém, conforme enfatiza Pimentel-Gomes (1984), é reduzir a variância da média de cada tratamento, sem aumentar o número de plantas no experimento. Essa variância, para um experimento com parcelas de k plantas úteis em n linhas, com um total de N plantas por tratamento, é dada pela fórmula:

$$V(\hat{m}) = \frac{\sigma^2}{N}\,(1 + \frac{2b}{n})\,(1 + \frac{2bn}{k})\,[1 + (k-1)\,\rho\,].$$

Note-se que, para parcelas de k plantas úteis em n linhas, o mínimo da variância $V(\hat{m})$ se dá para $k = n^2$ e

$$n = \sqrt[3]{\frac{1-\rho}{\rho}} \qquad (\rho > 0),$$

TABELA 2. Estimativas dos quadrados médios das variáveis produção de borracha seca, (g/planta/sangria) em Belém (PB), em Manaus (PM), produção precoce através de teste (HMM), g/pl/10 cortes, número de anéis (NA), diâmetro de vasos laticíferos dos anéis (transformado pela raiz quadrada) em µm (DV) e circunferência do caule em cm (CC), de quatro clones de seringueira e de um plantio jovem.

Fonte de variação	GL	QM (PB)	QM (PM)	QM HMM)	QM (NA)	QM (DV)	QM (CC)
Clones	3	53 305 934	118 943,0000	55,2587	1,3668	0,1273	135,5660
Parcelas d. de clones	8	2 194 020	4 906,9500	48,5439	0,1385	1,1690	66,8098
Plantas d. de parcelas	36	1 634 116	3 392,4779	26,3493	0,0554	0,7405	24,8583

TABELA 3. Estimativas do coeficiente de correlação intraclasse (ρ), do número de plantas úteis por parcela (k), do número total de plantas (K) por parcela formada de 1 a 4 linhas de plantio, considerando-se o uso de meia bordadura e bordadura completa, para as variáveis produção de borracha seca em g/pl/sangria em Belém (PB), em Manaus (PM), produção precoce (HMM), g/pl/10 cortes número de anéis (NA), diâmetro de anéis de vasos laticíferos (DV) e circunferência do caule, em cm (CC).

Tamanho de parcelas / Variáveis	Estimativa de ρ	Parcela	Meia bordadura				Bordadura completa			
			1 linha	2 linhas	3 linhas	4 linhas	1 linha	2 linhas	3 linhas	4 linhas
Produção (PB)	0,0789	k	3 ou 4	4	6	8	5	6	9	8
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,09	(σ^2/N) 2,78	(σ^2/N) 2,91	(σ^2/N) 2,91	(σ^2/N) 5,52	(σ^2/N) 4,65	(σ^2/N) 4,53	(σ^2/N) 4,67
		K	8 ou 10	9	12	15	21	20	25	24
Produção (PM)	0,1004	k	3	4	6	8	4	6	6 ou 9	8
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,20	(σ^2/N) 2,93	(σ^2/N) 3,13	(σ^2/N) 3,21	(σ^2/N) 5,85	(σ^2/N) 5,01	(σ^2/N) 5,01	(σ^2/N) 5,11
		K	8	9	12	15	18	20	20 ou 25	24
Produção precoce (HMM)	0,1739	k	2	4	3	4	3	4	6	8
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,52	(σ^2/N) 3,42	(σ^2/N) 3,59	(σ^2/N) 3,80	(σ^2/N) 6,74	(σ^2/N) 6,09	(σ^2/N) 6,23	(σ^2/N) 6,65
		K	6	9	8	10	15	16	20	24
Número de anéis de vasos (NA)	0,2728	k	2	4	3	4	2	4	3	4
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,27	(σ^2/N) 3,27	(σ^2/N) 4,12	(σ^2/N) 4,55	(σ^2/N) 7,64	(σ^2/N) 7,27	(σ^2/N) 7,73	(σ^2/N) 8,18
		K	6	9	8	10	12	16	15	18
Diâmetro de vasos laticíferos (DV)	0,1264	k	3	4	6	4	4	6	6	8
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,34	(σ^2/N) 3,13	(σ^2/N) 3,26	(σ^2/N) 3,45	(σ^2/N) 6,21	(σ^2/N) 6,21	(σ^2/N) 5,44	(σ^2/N) 5,65
		K	8	9	12	10	18	20	20	24
Circunferência do caule (CC)	0,2967	k	2	2	3	4	2	4	3	4
		$V(\hat{m})$	(σ^2/N) 3,89	(σ^2/N) 3,89	(σ^2/N) 4,25	(σ^2/N) 4,72	(σ^2/N) 7,78	(σ^2/N) 7,56	(σ^2/N) 7,97	(σ^2/N) 8,50
		K	6	6	8	10	12	16	8	18

no caso de meia bordadura, ou $k = n^2$ e

$$n = \sqrt[3]{\frac{2(1-\rho)}{\rho}} \qquad (\rho > 0),$$

no caso de bordadura completa. No entanto, considerações práticas freqüentemente levam o experimentador a preferir parcela retangular, isto é, com $n^2 < k$ mas que, se possível, não difira muito da forma quadrada. Por exemplo, uma parcela de 12 plantas úteis teria $V(\hat{m})$ menor se essas plantas estivessem em 3 linhas (ou mesmo em 2), do que se ficassem todas em uma só.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados revela que, para todas as variáveis estudadas (Tabela 2), os quadrados médios referentes a parcelas dentro de clones são maiores do que os de plantas dentro de parcelas. Como conseqüência, tem-se sempre $\rho > 0$, isto é, apesar de toda a variabilidade apresentada pela seringueira, o coeficiente de correlação intraclasse para plantas dentro de parcelas é positivo para todos os casos estudados.

No caso da produção de borracha, no experimento de Belém, tem-se $\hat{\rho} = 0{,}0789$ com erro padrão $s(\hat{\rho}) = 0{,}1431$. Para parcelas com bordadura completa ($b = 1$), o número ótimo de linhas úteis será

$$n = \sqrt{2(1 - 0{,}0789) / 0{,}0789} = 3{,}36,$$

isto é, 3 e, pois, o número ótimo de plantas úteis por parcela, será $k = 3^2 = 9$. Em tais condições, a variância da média de um tratamento, que tenha N plantas ao todo, será:

$$V(\hat{m}) = \frac{\sigma^2}{N}\left(1 + \frac{2}{3}\right)\left(1 + \frac{2 \times 3}{9}\right)(1 + 8 \times 0{,}0789)$$

$$= (\sigma^2/N)\,4{,}53.$$

Mas, como se vê pela Tabela 3, essa variância não aumentará quase nada se se tomarem $k = 6$ plantas em $n = 2$ linhas, ou $k = 8$ plantas em $n = 4$ linhas (o que equivale a duas linhas de 4). Crescerá um pouco mais se se considerar $k = 5$ plantas em uma única linha.

Comportamento perfeitamente análogo se observa no caso do experimento de Manaus, para o qual se tem $\hat{\rho} = 0{,}1004$ e $s(\hat{\rho}) = 0{,}1471$.

Ainda no caso da produção de borracha e do experimento de Belém, o número ótimo de linhas úteis com meia bordadura será:

$$n = \sqrt[3]{(1 - 0{,}0789)/0{,}0789} = 2{,}27,$$

isto é, 2 e, pois, o número ótimo de plantas úteis por parcela, será $k = 2^2 = 4$. A variância correspondente será $V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\,2{,}78$, como se vê pela Tabela 3. Mas essa variância não muda muito quando se usa uma única linha com 3 ou com 4 plantas ou 2 linhas com 6 plantas, (o que equivale a 3 linhas de 2 plantas), ou ainda 4 linhas de 2 plantas (isto é, 2 linhas de 4 plantas).

Levando-se em conta todas as variáveis observadas e os cálculos resumidos na Tabela 3, verifica-se que os melhores resultados ocorrem nos seguintes casos:

Com bordadura completa:

$n = 2, k = 6$ ou 8
$n = 3, k = 9$

Com meia bordadura:

$n = 2, k = 4$ ou 6 ou 8

Cumpre salientar, porém, que o tamanho ótimo da parcela experimental cresce quando $\hat{\rho}$, considerado positivo, tende para zero. Por outro lado, as estimativas obtidas no caso da produção ($\hat{\rho} = 0{,}0789$, no experimento de Belém, $\hat{\rho} = 0{,}1004$, no experimento de Manaus), já bastante baixas, têm erro padrão relativamente alto. Isto levou a imaginar a possibilidade de que o valor de ρ se venha revelar menor ainda, em outros experimentos, e a pesquisar as conseqüências desse fato. Assim sendo, numa hipótese pessimista, tome-se $\hat{\rho} = 0{,}05$. Tem-se, então, no caso de bordadura completa, que o número ótimo de linhas úteis é $n = 3{,}36$, isto é, 3 linhas, logo $k = 3^2 = 9$ plantas úteis. As variâncias correspondentes a diversos valores de n e de k que podem ocorrer, constam da Tabela 4.

Tendo em vista os resultados expostos, podem-se recomendar ou 2 linhas com 6 a 12 plantas úteis, ou 3 linhas com 9 a 18 plantas úteis, ou ainda 4 linhas com 16 a 20 plantas úteis.

No caso da meia bordadura, as parcelas devem ser sempre um tanto menores, como se vê pelos dados da Tabela 5.

É importante salientar que, com $\rho > 0$, quando diminui o tamanho da parcela, considerada excessivamente grande, deve aumentar o número de repetições, para manter a mesma variância para a média de cada tratamento. Mas esse aumento é tal que, mesmo com ele, cai a área total do experimento. Ao passar

TABELA 4. Valores de n, k e $V(\hat{m})$ para parcelas com bordadura completa, com $\hat{\rho} = 0,05$.

n	k	$V(\hat{m})$	n	k	$V(\hat{m})$
2	6	$4,17\sigma^2/N$	3	9	$3,89\sigma^2/N$
2	8	$4,05\sigma^2/N$	3	12	$3,88\sigma^2/N$
2	10	$4,06\sigma^2/N$	3	15	$3,97\sigma^2/N$
2	12	$4,13\sigma^2/N$	3	18	$4,11\sigma^2/N$
2	14	$4,24\sigma^2/N$	3	30	$4,49\sigma^2/N$
2	20	$4,68\sigma^2/N$	3	42	$5,81\sigma^2/N$
2	30	$5,55\sigma^2/N$	3	60	$7,24\sigma^2/N$
2	40	$6,49\sigma^2/N$	5	25	$4,31\sigma^2/N$
4	16	$3,94\sigma^2/N$	5	30	$4,57\sigma^2/N$
4	20	$4,10\sigma^2/N$	5	40	$5,16\sigma^2/N$
4	24	$4,30\sigma^2/N$	5	60	$6,45\sigma^2/N$
4	32	$4,78\sigma^2/N$			
4	40	$5,31\sigma^2/N$			
4	60	$6,71\sigma^2/N$			

TABELA 5. Valores de n, k e $V(\hat{m})$, para parcelas com meia bordadura e $\hat{\rho} = 0,05$.

n	k	$V(\hat{m})$	n	k	$V(\hat{m})$
2	4	$2,59\sigma^2/N$	3	9	$2,49\sigma^2/N$
2	6	$2,50\sigma^2/N$	3	12	$2,58\sigma^2/N$
2	8	$2,53\sigma^2/N$	3	15	$2,72\sigma^2/N$
2	10	$2,61\sigma^2/N$	3	18	$2,88\sigma^2/N$
2	12	$2,71\sigma^2/N$	3	30	$3,59\sigma^2/N$
2	14	$2,83\sigma^2/N$	3	42	$4,36\sigma^2/N$
2	20	$3,22\sigma^2/N$	5	25	$3,17\sigma^2/N$
2	30	$3,92\sigma^2/N$	5	30	$3,43\sigma^2/N$
4	16	$2,73\sigma^2/N$	5	40	$3,98\sigma^2/N$
4	20	$2,92\sigma^2/N$			
4	24	$3,14\sigma^2/N$			
4	32	$3,86\sigma^2/N$			
4	40	$5,16\sigma^2/N$			

de um experimento com k plantas úteis em n linhas para outro com k' plantas úteis em n' linhas, sem mudar a variância da média de um tratamento, a relação entre as áreas ocupadas correspondentes A' e A é dada pela fórmula:

$$\frac{A'}{A} = \frac{(1 + \frac{b}{n'})(+ \frac{bn'}{k'})[1 + (k' - 1)\rho]}{(1 + \frac{b}{n})(1 + \frac{bn}{k})[1 + (k - 1)\rho]}$$

Assim, com $\hat{\rho} = 0,0789$, e no caso de bordadura completa (b = 1), se se passar de um experimento com k = 40 árvores úteis em n = 4 linhas, para outro com k' = 6 árvores úteis em n' = 2 linhas, a relação entre as áreas será:

$$\frac{A'}{A} = \frac{4,65}{8,15} = 0,57 = 57\%$$

Haverá, pois, uma economia de 43% da área, sem perda de precisão para o experimento.

A relação entre os números de repetições (r e r') é dada pela expressão:

$$\frac{r'}{r} = \frac{K}{K'} \cdot \frac{A'}{A},$$

onde K e K' são os números totais de plantas por parcela, nos dois casos. Assim, no exemplo que se acabou de discutir tem-se:

$$K = (n - 2)(\frac{K}{n} + 2) = (4 + 2)(\frac{40}{4} + 2) = 72,$$

$$K' = (2 + 2)(\frac{6}{2} + 2) = 20,$$

$$\frac{r'}{r} = \frac{72}{20} \cdot 0,57 = 2,05$$

Logo, r' = 2,05 r. Se houver 5 blocos no experimento de parcelas de k = 40 árvores úteis (r = 5), o experimento de parcelas de k' = 6 árvores úteis por parcela deverá ter r' = 2,05 x 5 = 10,25 blocos, isto é, 10 blocos, aproximadamente. Mas o número total de árvores por tratamento se reduzirá de N = 5 x 72 = 360 para N' = 10 x 20 = 200, com redução efetiva de 44% na área necessária.

O número usual de repetições em experimentos de seringueira (geralmente três) é insuficiente em muitos casos, o que confirma, aliás, observações genéricas de Pimentel-Gomes (1985), que declara: "A teoria demonstra e a prática confirma que, com o coeficiente de variação quase sempre acima de 10% e número de repetições geralmente abaixo de seis, os ensaios de campo têm, como regra, escassa precisão, tão escassa, que diferenças entre médias de tratamentos de 15% ou menos quase nunca podem ser comprovadas pelos testes estatísticos aplicados da forma usual."

Por outro lado, no caso, relativamente favorável, de um experimento com dez cultivares em três blocos casualizados e 10% (apenas!) de coeficiente de variação, a diferença mínima significativa, ao nível de 5% de probabilidade, é $\Delta = 29\%$ pelo teste de Tukey, e $D_{10} = 20\%$ pelo de Duncan, menos rigoroso. Estes valores são certamente excessivos. Mas com cinco blocos (em vez de três), na igualdade das outras condições, passa-se a ter $\Delta = 21\%$ e $D_{10} = 15\%$, valores mais aceitáveis. No caso, mais realista, de coeficiente de variação de 15%, essas diferenças mínimas significativas são, todas elas, aumentadas em 50%. Então, um experimento com 10 cultivares em três blocos casualizados nos daria $\Delta = 44\%$, pelo teste de Tukey, e $D_{10} = 30\%$, pelo de Duncan. No entanto, restrições da prática freqüentemente impedem o cientista de usar o número de repetições que deseja. Uma das restrições mais importantes é relativa à área total do experimento. Assim sendo, a possibilidade, sugerida por esta pesquisa, de aumentar o número de repetições e a eficiência dos experimentos, reduzindo, ao mesmo tempo, a área experimental, parece ser um caminho valioso para permitir maior precisão da pesquisa agronômica de campo, paralelamente a uma redução do seu custo.

CONCLUSÕES

1. Os dados analisados sugerem que, nas condições dos estados do Pará e do Amazonas, as parcelas experimentais de seringueiras adultas com bordadura completa devem ter duas linhas com 6 a 12 árvores úteis, ou três linhas com 9 a 18 árvores úteis, ou ainda quatro linhas com 16 a 20 árvores úteis.

2. No caso de meia bordadura, as parcelas devem ser um pouco menores; devem ter duas linhas com 4 a 10 árvores úteis, ou três linhas com 6 a 15 árvores úteis, ou ainda quatro linhas com 16 a 20 árvores úteis.

3. Parcelas com uma única linha útil ou com mais de quatro linhas úteis não são recomendáveis, quando se usa bordadura.

4. O uso do tamanho ótimo da parcela pode reduzir consideravelmente a área dos experimentos, sem diminuir sua precisão, ou, alternativamente, aumentar a precisão, sem acréscimo de área.

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, P. de S.; ROSSETTI, A.G.; VALOIS, A.C.C.; VIÉGAS, I.J.M. de. Comportamento, estudo de correlações e herdabilidade de alguns caracteres quantitativos em clones de seringueira (*Hevea* spp.). In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 3, Manaus, 1980. **Anais...** Manaus, SUDHEVEA, 1980, v.1, p.386-421.

KALIL FILHO, A.N. **Potencial de produtividade e estabilidade fenotípica na caracterização de clones de seringueira (*Hevea* spp.).** Piracicaba, ESALQ, 1972. 126p. Tese Mestrado.

NARAYANAN, R. Estimation of optimum plot size for clone trials in *Hevea*. **J. Rubber Res.**, 24(1):54-67, 1974.

PAARDEKOOPER, E.C. Results of four uniformity trials determine the influence of plot size and shape on the efficiency of field experiments in rubber. **Res. Archs. Rubb. Res. Institute Malaya, Docum.**, 56, 1966.

PIMENTEL-GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 19(12):1507-12, 1984.

PIMENTEL-GOMES, F. & COUTO, H.T.Z. do. O tamanho ótimo de parcela experimental para ensaios com eucaliptos. Piracicaba, **IPEF**, 31:75-7, 1985.

PIMENTEL-GOMES, F. Níveis de significância na pesquisa agronômica. **Inf. Agron.**, Piracicaba, (31):1-2, 1985.

ROSSETTI, A.G. & PIMENTEL-GOMES, F. Determinação do tamanho ótimo de parcelas em ensaios agrícolas. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 18(5):477-87, 1983.

SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **J. Agric. Sci.**, 28:1-23, 1938.