

# TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS PARA *Eucalyptus saligna* SMITH EM DOIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

Magda Lea B. Zanon<sup>1</sup> e Lindolfo Storck<sup>2</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais para a espécie *Eucalyptus saligna* Smith. Os experimentos foram instalados no Horto Florestal Barba Negra, em área de produção da empresa Riocell S/A, localizada no município de Barra do Ribeiro - RS. Foram conduzidos dois ensaios de uniformidade com idades de 5 anos e meio e de 15 meses, nos quais foram avaliadas as variáveis: altura total da planta (m), diâmetro a altura do peito (cm) e o volume total (m<sup>3</sup>). Os resultados mostraram que, pelo método da máxima curvatura, o tamanho ótimo de parcelas no ensaio de 5 anos e meio de idade para as variáveis altura e diâmetro é de seis plantas e, para a variável volume, é de sete plantas. No ensaio de 15 meses de idade, o tamanho ideal foi de cinco plantas para as variáveis estudadas. Quando o método utilizado foi o da máxima curvatura, modificado para o ensaio de 5 anos e meio de idade, os tamanhos ótimos foram de, aproximadamente, quatro, seis e dez plantas para as variáveis altura, diâmetro e volume das plantas, respectivamente. No ensaio de 15 meses de idade os tamanhos foram de duas plantas para a variável altura e quatro plantas para a variável diâmetro. Para o método da máxima curvatura da função VU(x), os tamanhos ótimos foram de duas a três plantas para o ensaio de 5 anos e meio de idade e inferior a uma planta para o ensaio de 15 meses de idade.

**PALAVRAS-CHAVES:** tamanho de parcelas, *Eucalyptus saligna*

## OPTIMAL SIZE OF EXPERIMENTAL PLOTS FOR *Eucalyptus saligna* SMITH IN TWO PERIOD OF DEVELOPMENT

**ABSTRACT:** The objective of this research was to estimate the optimal size of experimental plots for *Eucalyptus saligna* Smith. The experiment was conducted in Horto Forest Black Beard, located in Barra do Ribeiro – RS county. Two uniformly trials were conducted at 15 and 66 months of age. It was evaluated the variables: total height of the plants (m), diameter at breast height o (cm) and total volume (m<sup>3</sup>). The results showed that, for the method of the maximum curvature, the optimal size of the rehearsal of 66 months old for the variable height and diameter they are of 6 plants and for the variable volume it is of 7 plants. In the of 15 months old trial the optimal size was of 5 plants both variables. For the modified maximum curvature method the 66 months old trial, the optimal plots size was whe 4, 6 and 10 plants for height, diameter and volume, respectively. In the 15 months old trial the sizes were of 2 plants for height and 4 plants for diameter. For the maximum curvature method of the function VU(x) the optimal sizes were of 2 to 3 plants to the of 15 months old trial and of less than one plant for the 15 months old trial.

**KEY WORDS:** Size plots, *Eucalyptus saligna*.

---

<sup>1</sup> Mestre em Manejo Florestal. Consultora Pró-Guaíba/Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Rua Dr. Salvador França, 1.427, Jardim Botânico, 90.690-000, Porto Alegre-RS. [ncs@fzb.org.br](mailto:ncs@fzb.org.br).

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. 97105-900. Santa Maria-RS, Brasil. Bolsista do CNPq. [storck@ccr.ufsm.br](mailto:storck@ccr.ufsm.br).

## 1. INTRODUÇÃO

O pesquisador tem por objetivo determinar o tamanho, a forma e o número de repetições das parcelas experimentais, pois eles constituem problemas que devem ser sanados para que se possa reduzir o erro experimental decorrente da heterogeneidade das parcelas e, com isso, maximizar as informações obtidas num experimento (Steel e Torrie, 1960).

O controle do erro pode ser realizado por meio do uso de observações concomitantes ou simultâneas, delineamento experimental adequado e tamanho e forma de parcelas (Steel e Torrie, 1960).

O controle do erro pelo delineamento experimental consiste em planejar o experimento visando ao controle da variação que ocorre na área experimental. O delineamento adequado depende da cultura, número de tratamentos, tamanho das unidades experimentais e das condições ambientais de cada experimento.

Existem, na literatura, diferentes metodologias de determinação do tamanho e forma das parcelas experimentais. Dentre as mais utilizadas, destacam-se: Método da Máxima Curvatura, Método de H. Fairfield Smith, Método da Máxima Curvatura Modificado, Método da Informação Relativa, Método da Regressão Múltipla, Método de W. H. Hatheway, Método de Pimentel Gomes etc., de forma a causar dificuldades na escolha do melhor método a utilizar (Storck, 1979).

Smith (1938) desenvolveu uma forma empírica, conhecida como Lei da Variância de Smith, para determinar o melhor tamanho de parcela. Por ela, calcula-se o coeficiente de regressão "b" entre o logaritmo da variância da parcela por unidade básica e o logaritmo do número de unidades. O valor de "b" mede a heterogeneidade do solo e seu valor esperado varia de zero a um, sendo baixo em solos homogêneos e alto em solos heterogêneos.

Storck (1982), comparou diferentes métodos de estimação do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho de parcelas experimentais para a cultura da soja e os resultados evidenciaram que os melhores métodos são os de Ray, Sharma e Shukla (1973) e o da Máxima Curvatura Modificado (Lessman e Atkins, 1963), respectivamente.

Blake, citado por Simplício (1987), utilizando o método da máxima curvatura, verificou que parcelas de uma árvore apresentaram coeficiente de variação maior do que as parcelas de múltiplas árvores, sendo dez o número ideal de árvores por parcela. Números superiores a este não acrescentaram maiores informações e não proporcionaram redução significativa do erro. O número de repetições reduzia com a utilização de parcelas maiores, mas havia necessidade de maior número de árvores no experimento, sendo, portanto, menos eficiente o emprego de parcelas grandes. O tamanho ótimo de parcelas pelo Método da Máxima Curvatura, realizado em um povoamento de *Pinus resinosa* com idade entre oito e nove anos, foi de oito a doze árvores por parcela considerando a variável diâmetro e de seis a oito árvores por parcela quando a variável analisada foi a altura das plantas.

Desta forma, objetivou-se, no presente trabalho, determinar o tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith aos 15 meses e aos 5 anos e meio de idade, para avaliar os efeitos dos tratamentos silviculturais, por três métodos que relacionam a precisão com o tamanho das parcelas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram instalados no Horto Florestal Barba Negra, localizado no município de Barra do Ribeiro - RS, em área pertencente a RIOCELL S.A, o qual encontra-se aproximadamente a 30°23' 30" de latitude sul e 51° 12' 00"

longitude oeste. O tipo climático da região é Cfa, subtropical úmido, com temperatura média das máximas em torno de 25°C, a média das mínimas ao redor de 15,5°C, temperatura média anual de 19,3°C e precipitação média anual de aproximadamente 1322 mm, segundo classificação climática de Köppen (Moreno, 1961).

O primeiro ensaio, com plantas dispostas em 24 filas e 48 colunas no espaçamento 3 x 2m, foi avaliado aos 5 anos e meio. Foram mensurados o diâmetro a altura do peito (cm), a altura total da árvore (m) e o volume total das plantas (m<sup>3</sup>). Para o cálculo do volume total, utilizou-se a equação:  $V = 0,14803 - 0,01640*d + 0,00035*d^2 + 0,00101*d*h + 0,00001*d^2*h - 0,00949*h$ , determinada por Schneider *et al.* (1988) para *Eucalyptus saligna* Smith, em que h é a altura (m) e d é o diâmetro a 1,30 m de altura (cm). A altura foi determinada com o auxílio do Hipsômetro de Blume Leiss e o diâmetro foi determinado com Suta.

O segundo ensaio, com o mesmo espaçamento e número de plantas, foi avaliado aos 15 meses de idade. As variáveis analisadas foram diâmetro e altura, sendo a altura determinada com o auxílio da Régua Durcon e o diâmetro com Suta.

A unidade experimental, para ambos os ensaios, foi composta de uma planta na fila, resultando num ensaio em branco de 24 filas com 48 colunas. A área útil total foi composta de 1.152 unidades básicas (plantas).

A unidade básica constou de uma planta devidamente identificada por sua posição na fila e na coluna, de forma a simular parcelas de diversos tamanhos e formas.

### 2.1. Estimativa do índice de heterogeneidade do solo (b)

A partir da relação  $VU(x) = \frac{V_1}{X^b}$ , utilizando a linearização por logaritmo e aplicando-se a análise de regressão linear simples ponderada

pelos graus de liberdade, foram estimados os parâmetros “V<sub>1</sub>” e “b”, em que:

VU(x) = variância por unidade básica, calculada entre as parcelas de X unidades básicas;

V<sub>1</sub> = variância dos valores de parcelas constituídas de uma unidade básica;

X = número de unidades básicas que compõem a parcela no i-ésimo tamanho de parcela considerando, i = 1, 2, 3, ...N;

b = índice de heterogeneidade do solo, sendo  $0 \leq b \leq 1$ .

O índice de heterogeneidade do solo pode ser estimado como um coeficiente de regressão linear, pela logaritmização da equação de Smith (1938), ponderada pelos graus de liberdade (Steel e Torrie, 1960):  $\log VU(x) = \log V_1 - b \log X$ .

### 2.2. Método da Máxima Curvatura

Este método foi aplicado para os dois ensaios em todas as variáveis, utilizando-se um ensaio em branco. Para isso, foram calculados os coeficientes de variação CV(x) dos diferentes tamanhos das parcelas (X), sem levar em consideração a forma das mesmas. O conjunto dos pontos obtidos [X e CV(x)] é relacionado em um gráfico, e eles são unidos formando uma curva.

$$CV(x) = 100 \sqrt{\frac{V(x)}{\text{média}}}$$

### 3.3. Método da Máxima Curvatura Modificado

É baseado na modificação do método de Smith (1938), proposta por Lessman e Atkins (1963), por meio do ajuste da equação geral:

$$CV(x) = \frac{A}{X^B}$$

Os parâmetros A e B são estimados por meio de uma regressão linear ponderada pelos graus de liberdade e aplicada na logaritmização dessa regressão.

O tamanho ótimo de parcela ( $X_{\text{ótimo}}$ ) é definido pelo ponto de máxima curvatura, dado pela função:

$$\log X_{\text{OTIMO}} = \left( \frac{1}{(2B+2)} \right) \log \left( \frac{A^2 B^2 (2B+1)}{(B+2)} \right)$$

### 3.4. Método da Máxima Curvatura em função de $VU(x)$

Utilizando a função  $VU(x) = \frac{V}{x^b}$ , que determina a curva entre a variância por unidade básica e o tamanho da parcela ( $X$ ), Thomas (1974) definiu o tamanho ótimo da parcela por:

$$\log x_{\text{OTIMO}} = \left( \frac{1}{(2b+2)} \right) \log \left( \frac{b \hat{V}_1 (2b+1)}{(b+2)} \right).$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 131 falhas no ensaio de 5 anos e meio de idade, o que corresponde a 11,4% do total e 55 falhas no ensaio de 15 meses de idade, representando 4,8% do total de unidades básicas. Optou-se por completar o número total de unidades básicas nos ensaios por um ajustamento que foi representado pela média aritmética das duas unidades básicas (plantas) mais próximas dentro da fila.

### 4.1. Método da Máxima Curvatura

O método da máxima curvatura para a determinação do tamanho ótimo de parcela tem seus resultados, para os ensaios de cinco anos e meio de idade e de 15 meses de idade, apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4, e 5. Foram utilizadas 29 formas de parcelas, mas, devido ao método da máxima curvatura gráfico não levar em consideração a forma das parcelas, mas sim o tamanho das mesmas, calculou-se a média dos  $CV(x)$  das parcelas de diferentes formas com mesmo tamanho. Nestas figuras foram marcados, então, os onze tamanhos diferentes de

parcelas, cada um tendo um número de um a 24 unidades básicas.

Os valores dos coeficientes de variação das diferentes parcelas planejadas diminuíram, à medida que aumentou-se a largura e o comprimento das parcelas. Este tipo de comportamento é aceito como sendo um axioma pois é encontrado em todos os trabalhos de estudo sobre o tamanho de parcela (Pignataro e Gonçalves, 1972; Storck, 1979, Oliveira, 1994).

O decréscimo do coeficiente de variação foi mais acentuado quando se aumentou a parcela no sentido perpendicular às linhas de plantio. Parcelas de mesma área, mas com dimensões diferentes, tiveram coeficientes de variações diferentes. O maior coeficiente de variação ( $CV(x)$ ) para a variável diâmetro de plantas no experimento de cinco anos e meio foi de 28,72% entre as parcelas de uma unidade básica (planta) e o menor foi de 4,95% entre as parcelas de maior tamanho estudadas, neste caso 24 unidades básicas, dispostas em três unidades básicas de largura e oito unidades básicas de comprimento. Para a variável altura, o maior  $CV(x)$  foi de 18,96% entre as parcelas de uma unidade básica e o menor foi de 3,72% entre parcelas para o maior tamanho estudado, 24 unidades básicas dispostas em seis unidades básicas de largura e quatro unidades básicas de comprimento. Com relação à variável volume, o maior coeficiente de variação foi de 66,21% entre as parcelas de uma unidade básica e o menor foi de 12,19% entre as parcelas de maior tamanho, dispostas em três unidades básicas de largura e oito unidades básicas de comprimento.

No ensaio de 15 meses de idade, a variável altura teve um  $CV(x)$  de 15,22% entre as parcelas de uma unidade básica e de 7,64% entre as parcelas de maior tamanho, dispostas em duas unidades básicas de largura e 12 unidades básicas de comprimento. Para a variável diâmetro, o  $CV(x)$  foi de 25,16% entre as parcelas de uma unidade básica e de 10,58% entre as parcelas de maior tamanho estudado,

dispostas em seis unidades básicas de largura e quatro unidades básicas de comprimento.

A diminuição do  $CV(x)$  não foi linear em relação ao aumento do tamanho da parcela; ela foi mais acentuada no início e, após, teve uma tendência a ficar estável. Deste modo, o aumento do tamanho das parcelas pode ser conveniente até um determinado ponto, a partir do qual a utilização de áreas maiores não é compensada pelos baixos ganhos em precisão. Comparando-se os  $CV(x)$  de parcelas de mesmos tamanhos, mas de formas diferentes, observa-se, para todas as variáveis e nos dois ensaios de campo, que parcelas mais compridas (sentido das filas) e estreitas foram mais precisas porque há maior proximidade entre as plantas dentro da fila, o que determina maior semelhança e parcelas estreitas e compridas.

Calculando-se a razão dos  $CV(x)$  entre o maior e o menor tamanho de parcela para cada variável, observa-se que esta é aproximadamente constante e igual a cinco no ensaio de 5 anos e meio de idade e passa para dois no ensaio de 15 meses de idade. Assim, plantas mais velhas apresentam maior efeito quanto ao aumento do tamanho das parcelas no sentido de aumentar a precisão. Estas são mais sensíveis à heterogeneidade do solo.

Analisando as Figuras 1, 2 e 3, observa-se que o tamanho ótimo de parcelas para as variáveis altura e diâmetro foi de, aproximadamente, seis unidades básicas e para a variável volume foi de sete unidades básicas, para o ensaio com 5 anos e meio de idade. Nas Figuras 4 e 5, nota-se que o tamanho ótimo de parcelas no ensaio com 15 meses de idade, para as variáveis altura e diâmetro, foi de cinco unidades básicas.

#### **4.2. Método da Máxima Curvatura em função de $VU(x)$ e $CV(x)$**

Na Tabela 1 se encontram os resultados para o método exato de Lessman e Atkins (1963) e o de Thomas (1974) para as equações que

relacionam  $CV(x)$  e  $X$ , e  $VU(x)$  e  $X$ , respectivamente.

No ensaio de 15 meses de idade, os índices de heterogeneidade do solo (b) foram mais baixos, aproximadamente 0,5, o que demonstra que, nesta área, o solo é mais homogêneo ou as plantas ainda não expressaram toda a variabilidade existente, devido ao sistema radicular ser menos desenvolvido do que o das plantas do ensaio mais velho, isto é, existe maior correlação entre as parcelas adjacentes, o que determina que as parcelas experimentais podem ser menores. É possível que, quando este ensaio tiver cinco anos, também tenha um índice de heterogeneidade (b) próximo de um, porque, à medida que as plantas crescem, possivelmente acumulam os efeitos de heterogeneidade do solo e da competição entre plantas. Isto deve, no entanto, ser comprovado em experimentação específica para o caso.

Os tamanhos ótimos de parcelas para o Método da Máxima Curvatura em função de  $VU(x)$  foram de 1,92, 2,02 e 3,22 unidades básicas para as variáveis altura, diâmetro e volume, respectivamente, no ensaio de 5 anos e meio de idade. Para o ensaio de 15 meses de idade, o tamanho ótimo foi inferior a uma unidade básica para as variáveis altura e diâmetro. Portanto, estes tamanhos determinados serão excluídos da possibilidade de utilização prática. Poderia adotar-se, como ótimo o tamanho da parcela com uma unidade básica. Outros autores (Storck, 1979 e Oliveira, 1994), também encontraram resultados de tamanho ótimo menores que a unidade e grande diferenças entre métodos.

Os tamanhos ótimos de parcelas, em números de plantas, estimados pelo Método da Máxima Curvatura modificado em função de  $CV(x)$ , foram de, aproximadamente, 4, 6, e 10 unidades básicas para altura, diâmetro e volume das plantas, respectivamente. No ensaio com 15 meses de idade, o tamanho ótimo de parcelas para a variável altura foi de duas unidades

básicas e, para a variável diâmetro, foi de aproximadamente quatro unidades básicas. Estes resultados, apesar de diferirem do método gráfico, são coerentes quando comparados entre variáveis e entre idades das plantas, dentro de cada método.

## 5. CONCLUSÃO

O tamanho ótimo de parcela foi melhor determinado pelo Método da Máxima Curvatura, de Lessman e Atkins . Para ensaios de 5 anos e meio de idade, o tamanho ideal de parcelas foi de 4, 6 e 10 unidades básicas para a variável diâmetro, altura e volume, respectivamente. No ensaio de 15 meses, a parcela ideal seria de duas e quatro unidades básicas para as variáveis altura e diâmetro.

Em função do método visual fornecer resultados muito discrepantes dos resultados exatos e o método de Thomas subestimar o tamanho das parcelas, estes serão descartados.

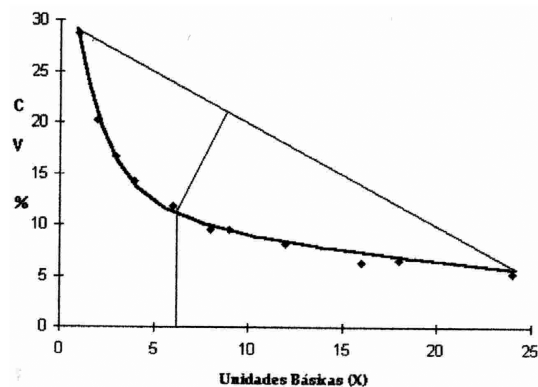


Figura 1. Relação entre o coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela em número de unidades básicas (X) para a variável diâmetro da planta (cm) no ensaio de 5 anos e meio de idade.

Figure 1. *Relation between the coefficient of variation (CV) and plot size in number of basic units (X) for the variable diameter (cm) in the 5,5 years old trial.*

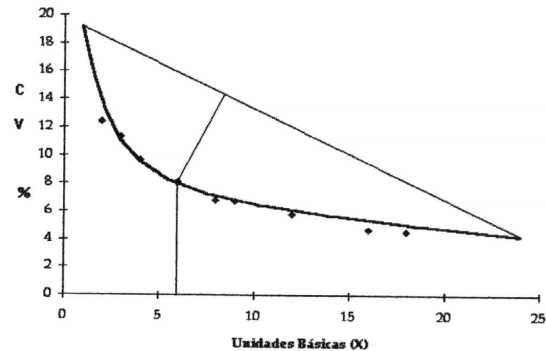


Figura 2. Relação entre o coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela em número de unidades básicas (X) para a variável altura total da planta (m) no ensaio de 5 anos e meio de idade.

Figure 2. *Relation between the coefficient of variation (CV) and plot size in number of basic units (X) for the variable total height (m) in the 5,5 years old trial.*

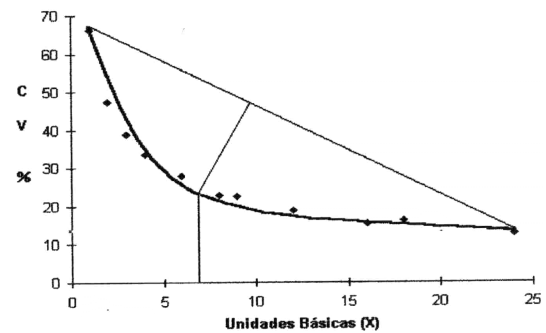


Figura 3. Relação entre o coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela em número de unidades básicas (X) para a variável volume total da planta (m<sup>3</sup>) no ensaio de 5 anos e meio de idade

Figure 3. *Relation between the coefficient of variation (CV) and plot size in number of basic units (X) for the variable total height in the 5,5 years old trial.*

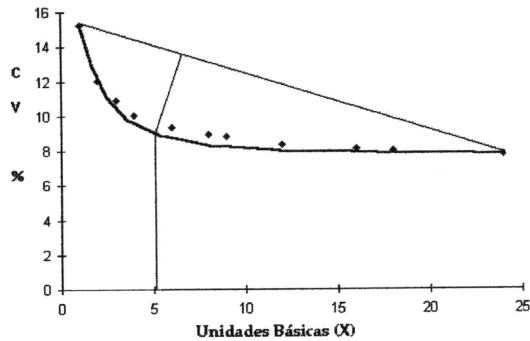


Figura 4. Relação entre o coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela em número de unidades básicas (X) para a variável altura total da planta (m) no ensaio de 15 meses de idade.

Figure 4. Relation between the coefficient of variation (CV) and plot size in number of basic units (X) in the 15 months trial.

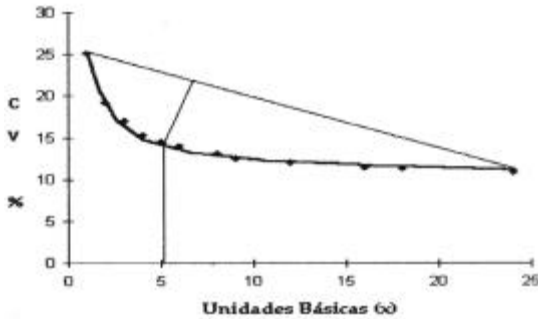


Figura 5. Relação entre o coeficiente de variação (CV) e o tamanho da parcela em número de unidades básicas (X) para a variável diâmetro da planta (cm) no ensaio de 15 meses de idade.

Figure 5. Relation between the coefficient of variation (CV) and plot size in number of basic units (X) for the variable plant diameter (cm) in the 15 months trial.

Table 1. Results of X<sub>ótimo</sub> for the different situations

Situação	Lessman e Atkins		Thomas	
	VU(x)	CV(x)	VU(x)	CV(x)
Altura (5 anos)	3,72	4,12	1,92	1,95
Diâmetro (5 anos)	4,06	5,58	2,02	2,28
Volume (5 anos)	10,36	9,65	3,22	2,99
Altura (15 meses)	0,94	2,22	0,97	1,37
Diâmetro (15 meses)	0,78	3,84	0,86	1,84

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IGUE, T., MASCARENHAS, H.A.A. **Tamanho das parcelas para experimentos de campo com soja**. Campinas: Instituto Agrônômico, Secretária da Agricultura do Estado de São Paulo, 1974. p.1-29. (Boletim Técnico, 9).

LESSMAN, K.J., ATKINS, R.E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. **Crop Science**, Madison, v.3, p.477-481, 1963.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41p.

OLIVEIRA, P.H.de. **Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata**. Santa Maria: UFSM, 1994. 83p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).

PIGNATARO, I.A.B., GONÇALVES, H.M. Estimativa de melhor tamanho de parcela para experimento de soja. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.153-159, ago. 1972.

RAY, S., SHARMA, C.B., SHUKLA, V. Technique of estimating optimum size and shape of plot from fertiliser trial data. **Journal of the Indian**, Bangalore, v.25, n.2, p.193-196, 1973.

Tabela 1. Resultados do X<sub>ótimo</sub> para as diferentes situações

- SIMPLÍCIO, E. **Determinação do tamanho de parcelas experimentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. Lavras: ESAL, 1987. 67p. (Mestrado – Mestrado em Agronomia).
- SMITH, H.F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. **Journal of Agricultural Science**, Canberra, v.28, p.1-23, 1938.
- SCHNEIDER, P.R; FINGER, A.G., KLEIN, J.E.M., et. al. **Fundamentos de planejamento da produção para o manejo florestal de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith**. Santa Maria: 1988, 179p. (Convênio: Riocell S.A / Fatec-UFSM).
- STORCK, L. Comparação de métodos de estimativa do índice de heterogeneidade do solo e do tamanho ótimo de parcela em experimento com soja. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.12, n.2-3, p.189-202, jun./jul.1982.
- THOMAS, H.L. Relationship between plot size and plot variance. **Agricultural Research Journal of Kerala**, Vellayani, v.12, n.2, p.178-189, 1974.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1960. 841p.
- STORCK, L. **Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.)**. Porto Alegre: UFRG, 1979. 98p. (Tese - Mestrado em Agronomia).