

**SIMULAÇÃO PARA A ESCOLHA DO TAMANHO DAS PARCELAS PERMANENTES EM EXPERIMENTAÇÃO FLORESTAL.**

Simulation for the selection of the permanent sample plots dimension in forest researches.

José Alves da Silva\*

RESUMO

No presente trabalho procurou-se mostrar que para o planejamento de inventário e pesquisas biométricas deve-se estudar a forma e dimensão da parcela amostral mais coerentes com as características do povoamento florestal.

Para facilitar a seleção da melhor forma de parcela amostral, agruparam-se as amostras retangulares adjacentes em grupos distintos simulando-se novas amostras. O mesmo critério não pôde ser aplicado às formas circulares. Como critério de seleção, adotou-se o tempo dispendido na medição de todas as parcelas e o coeficiente de variação. Determinou-se que a parcela retangular de 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>) apresenta a melhor dimensão para as condições do povoamento de *Pinus taeda* L.

SUMMARY

In this study an attempt was made to demonstrate that for forestry inventory planning biometric work the shape and dimension of sample plots should be studied with general forest characteristics.

In order to facilitate the selection of the best sample plot, the adjacent rectangular plots were grouped into different groups thus simulating new populations. The same criterion could not be applied to the circular shapes, however. The time spent in the measurement of the sample plots and the coefficient of variation were used as a criterion for plot selection. In this case, the best sample plot dimension was the rectangular plot of 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>) applied to *Pinus taeda* L. stand.

INTRODUÇÃO

O investigador florestal, ante a necessidade de analisar e estudar os povoamentos, cujos elementos não podem ser analisados individualmente,

\* Professor Auxiliar de Ensino do Departamento de Engenharia Agrícola e Florestal - UFSM.

Qualmente, ve-se obrigado a recorrer às técnicas de amostragens, dividindo a população em unidade de amostras, cujo tamanho, forma e intensidade são variáveis com a finalidade da pesquisa, materiais e recursos disponíveis. O principal, contudo, é investigar as condições que devem ser cumpridas para se obter as estimativas, quais os melhores processos e qual o grau de confiança que se pode depositar nas avaliações, tendo-se em vista que a precisão das estimativas não só é controlada pelas medições, como também, pelo próprio procedimento de amostragem. Deste modo, o melhor processo de amostragem coerente com a população florestal é aquele que conduz à mais alta precisão obtida a um mínimo custo.

Em se tratando de inventários florestais parece lógico admitir, em princípio, que à medida que se aumenta a dimensão da parcela amostral obtém-se maior precisão nas estimativas. Entretanto, é importante salientar, conforme LOETSCH et alii (8), que parcelas muito grandes tendem a apresentar menor variabilidade, uma vez que existe uma compensação entre indivíduos e espaços, porém o processo pode tornar-se oneroso em razão do elevado número de elementos envolvidos no estudo, principalmente quando ocorrem interações de variáveis.

É evidente que a extensão da área a ser estudada e o tipo de floresta contribuem decisivamente no planejamento do inventário, induzindo ou não o uso de determinadas técnicas e tipos de amostragens.

O presente trabalho parte do princípio de que se deve estudar previamente o arranjo mais eficiente para o povoamento, levando-se em consideração suas características específicas, uma vez que a precisão e custo dos resultados alcançáveis estão estreitamente correlacionados com a forma e o tamanho das parcelas. Objetiva-se, assim, encontrar aquelas parcelas amostrais livres de erros, de tal modo que os futuros trabalhos experimentais para a espécie em questão possam ser conduzidos, tendo-se em conta a redução do tempo na coleta dos dados para o mesmo grau de precisão almejada. Procura-se, ainda, mostrar a influência que a mudança do tamanho e forma das unidades amostrais podem causar na magnitude das estimativas estudadas.

#### REVISÃO DA LITERATURA

Vários foram os critérios utilizados na determinação do tamanho, forma e intensidade das parcelas amostrais.

Segundo SPURR (10), o problema da amostragem está diretamente ligada à precisão requerida nos trabalhos e a um dado custo de operação. Salienta, entretanto, que amostra de 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>) podem ser consideradas como padrão para povoamentos maduros, enquanto parcelas de 0,04 ou 0,08 ha (400 ou 800 m<sup>2</sup>) para povoamentos jovens, embora amostras maiores fossem frequentemente indicadas para povoamentos

com considerável grau de abertura.

Em Portugal, por exemplo, tornou-se comum a utilização de amostras com superfícies variáveis de 0,02 a 0,1 ha (200 a 1000 m<sup>2</sup>) em florestas sujeitas a tratamentos culturais, conforme salienta GOMES (5). O plano de inventário florestal, segundo HUSCH (6), deverá ser preparado com base na investigação sobre a eficiência relativa das diferentes formas e tamanhos das unidades amostrais, mediante a comparação dos erros de amostragem e dos diferentes custos, a fim de selecionar aquela forma e dimensão capazes de proporcionar a melhor informação a um baixo custo.

SPURR (10), citando LISSDANIELS, concluiu que para as condições da Suécia poderiam ser utilizadas amostras retangulares de 0,02 ha (200 m<sup>2</sup>) para medir árvores com 29 cm ou mais de diâmetro. Para as classes de 17 a 28 cm deveriam ser usadas amostras de 0,008 ha (80 m<sup>2</sup>) e para o intervalo de 8 a 16 cm de diâmetro amostras de 0,002 ha (20 m<sup>2</sup>) igualmente retangulares.

A Direção Geral dos Serviços Florestais e Agrícolas de Portugal (3) utilizou parcelas circulares concêntricas, cujas dimensões variavam segundo a natureza dos estratos florestais. Assim, para povoamentos puros e mistos de Pinheiro bravo e Pinheiro manso foram usadas parcelas de 0,01 a 0,1 ha (100 a 1000 m<sup>2</sup>), enquanto que para povoamentos de *Eucalyptus* spp. variaram de 0,05 a 0,1 ha (500 a 1000 m<sup>2</sup>).

BRYAN (2) apresentou um procedimento para efetuar a correção da declividade, procurando-se ajustar as parcelas circulares aos terrenos inclinados.

LOETSCH et alii (8), citando NYSSOENEN, usou um sistema de amostragem formado por parcelas combinadas em relação às classes de diâmetro, verificando economia de tempo para o sistema combinado em comparação com o procedimento simples.

## MATERIAL E MÉTODOS

*Caracterização das Condições Ecológicas da Região* - O povoamento utilizado para este trabalho encontra-se situado no "Campus" da Universidade Federal de Santa Maria, localizado entre 29° 43' 11" de latitude S e 53° 43' 02" de longitude W, com uma área de ≈ 7,6 ha, cujo plantio fora efetuado em 1964 em espaçamento de 2 x 2 m, usando-se a espécie *Pinus taeda* L.

Segundo a classificação climática de KOEPPEN, a região apresenta um clima subtropical do tipo Cfa, caracterizado por uma temperatura superior a 22° C durante o mês mais quente, sendo que a temperatura do mês mais frio oscila entre -3° C a 18° C. O regime de chuvas da região é uniformemente distribuído durante todo o ano com precipitações variando entre os limites de 109 a 177 mm, apresentando um to

tal anual de 1691 mm. A ausência de um inverno muito frio e do déficit hídrico tornam a região de Santa Maria, ecológicamente, apta ao desenvolvimento do *Pinus taeda* L., conforme GOLFARI (4).

A topografia da região varia de suave a fortemente ondulada com altitudes variáveis de 100 a 500 m, porém o povoamento encontra-se em topografia plana.

*Estrutura da Amostragem* - Para a estruturação da amostragem pariu-se do princípio de que é inútil insistir sobre um procedimento de medição acurado, se as amostras não são correspondentemente precisas e representativas de toda a população. Não obstante o conhecimento da variação quanto à forma e dimensão das parcelas procurou-se relacionar, basicamente, apenas duas formas diferentes associadas às dimensões compreendidas entre os limites de 0,01 a 0,1 ha (100 a 1000 m<sup>2</sup>).

Para se efetuar a análise estatística e conseguir a variação das estimativas, foram tomados quatro grandes amostras casualizadas de 25 x 40 m, sendo cada uma delas subdivididas em dez parcelas retangulares com superfície iguais a 0,01 ha (100 m<sup>2</sup>). Sobre cada uma destas amostras foram, ainda, tomadas dez parcelas circulares de raio variável entre 5,64 m a 17,84 m em mesmo número e idênticas superfícies usadas no desenho anterior. Com este tipo de estrutura foi possível efetuar a comparação entre duas diferentes formas de parcelas de igual superfície. Cada parcela circular foi tomada no centro geométrico da parcela retangular de mesma superfície, evitando-se a ocorrência de grandes variações entre os elementos considerados. Entretanto, todas as demais parcelas a partir de 0,02 ha (200 m<sup>2</sup>), foram formadas pelo somatório das parcelas de 0,01 ha (100 m<sup>2</sup>) em número suficiente para cobrir a superfície desejada, cujo centro geométrico constituiu um ponto comum às duas formas de parcelas, respondendo, assim, ao centro de uma parcela circular de igual superfície.

*Marcação das Parcelas e Levantamento dos Dados* - As parcelas retangulares foram fixadas de tal modo que a menor amostra tivesse pelo menos duas fileiras de árvores. As parcelas circulares foram delineadas, tomando-se por base um octógono centrado no meio das amostras retangulares, assinalando-se os vértices do polígono e as distâncias radiais com auxílio de trenas e balizas. Considerando-se que a área de trabalho é praticamente plana, tornou-se desnecessário introduzir a correção nas dimensões das amostras circulares, segundo a proposição de BRYAN (2).

Em cada parcela foram medidas os diâmetros ao nível de 1,3 m do solo (DAP) para posterior computação da área basal e o tempo dispensado na medição de cada parcela. A Figura 1 mostra a distribuição total de frequência das árvores por classe de DAP e por parcela

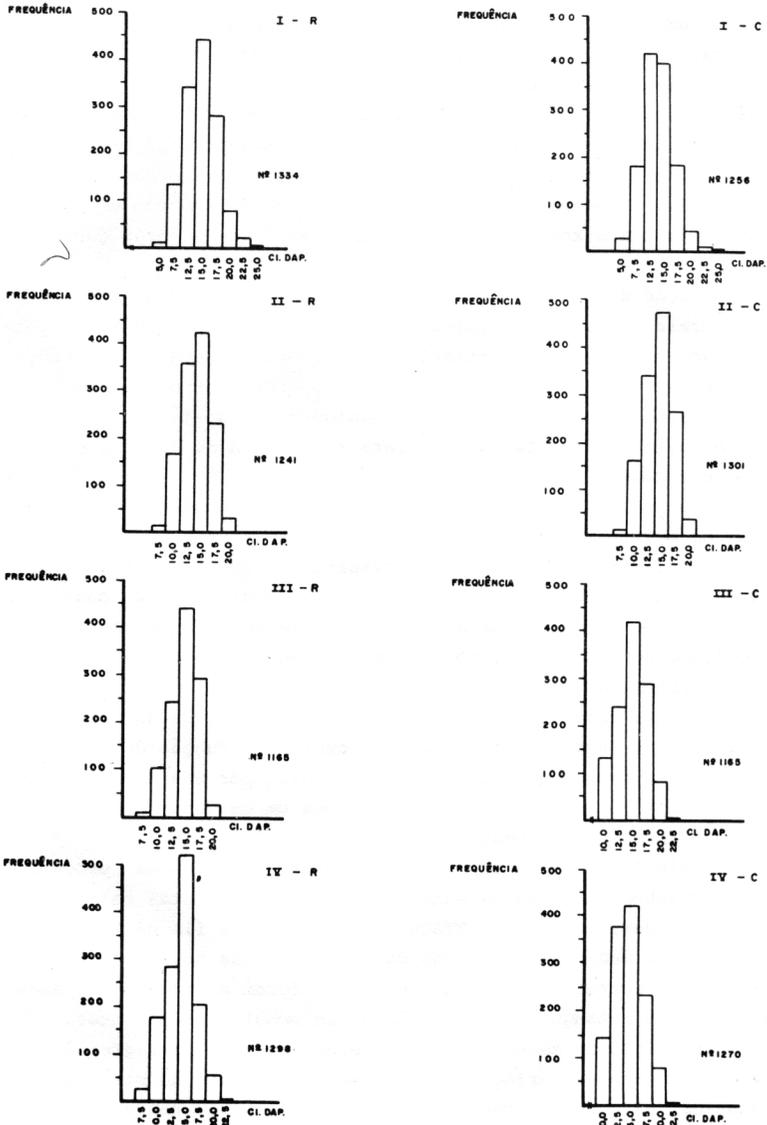
amostral de 1000 m<sup>2</sup>.

FIGURA 1 DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DAS ÁRVORES POR CLASSE DE DAP, REFERENTE A SÉRIE DE VALORES COLETADOS NAS PARCELAS RETANGULARES E CIRCULARES DISPERSAS NOS BLOCOS.

A intensidade de amostragem foi calculada ao nível de 0,05 p, ficando-se o erro de amostragem em 5%, sendo o coeficiente de variação tomado em função do melhor tamanho e forma da parcela de amostra, posteriormente obtido.

Sobre um papel transparente foi confeccionada uma rede quadriculada arranjada sobre o mapa plani-altimétrico da região, orientados segundo a linha Leste-Oeste.

Não obstante a contestação efetuada por JEFFERS, citado por BONILLA (1), onde a amostragem casual pode ser tendenciosa, preferiu-se este procedimento tendo-se em vista as dimensões do povoamento e sua uniformidade. O centro de cada parcela foi localizado com o auxílio de um sistema de eixos coordenados e uma tabela de números casualizados.

*Otimização do Desenho Amostral* - Otimizar o desenho ou as parcelas amostrais consiste em minimizar o custo total do inventário para determinada precisão das estimativas consideradas mais importantes (no presente caso a área basal), ou então, minimizar o erro de amostragem fixando-se o custo total. Em qualquer circunstância, custo e precisão devem ser uma função das características do desenho e da população estudada.

Segundo LOETSCH et alii (8) o custo total de amostragem, pode ser obtido multiplicando-se o número de amostras pelo custo médio de locomoção, e, adicionando-se a este resultado o produto obtido pelo custo médio de medição da parcela vezes a área da amostra considerada da como padrão e, ainda, pela intensidade de amostragem. Assim, o número ótimo de amostras tornou-se uma função não só da melhor dimensão como também dos custos específicos.

No presente caso, em razão das limitadas condições do povoamento, procurou-se expressar os referidos custos em função do tempo de medição das parcelas, tomando-se o custo total por uma medida de eficiência susceptível a posteriores conversões em unidades monetárias, conforme o interesse do pesquisador.

Para selecionar a melhor forma e tamanho das parcelas procurou-se simular sub-populações em número ilimitado, distintas pelo tamanho das unidades, conforme LOETSCH e HALLER (7), a fim de verificar o efeito que a mudança do tamanho da parcela causa nos coeficientes de variação e correlação. As subpopulações foram obtidas agrupando-se as parcelas retangulares em unidades de amostras adjacentes.

Como critério de seleção efetuou-se uma análise de regressão entre o coeficiente de variação e os diversos tamanhos de parcelas referidos, uma vez que tal coeficiente é uma função do tamanho das parcelas, podendo ser expressa do seguinte modo:

$$\text{Log CV} = \text{Log K} - b \text{Log A} \dots \dots \dots 1$$

onde:

- k e b = Constantes a determinar  
 A = Área individual da parcela de amostra  
 CV = Coeficiente de variação

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Estimativa do Tempo de Medição* - Efetuou-se as estimativas do tempo dispendido nas medições das parcelas como uma variável usada na medida de eficiência. Em se tratando de um povoamento pequeno e jovem, situado em terreno plano e uniforme, conforme o presente caso, houve-se por bem desconsiderar a componente tempo de deslocamento em tre parcelas, tomando-se o tempo total como uma função direta da área ou tamanho da amostra. O modelo linear ajustado aos diferentes tamanhos das parcelas retangulares e circulares mostrou ser suficiente para a estimativa do tempo da medição das parcelas. Assim, foram estimadas as seguintes regressões:

$$\begin{aligned} \text{Retangular } t &= 38,42 - 1,356. A \dots\dots\dots 2 \\ \text{Circular } t &= 48,83 - 1,294. A \dots\dots\dots 3 \end{aligned}$$

Sendo (t) o tempo em segundos e A a área da parcela amostral em metros quadrados. Realizado o teste de significância (teste t) entre as médias dos tempos dispendidos para medir as duas formas de parcelas, verificou-se existir diferenças não significativas entre os dois procedimentos de amostragens, ao nível de 0,1% de probabilidade. Determinou-se para as equações 2 e 3 um coeficiente de correlação igual a 0,999 e 0,995, respectivamente. Os tempos médios de medição foram, respectivamente, estimados em 784,25 seg. e 760,97 seg.

*Eficiência do Tamanho e Formas das Parcelas* - Tendo-se em vista os critérios de seleção das parcelas de amostras para as condições de trabalho, procedeu-se o cálculo dos coeficientes de variação nas diferentes parcelas retangulares e circulares, cujos resultados são tão registrados na Tabela 1. Verificou-se, deste modo, uma tendência normal de estagnação dos coeficientes de variação das parcelas retangulares referentes ao número de árvores e à área basal do povoamento à medida que aumentava a área das parcelas.

As parcelas circulares, entretanto, não apresentaram o mesmo comportamento, provavelmente, em razão do procedimento usado na delimitação das parcelas. As amostras circulares, embora definidas por uma única dimensão, ou seja, o raio da parcela, possuem certos inconvenientes como a dificuldade de marcação dos limites, principalmente em povoamentos densos.

A análise de variância para a equação 1, referente ao tamanho

Tabela 1. Coeficientes de variação referentes ao número de árvores e área basal relacionados com o tamanho e forma das parcelas amostrais individuais.

FORMAS		TAMANHO DAS PARCELAS - (m <sup>2</sup> )									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Retangulares	Nº de árvores	6,45	5,02	4,00	5,32	6,12	6,05	6,12	6,32	6,20	6,20
	Área Basal	9,49	10,00	11,00	7,76	7,87	7,10	6,81	6,80	6,66	6,20
Circulares	Nº de árvores	10,40	2,35	5,12	9,33	8,81	6,00	7,81	3,40	6,60	4,83
	Área Basal	5,54	9,61	3,70	13,66	9,20	6,00	6,70	3,90	3,51	7,89

das diversas amostras circulares, produziu resultados não significativos. Objetivando ganhar maior eficiência, procurou-se, então, agrupar as parcelas retangulares adjacentes em grupos distintos, simulando-se novas amostras para efeito de seleção, conforme LOETSCH e HALLER (7).

Neste sentido, o incremento da área da amostra provocou não só um decréscimo no coeficiente de variação da nova parcela simulada, como também um considerável aumento do coeficiente de correlação entre as parcelas adjacentes mostrando uma tendência de estagnação do CV. mais rápida que o processo original.

Entretanto, o mesmo critério não pôde ser aplicado às parcelas circulares, em razão da metodologia aplicada.

A análise de variância para a equação 1 relativa aos CV e aos diferentes tamanhos de parcelas retangulares forneceu resultados significativos ao nível de 5% de probabilidade, tanto para as amostras simuladas quanto para os dados originais. Os coeficientes de correlação, neste caso, foram respectivamente 0,89 e 0,86.

Estimou-se para os dados originais os seguintes coeficientes de regressão:

$$CV = 0,3120 \cdot A^{-0,2261} \dots\dots\dots 4$$

Para as amostras simuladas foram estimados os seguintes coeficientes:

$$CV = 0,3371 \cdot A^{-0,2727} \dots\dots\dots 5$$

A Figura 2 mostra o comportamento dessas variáveis em relação às áreas basais, evidenciando uma acentuada tendência de estagnação do CV. com o incremento da parcela, quando se agrupavam as amostras adjacentes. Ao contrário de OREGAN e PALLEY (9), verificou-se em ambos os processos uma relação não significativa entre o número de árvores e as superfícies das parcelas. Contudo, as parcelas combinadas neste caso, apresentaram um  $r = 0,85$ , embora não significativo.

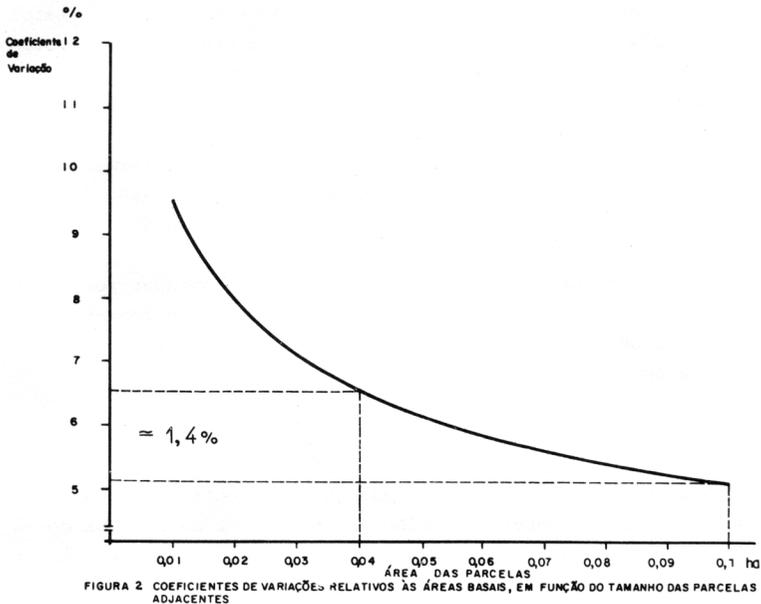


FIGURA 2 COEFICIENTES DE VARIAÇÃO RELATIVOS AS ÁREAS BASAIS, EM FUNÇÃO DO TAMANHO DAS PARCELAS ADJACENTES

Não obstante o pequeno grau de liberdade ocasionado pelo agrupamento das parcelas, verificou-se que o tamanho 0,04 ha ( $400 \text{ m}^2$ ) mostrou maior correlação com a área basal do povoamento, em comparação com os demais tamanhos, constatando-se que 99,16% da variação dos resultados podiam ser explicados pela correlação entre as referidas variáveis. Os coeficientes de correlação para as parcelas combinadas de 0,01 ha, 0,02 ha e 0,03 ha foram, respectivamente, estimados em 0,21, 0,67 e 0,97 sendo, portanto, inferiores ao de 0,04 ha ( $400 \text{ m}^2$ ).

Assim, de acordo com esta análise, e, tendo-se em conta que não houve diferença significativa entre os tempos de medição das parcelas retangulares e circulares, tomou-se a parcela retangular de 0,04 ha ( $400 \text{ m}^2$ ) como representativa da população.

O presente resultado foi, também, coerente com as observações de SPURR (10), onde recomendava que parcelas de  $400 \text{ m}^2$  podiam ser usadas para povoamentos jovens.

Baseado neste tamanho de parcela dividiu-se a população em unidades de amostras, a fim de posteriormente efetuar o estudo volumétrico e delimitar as futuras parcelas permanentes de experimentação.

Os limites de confiança para a área basal média foi de  $39,84 \text{ m}^2/\text{ha} \pm 4,94 \text{ m}^2/\text{ha}$ . O coeficiente de variação para a parcela retangu

lar de 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>) foi estimado em 6,57%.

Verificou-se, assim, que parcelas amostrais com dimensões superiores à mencionada não conduziram a maior precisão, senão a maior tempo de medição e, conseqüentemente, tornando o processo de obtenção de dados relativamente mais oneroso..

Tomando-se, por exemplo, amostras de 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>), em lugar de 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>) verificou-se uma redução no CV de apenas 1,4% e na intensidade de amostragem apenas três amostras. Em termos de superfícies seriam necessárias, com o tamanho de 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>), apenas 3600 m<sup>2</sup>, enquanto que com 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>) cerca de 6000 m<sup>2</sup>, considerando-se o mesmo nível de precisão.

Por outro lado, haveria ainda necessidade de dispender por parcela cerca de 39% a mais de tempo (veja equação 2), caso fossem utilizadas amostras de 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>), onerando conseqüentemente o procedimento de amostragem.

#### CONCLUSÕES

O agrupamento das parcelas retangulares adjacentes, através do processo simulado, proporcionou melhores resultados na escolha do tamanho da amostra. A parcela de 0,04 ha (400 m<sup>2</sup>) proporcionou maior eficiência que os demais tamanhos testados.

Não se constatou diferenças significativas (0,05 p) entre os tempos de medição das diferentes formas de parcelas. Igualmente, não se verificou relação significativa entre o número de árvores e as superfícies das amostras. O estudo das formas circulares ficou prejudicado, devendo ser posteriormente reconsiderado.

Recomenda-se, também que se incremente o número de parcelas de 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>), a fim de aumentar os graus de liberdade das amostras menores, quando ocorrer o agrupamento das parcelas adjacentes.

#### LITERATURA CITADA

1. BONILLA, J. A. - *Curso de Metodologia de la investigation en ciencias forestales*. Argentina, Universidad Nacional de Tucuman, 1973. 107 p.
2. BRYAN, M. B. - A simplified method of coneting for slop on circular sample plots, *Journ. For.*, U.S.A. 54:442-445, 1956.
3. DIREÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS FLORESTAIS E AGRÍCOLAS - *Inventário Florestal*. Lisboa, Secretaria de Estado da Agricultura, 1968. 49 p.
4. GOLFARI, L. - *Coníferas aptas para o reflorestamento nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul*, Rio

- 
- de Janeiro, Ministério da Agricultura (IBDF), 1971. 71 p.
5. GOMES, A. M. de A. - *Medição dos Arvozedos*. Lisboa, Livraria Sá da Costa, 1957. 413 p.
  6. HUSCH, B. - *Planning a forest inventory*. Roma, F.A.O., 1971. 120 p. nº 17.
  7. LOETSCH, F.; ZOEHRER, F. e HALLER, K. E. - *Forest inventory*. München, B.L.V. 1973. 469 p.
  8. LOETSCH, F. e HALLER, K. E. - *Forest inventory*. 2<sup>a</sup> ed., München, B.L.V. 1973. 436 p. v. 1.
  9. OREGAN, W. G. e PALLEY, M. N. - A computer technique for the study of forest sampling methods. *For. Sci.* 11(1):99-114. 1965.
  10. SPURR, S. H. - *Forest inventory*. New York, Ronald Press Co., 1951. 476 p.