

**COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS DE AMOSTRAGEM DE  
ÁREA FIXA, RELASCOPIA, E DE SEIS ÁRVORES, QUANTO  
A EFICIÊNCIA, NO INVENTÁRIO FLORESTAL DE UM  
POVOAMENTO DE *Pinus sp.***

**COMPARISON OF THE METHODS FIXED AREA,  
RELASCOPIE AND SIX TREES IN RELATIO TO  
EFFICIENCY, IN THE FOREST INVENTORY OF A *Pinus sp.*  
STAND.**

Araldo De Cesaro<sup>1</sup> Otto Arli Engel<sup>1</sup> César Augusto Guimarães  
Finger<sup>2</sup>

Paulo Renato Schneider<sup>2</sup>

**R E S U M O**

No presente trabalho foram comparados os métodos de amostragem de Área Fixa, Relascopia e de Seis Árvores, através do critério de eficiência relativa. O estudo foi realizado em povoamento de *Pinus sp.*, inventariado, pelos três métodos de amostragem, para um erro máximo admitido de 10% da média do volume e 95% de probabilidade de confiança. Os resultados mostraram ser mais eficiente o inventário conduzido com unidades amostrais de área fixa; enquanto o método da relascopia alcançou 80% e, o de seis árvores 60% de eficiência em relação ao primeiro, tendo sido levantadas, respectivamente, 9; 13 e 31 unidades de amostras, e totalizando 228; 326 e 336 minutos para alcançar a precisão desejada.

**Palavras-chave:** inventário florestal, amostragem, eficiência relativa, *Pinus*.

- 
1. Acadêmicos do Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 9719-900, Santa Maria (RS).
  2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 9719-900, Santa Maria (RS).

## SUMMARY

In this work it was compared the sampling method of fixed area, relascope and six trees, across the canon of relative efficiency. The study was realized in *Pinus taeda* L. stand for a maximum error admitted of 10% of middle volume and 95% of probability. The results showed to be more efficient the inventory conducted with sample units of fixed area; while the relascope method reached 80% and the six trees 60% of efficiency in the relation to the first, have been rising, respectively, 9, 13 and 31 units of samples, and totalizing 228; 326 and 336 minutes to reach the fixed precision.

**Key words:** forest inventur, sampling, relativ efficiency, *Pinus*.

## INTRODUÇÃO

O planejamento e administração dos distritos florestais ganha importância com o aumento da demanda dos produtos de origem florestal, a qual acentua-se cada vez mais com o crescimento demográfico. Neste sentido, a avaliação precisa e eficiente dos povoamentos florestais é decisiva para a aplicação de ações silviculturais e de exploração adequadas, técnica e economicamente, aos objetivos de manejo e econômicos da empresa.

As informações de ordem técnica são, na sua essência, obtidas através do inventário florestal, baseado nas técnicas de amostragem. Os métodos usados para inventariar populações florestais, buscam o menor erro para uma mesma quantidade de trabalho, fixada a precisão desejada para as informações a serem levantadas e que, posteriormente, serão usadas no planejamento da empresa. Assim, torna-se importante investigar, para o tipo florestal específico, os métodos e processos de amostragem que permitam, reduzir o custo do inventário o qual é diretamente influenciado pelo tempo de medição e pelo caminhamento.

Neste contexto, este trabalho objetivou comparar os métodos de amostragem de relascopia, seis árvores, e de área fixa, quanto ao tempo gasto para a coleta dos dados a campo, admitindo-se um erro máximo de 10 % da média, com 95 % de probabilidade de confiança.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As informações do estoque de madeira no sentido qualitativo e quantitativo necessárias ao planejamento são obtidas através do inventário. Essas informações normalmente referidas ao volume da floresta, ou mesmo para qualquer outra variável dendrométrica, podem ser obtidas por procedimentos de amostragem ou pela enumeração total das árvores.

A enumeração total ou censo, embora isenta de erros amostrais só é praticável em áreas pequenas e de grande importância econômica devido ao alto custo que representa esta operação. Por outro lado os procedimentos de amostragem permitem conhecer as estimativas desta população com alta precisão e baixo custo.

A amostragem de uma população pode ser realizada segundo vários métodos, os quais devem ser aplicados de acordo com as características da população para obter maior precisão com menor custo, sendo possível, em tese, aplicar qualquer método de amostragem a uma população florestal na busca das informações que se deseje. Entretanto, a não utilização de um método adequado as características da população estudada, certamente, levará a um grande incremento no custo do inventário. Outro fator, comum a qualquer método de amostragem, e que influi diretamente na quantidade de trabalho, no custo e precisão do inventário florestal, se refere ao tamanho e forma das unidades de amostra.

De acordo com HUSCH (1971) qualquer que seja a forma e tamanho da unidade amostral será possível calcular o volume de madeira da floresta sem erros sistemáticos; porém dadas certas características florestais a extensão e a forma ótima das unidades amostrais variam.

Assim, ao se planejar o inventário florestal, deve ser estudado o tamanho e a forma ideais para a população, através da comparação do número de unidades e custos correspondentes, buscando identificar aquela que proporcione a mesma informação com o mínimo de custo, com o mesmo erro de amostragem entre as formas e tamanhos comparadas.

De forma geral, o aumento da área da unidade de amostra

leva a redução da variância entre as unidades e a um menor número de unidades para um erro de amostragem fixado, quando comparado a unidades menores. Por outro lado, unidades amostrais muito grandes perdem em representatividade devido ao baixo número e ainda mostram rápido aumento do custo de medição e instalação (KRAMER & AKÇA, 1982).

Nesta mesma direção citam HUSCH *et al.* (1982) que em povoamentos homogêneos a precisão de amostragem tende a ser maior com o emprego de unidades pequenas devido ao maior número de unidades amostrais independentes; por outro lado em povoamentos heterogêneos, unidades pequenas produzem coeficientes de variação altos sendo então preferidas unidades maiores. O melhor, segundo os autores, será determinar a intensidade fixando primeiramente os limites de precisão que satisfaçam os objetivos do inventário florestal e após calcular o número de unidades amostrais para alcançá-la.

Os métodos de amostragem podem incluir unidades amostrais de área fixa, variável ou mesmo toda a população como no caso o 3P (Probability Proportional to Prediction) de GROSENBAUGH (1964).

A unidade de área fixa é, de acordo com STERBA (1986), a mais antiga. Nesta, a seleção das árvores ocorre com probabilidade proporcional a área, pois todas as árvores que se situarem no interior de uma unidade de amostra serão medidas.

A desvantagem de unidades amostrais com área fixa está em que povoamentos jovens ou de espaçamento reduzido terão medidos um maior número de árvores para representar um volume pequeno do que em um povoamento velho e que apresente maior volume. Assim florestas jovens ou de sítios ruins, que apresentam baixo volume, serão medidas com muito mais precisão do que povoamentos com grande volume ou de melhor sítio.

No método das 6 árvores não ocorre o problema de representatividade do número de árvores, pois o tamanho das unidades de amostra serão variáveis, de acordo com a distância entre o centro da unidade e o centro da sexta árvore mais próxima a este ponto de referência. Este método gera unidades de área circular sendo o método de seleção das árvores o de probabilidade proporcional a distância.

Outro método de área variável, no qual a seleção das árvores que compõem a unidade de amostra é de probabilidade proporcional ao tamanho, foi desenvolvido por BITTERLICH, em 1948. Neste, a seleção das árvores que compõem a unidade de amostra é realizada pela comparação do diâmetro da árvore com um ângulo de visada constante conforme apresentado por SILVA (1977), STERBA(1986), FINGER (1992), entre outros.

A comparação entre dois ou mais métodos de amostragem visando determinar, qual deles, proporciona o menor custo para uma mesma precisão, permite conhecer, para um determinado tipo florestal, o mais econômico, pois o tempo de instalação, medição e de caminhamento, entre eles, são distintos.

Para a determinação da forma e tamanho ideais de unidades de amostras HUSCH *et al.*(1982) basearam-se no método da eficiência relativa. Neste, o erro padrão, o custo e/ou o tempo de mensuração de um determinado tamanho e forma de unidade são comparados em relação a de outro tamanho e forma. Esta relação é expressa por:

$$e = (S_{x1})^2 \cdot t_1 / (S_{x2})^2 \cdot t_2$$

Onde: e = eficiência relativa;  $S_{x1}$  = erro padrão em percentagem para o tamanho da unidade de amostra a ser comparada;  $S_{x2}$  = erro padrão em percentagem para o outro tamanho da unidade de amostra;  $t_1$  = custo ou tempo para o tamanho e forma de referência;  $t_2$  = custo ou tempo para outro tamanho e forma.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área

O experimento foi instalado no Campus da UFSM, em um povoamento de *Pinus sp.*, na secção ao sul da Reitoria, contendo área de 4,6 ha.

O povoamento encontra-se com idade aproximada de 28 anos, tendo sofrido dois desbastes leves neste período, contando, atualmente, com cerca de 580 árvores por hectare. O diâmetro da árvore de área basal média é 29,5 cm, a altura 25,3 m e a altura

dominante 27,5 m.

### **Inventário florestal**

O inventário florestal foi realizado utilizando procedimentos de amostragem através do método de amostragem aleatória simples, repetido sobre a população três vezes, respectivamente, para o emprego de unidades amostrais de área fixa, de unidades relascópicas e de 6 árvores.

As unidades amostrais, para cada uma das ocasiões, foram aleatorizadas sobre o mapa do povoamento através de sistemas de coordenadas e tabelas de números aleatórios.

A fim de garantir condições que permitam comparar o tempo total gasto para a realização do inventário florestal foi admitido o erro máximo de 10 % do volume médio por hectare, com grau de confiança de 95 % de probabilidade para todos os três métodos testados.

O tamanho da unidade amostral de área fixa foi de 600 m<sup>2</sup>, respectivamente, 20 x 30 metros.

### **Medição de dados dendrométricos**

Com a finalidade de comparar o número de unidades amostrais e o tempo para a realização do inventário florestal através dos métodos de área fixa, relascopia e das seis árvores visando conhecer o volume de madeira por ha para o erro e probabilidade fixado, determinou-se, com cronômetro, os tempos parciais e totais de localização, instalação e, medição de diâmetro e alturas nas unidades amostrais.

Os dados coletados foram o dap (diâmetro a 1,30 m do nível médio do solo) de todas as árvores, medidos com suta diamétrica com precisão de 0,5 cm e a altura de todas as árvores enumeradas nas unidades de amostra de contagem angular e de seis árvores. Nas unidades de amostra de área fixa foram medidas as alturas das 15 primeiras árvores a partir do vértice esquerdo da unidade amostral e mais a altura das seis árvores dominantes, caso não estivessem entre as 15 primeiras alturas medidas, sendo as demais alturas estimadas por

regressão.

### **Cálculo do volume**

O volume das árvores das unidades amostrais de área fixa e pontos amostrais do tipo 6 árvores foram obtidos através da fórmula  $v = g \cdot h \cdot f$ , onde:  $v$  = volume da árvore em  $m^3$ ;  $g$  = área basal da árvore;  $h$  = altura;  $f$  = fator de forma, sendo considerado um valor médio de 0,5.

Na determinação da relação hipsométrica, empregada para estimar as alturas não mensuradas nas unidades de área fixa, foi utilizado o modelo recíproco:  $1 / \sqrt{h - 1,3} = b_0 + b_1 \cdot 1/d$ , tendo sido os coeficientes calculados pelo método dos mínimos quadrados, com 160 pares de dados de altura e diâmetro levantados nas unidades amostrais.

Nas unidades amostrais de área fixa o volume de cada unidade foi obtido pelo somatório dos volumes individuais das árvores medidas.

O volume das unidades do tipo seis árvores também foi obtido pelo somatório dos volumes das árvores medidas considerando entretanto, o volume da sexta árvore da unidade como a metade pois, a outra metade não pertence a esta unidade, de acordo com o apresentado por KRAMER & AKÇA, (1982) e STERBA (1986).

O volume de cada unidade de amostra foi a seguir extrapolado para o hectare por regra de três, a partir do cálculo da área da unidade, obtida pelo raio da mesma, compreendido como a distância do centro da unidade ao centro da sexta árvore.

Por outro lado, o volume representado pelas árvores nas amostras por contagem angular foi determinado pela relação  $V_{rep} = k \cdot h \cdot f$ , onde:  $k$  = constante angular da banda escolhida;  $h$  = altura da árvore;  $f$  = fator de forma artificial, aqui fixado em 0,5; e o volume por hectare obtido pelo somatório dos volumes representados pelas árvores contadas, conforme apresentado por FINGER (1992).

O volume das unidades de amostra foram calculados independentemente para cada uma delas e para cada um dos métodos

de amostragem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A relação hipsométrica calculada, para o modelo recíproco apresentou coeficientes  $b_0 = 0,180968$  e  $b_1 = 0,628663$ , ambos significantes pelo teste t. O coeficiente de determinação foi igual a 0,2457 e o erro padrão percentual igual a 8,2549 %. O coeficiente  $r^2$  alcançou 0,2457 e indica uma linha de regressão com pouca inclinação, entretanto, representando bem o povoamento atual; povoamento velho, já desbastado, e que apresenta um único extrato arbóreo.

A determinação do tempo para a realização do inventário florestal da população de *Pinus*, segundo os métodos de área fixa, relascopia e de seis árvores, estruturados com amostragem aleatória simples, admitido um erro máximo de 10% da média do volume, com 95 % de probabilidade de confiança, permitiu elaborar as Tabelas 1 e 2.

TABELA 1: Tempos totais em minutos por tipo de atividade para os três métodos amostragem.

Método de Amostragem	Número u.a.	Tempo total em minutos				Total
		Localiz.	Instalação	Med. dap	Med. h	
Área Fixa	9	22,73	25,40	65,70	113,72	227,55
Relascopia	13	47,13	52,32	27,58	198,62	325,65
Seis Árvores	31	99,12	63,67	36,20	137,13	336,12

A Tabela 01 mostra o número de unidades amostrais (u.a.) levantadas para um erro máximo de 10 % da média com 95 % de probabilidade de confiança, o tempo total, aqui considerado como o total gasto para o levantamento das " n " unidades no inventário, classificados em: localização das unidades amostrais (localiz.), que compreende o deslocamento entre as unidades amostrais; o tempo de instalação das unidades amostrais, o tempo de medição dos diâmetros

(Med. dap) e o tempo de medição das alturas (Med. h) dentro das unidades amostrais em cada método de amostragem.

Os resultados mostram para o erro e probabilidade fixados, que no método de área fixa foi necessário o menor número de unidades amostrais (09), e que foram gastos o menor tempo para a localização, 22,73 minutos e de instalação 25,40 minutos quando comparado com os demais. Após, seguiram-se os métodos da relascopia e de seis árvores com 13 e 31 unidades amostrais levantadas, tendo sido gastos cerca de 47 minutos e 52 minutos, respectivamente, para localização e instalação das unidades relascópicas e cerca de 99 minutos e 64 minutos para as mesmas operações no método de seis árvores.

Para a medição dos diâmetros foram necessários cerca de 28 minutos na relascopia, 36 minutos com o método de seis árvores e 66 minutos no método de área fixa.

A medição de altura consumiu aproximadamente 114 minutos nas parcelas de área fixa, 198 minutos e 137 minutos na relascopia e seis árvores respectivamente. Observa-se que o menor tempo de medição de altura, operação que demanda maior tempo no inventário, ocorreu no método de área fixa, mesmo tendo sido medidas, neste método, o maior número de alturas por unidade amostral. Deve-se lembrar que este resultado representa o tempo total na operação, o que é decorrência do menor número de unidades amostrais mensuradas no método de área fixa, seguido pelo de seis árvores e o da relascopia, fato este que pode ser verificado na Tabela 2, onde estão apresentados os tempos médios por operação. O tempo total gasto para a realização dos trabalhos de campo, localização e medições, foram cerca de 228 minutos para o método que empregou unidades amostrais com 600 m<sup>2</sup>; 326 minutos para a relascopia e, 336 minutos para seis árvores.

TABELA 2: Tempos médios em minutos por tipo de atividade para os três métodos de amostragem.

Método de Amostragem	Número u.a.	Tempo médio em minutos			Total	
		Localiz.	Instalação	Med. dap		
Área fixa	9	2,53	2,82	7,30	12,64	25,29
Relascopia	13	3,63	4,02	2,12	15,28	25,05
Seis árvores	31	3,20	2,05	1,17	4,42	10,42

Embora o número de árvores medidas na amostragem por seis árvores tenha sido bem inferior ao de área fixa e de relascopia, a necessidade de manter a precisão desejada no inventário florestal determinou um grande número de unidades amostrais a serem levantadas neste método e em consequência o maior tempo total.

A análise dos tempos médios por tipo de atividade, conforme apresentado na Tabela 02 mostra que o tempo de localização nas unidades de área fixa foi de 2,5 minutos, e de 3,2 e 3,6 minutos para as unidades amostrais de seis árvores e relascopia, respectivamente. Em relação ao tempo médio para instalação, as unidades de amostra de seis árvores consumiram, como esperado, o menor tempo, 2,0 minutos; seguido pelas de área fixa, 2,8 minutos e, pelas unidades relascópicas, 4,0 minutos. Para a medição dos diâmetros o tempo médio foi de 1,0 minuto para o método de seis árvores; 2,0 minutos para o da relascopia e 7,0 minutos para o de área fixa.

A medição de altura consumiu, em média, cerca de 5,0 minutos nas unidades do tipo seis árvores (reflexo do número reduzido de medições), 13 minutos nas unidades de área fixa e 15 minutos nas unidades relascópicas.

Os tempos totais médios (tempo de localização e medição de diâmetro e altura) consumidos nas unidades amostrais foram cerca de 25 minutos para as de área fixa e relascópicas e de 11 minutos nas unidades amostrais de seis árvores.

Nas operações realizadas no interior da unidade de amostra, o método das seis árvores foi o que apresentou o menor tempo por operação. Este resultado se repetiu na composição do tempo total por

unidade de amostra quando comparado os tempos médios. Por outro lado, este método requereu o maior tempo total de levantamento no campo, devido ao grande número de unidades amostrais necessárias para atender a precisão pré-determinada.

O cálculo da eficiência para a comparação entre os três métodos de amostragem testados permitiram elaborar a Tabela 3. Nessa Tabela são apresentadas a intensidade de amostragem, representada pelo número de unidades amostrais, o volume médio em  $m^3/ha$ , o coeficiente de variação percentual entre estas médias, o erro padrão relativo percentual, o tempo total para execução do inventário, o qual compreende: a localização, instalação, medição de diâmetro e altura, e a eficiência calculada em relação ao método de amostragem de área fixa.

Conforme mostram os dados da Tabela 3 para o erro amostral máximo fixado em 10 % da média, no método de área fixa foram necessárias 9 unidades amostrais. Este, apresentou a maior eficiência entre os três métodos testados, mesmo tendo sido observado um erro padrão relativo superior ao método de relascopia. Neste caso, o fator que determinou a maior eficiência foi o menor número de unidades amostrais, determinando um menor tempo de abordagem dos dados. O erro padrão relativo foi menos representativo que o tempo na determinação da eficiência.

Os demais métodos; o de seis árvores, mostrou a menor eficiência (60%) e o da relascopia (80%) quando comparados com o de área fixa.

TABELA 3: Eficiência relativa entre o método da relascopia e de seis árvores em relação ao de área fixa.

<b>Método de amostragem</b>	<b>Nº u.a.</b>	<b>Volume médio <math>m^3/ha</math></b>	<b>Coef. Var. %</b>	<b>Erro padrão relativo %</b>	<b>Tempo total ( min.)</b>	<b>Eficiência</b>
Área fixa	9	527,35	13,18	21,45	227,55	1
Relascopia	13	568,53	14,27	20,05	325,65	0,8
Seis árvores	31	543,76	31,63	22,02	336,68	0,6

## CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitiram concluir com base no inventário florestal aplicado à população estudada, considerando um erro amostral máximo admitido de 10 % da média, com 95 % de probabilidade de confiança que:

a) O emprego de unidades de área fixa proporcionou o menor tempo total do inventário, bem como o menor número de unidades amostrais para a precisão requerida, seguido dos métodos de relascopia e de seis árvores;

b) O método de seis árvores mostrou o menor tempo médio por unidade amostral para a realização do inventário florestal; (11 minutos), enquanto os métodos de relascopia e de área fixa mostraram tempos semelhantes entre si (cerca de 25 minutos);

c) A maior eficiência observada entre os três tipos de unidades foi a de área fixa. Como estas unidades cobriram maior área que os demais métodos, abrangeu maior variabilidade da população em cada unidade amostral, o que determinou um menor número de unidades amostrais para a precisão fixada, reduzindo, por conseguinte, o tempo total de inventário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FINGER, C.A.G. Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 269p.
- HUSCH, B. Planificación de un inventário forestal. Roma: FAO, 1971. 135p. (Estudios de silvicultura y productos forestales).
- HUSCH, B., MILLER, C.I., BEERS, T.W. Forest mensuration. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402p.
- RAMER, H., AKÇA, A. Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Frankfurt a. M.: Sauerland, 1982. 251p.
- SILVA, J.A. Biometria e estatística florestal. Santa Maria: UFSM, 1977. 235p.
- STERBA, H. Holzmesslehre. Wien: Inst. f. Forstl. Ertragslehre der Univ. f. Bodenkultur, 1986. 169p.