

INVENTÁRIO FLORESTAL POR FAIXAS DE AMOSTRAGEM¹

JOSÉ IMAÑA ENCINAS²

RESUMO - O trabalho mostra o procedimento de cálculo de um levantamento florestal de 32 hectares, utilizando o modelo de linhas de amostragem. Foram medidas 1.072 árvores em 20 parcelas de 600 metros quadrados cada. O volume médio por hectare é de 38,32 m³. O erro de amostragem do modelo é igual a 4,15%.

Termos para indexação: mensuração florestal.

FOREST INVENTORY BY LINE SAMPLING

ABSTRACT - This paper shows a mathematical procedure of a forest inventory of 32 ha, using a model of line sampling. One hundred and seventy-two trees in 20 sampling plots of 600 square meters each were measured. The average volume per hectare is 38,32 m³. The sampling error is equal to 4.15%.

Index terms: forest mensuration.

INTRODUÇÃO

O inventário florestal procura basicamente conhecer quantitativa e qualitativamente parâmetros dendrométricos de um determinado tipo de floresta. Os levantamentos por amostragem mostraram ser eficientes e confiáveis na descrição desses parâmetros.

Os primeiros inventários florestais executados no Brasil tiveram início na região amazônica, através de levantamentos realizados pela missão FAO (Heinsdijk 1958), na década de 50. Esses levantamentos tiveram nível de reconhecimento com intensidades de amostragem menores a um milésimo da área (Heinsdijk & Bastos 1965). A partir de 1970, com os trabalhos realizados pelo IBDF na região amazônica, se estabelece como metodologia clássica para os inventários florestais, em florestas nativas, o processo de amostragem em conglomerados (Lanly 1978).

Em áreas onde se torna impraticável o levantamento de dados dendrométricos e volumétricos através da amostragem por conglomerados, caso específico de alguns tipos de vegetação natural dos Cerrados, escolheu-se o

modelo de inventário florestal por faixas de amostragem, baseado em princípios matemático-estatísticos.

Loetsch et al. (1973) indica que já em 1881, Brandis, na Índia, foi o primeiro a usar faixas de amostragem de 100 pés (30,40 m) de largura, marcadas com varas de bambu de 10 pés (3,40 m) de comprimento. Esse levantamento corresponde ao primeiro inventário florestal realizado em florestas tropicais. A diferença com os modelos atuais é que na época ainda não era possível calcular o erro de amostragem.

Os objetivos do presente estudo foram: a. obter informações quantitativas e qualitativas dos conteúdos volumétricos de madeira de um cerradão, visando à produção de carvão vegetal. b. testar e apresentar um modelo de amostragem a ser utilizado em inventários florestais de áreas relativamente pequenas, inferiores a 500 hectares, onde as populações a serem observadas não fossem muito heterogêneas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo

A área escolhida foi um cerradão situada na Fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade de Brasília. Geograficamente, a área de estudo localiza-se nas coordenadas 15°56'14" latitude Sul e

¹ Aceito para publicação em 5 de outubro de 1990.

² Eng. - Florestal, M.Sc., Dr. rer. nat., Prof., Univ. de Brasília (UnB). Dep. Eng. Florestal, Caixa Postal 15.2877, CEP 70919 Brasília, DF.

47°56'8" longitude Oeste de Greenwich, no Distrito Federal, numa altitude de 1.160 m.

A delimitação cartográfica da área do cerradão, objeto do presente estudo, abrangeu 32 hectares, correspondendo aproximadamente a 0,8% da área total da fazenda.

Desenho da amostragem

No modelo do inventário florestal por faixas, as linhas de amostragem constituem as unidades básicas estatísticas. Essas linhas poderão estar distribuídas por princípios inteiramente casualizados ou modelos sistemáticos. Para efeito do presente estudo, as linhas de amostragem foram distribuídas ao acaso. O comprimento da linha foi diferente em cada uma delas, dependendo da abrangência da superfície coberta pelo tipo de vegetação a ser estudada.

As unidades de registro constituem as parcelas de amostragem, localizadas nas linhas. De fato, as parcelas poderão estar situadas segundo os princípios de distribuição probabilística. Para o caso específico do presente trabalho, a unidade de registro teve uma área retangular de 600 metros quadrados (20 x 30 m), distribuídas sistematicamente em desigual número por linha de amostragem. As unidades estatísticas foram selecionadas aleatoriamente (Fig. 1).

A linha-base, uma estrada existente, foi estabelecida partindo da estrada principal da fazenda, na direção 15°54' leste, que atravessa a área objeto do presente trabalho.

As linhas de amostragem ficaram sempre perpendiculares à linha base, determinadas através de uma bússola.

Para a escolha das unidades básicas, a área foi traçada por linhas de amostragem. Utilizando uma tabela de números aleatórios, foram sorteadas sete linhas de amostragem.

Processo de mensuração

As variáveis dendrométricas foram a circunferência à altura do peito (CAP), circunferência da base (Cb) à altura de 0,20 m do solo, e a altura total (H) da árvore. Foram consideradas as árvores com Cb igual ou maior que 20 cm. Para o efeito, foram utilizadas fitas métricas de 1,50 m. A altura da árvore foi determinada com réguas de topografia de 4 m e o hipsômetro de Weise.

A identificação botânica foi realizada durante o levantamento de campo, e as espécies cuja identificação não foi possível tiveram amostras botânicas coletadas para posterior encaminhamento ao herbário da Universidade de Brasília.

Análise estatística

O cálculo da fração de amostragem corresponde à fórmula:

$$f = a/A \quad (1)$$

onde, a = área realmente inventariada, e
A = área total do inventário.

A proporção q será então definida por:

$$q = \frac{\bar{y}}{\bar{x}} \quad (2)$$

onde,

\bar{y} = volume médio calculado por linha de amostragem.

\bar{x} = média da área de amostragem.

Em consequência, o cálculo do erro de amostragem é dado como segue (Cossio 1970):

$$S\bar{q}^2 = \frac{(1-f)q^2}{n(n-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\bar{x}^2} + \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{\bar{y}^2} - \frac{2\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\bar{x}\bar{y}} \right] \quad (3)$$

onde,

$S\bar{q}^2$ é a variância de amostragem,
 x_i a área da linha de amostragem,
 y_i o volume por linha de amostragem,
 n o número de unidades estatísticas.

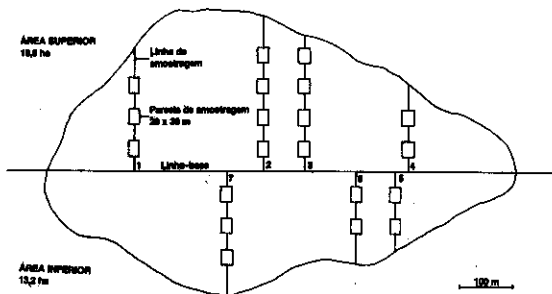


FIG.1. Plano esquemático do modelo de amostragem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área do estudo ecologicamente corresponde a um cerradão (Ratter 1985). A área do inventário abrangeu 32 hectares.

As parcelas de amostragem das sete unidades estatísticas deram uma área total de 1,2 ha.

Conseqüentemente, o cálculo da fração, fórmula 1, forneceu 0,0375% da área inventariada, superfície plenamente aceitável para o cálculo de extrapolação de dados da área total.

A Tabela 1 mostra a freqüência das 26 espécies inventariadas. A falta de material botâ-

nico (flor e fruto) não permitiu a completa identificação de uma delas: Melastomataceae. O total de árvores medidas foi de 1.072, distribuídas num intervalo do valor da circunferência de base entre 20,00 e 87,00 cm (Tabela 2), permanecendo 75% dos indivíduos nas classes inferiores a 45 cm.

Ratter (1985), no estudo realizado na Fazenda Água Limpa, concluiu que o transecto na Reserva do Cerradão forneceu 1.112 indivíduos por ha com DAP superior a 3 cm; a área basal por ha correspondeu a 13,0268 m². Outro transecto, com 70 pontos de amostra-

TABELA 1. Freqüência florística (absoluta e relativa).

Nome científico	Linha de amostragem							Abs.	Rel.
	1	2	3	4	5	6	7		
<i>Aspidosperma tomentosum</i>			01		03			04	0.37
<i>Bowdichia virgilioides</i>	06			02			03	11	1.03
<i>Blepharocalyx suaveolens</i>		01		02		01		04	0.37
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	03	01	16	04	11	04	09	48	4.48
<i>Caryocar brasiliense</i>	04	07	05	08	25	08	19	76	7.09
<i>Conarus suberosus</i>	02		01	01				04	0.37
<i>Dalbergia violacea</i>	07	05	04	12	15	09	12	64	5.97
<i>Didymopanax macrocarpum</i>	03	01	02		04	10		20	1.87
<i>Erioteca guacelipsis</i>	04	03	01	04				12	1.12
<i>Erythroxylum suberosum</i>		03			08	05		16	1.49
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	04							04	0.37
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	01	03	02		02	07	09	24	2.24
<i>Kielmeyera coriacea</i>		09		02	08		13	32	2.99
Melastomataceae	08		02	07	11	05		33	3.08
<i>Miconia phoeliana</i>	02			08	10			20	1.87
<i>Quratea acuminata</i>	14	10	18	24	31	11	12	120	11.19
<i>Palicourea rigida</i>	03	05						08	0.75
<i>Pouteria ramiflora</i>	05	06	05	21	04	15	12	68	6.34
<i>Pisonia noxia</i>		01	01	06		01		09	0.84
<i>Plathymenia reticulata</i>					04	04		08	0.75
<i>Qualea grandiflora</i>	17	31	32	49	43	47	36	255	23.79
<i>Roupala montana</i>			04	04				08	0.75
<i>Sclerolobium aureum</i>	04	03	04		05	04		20	1.87
<i>Shefflera macrocarpum</i>	04							04	0.37
<i>Stryphnodendron barbatiman</i>	04	05	05	08	12	04	06	44	4.10
<i>Vochysia elliptica</i>	08		06	10		05	07	36	3.36
<i>Arvore morta</i>	16	13	07	27	28	09	20	120	11.19
Totais	119	107	116	199	224	149	158	1072	100

TABELA 2. Distribuição das classes da circunferência da base (Cb).

Classe (cm)	f	f(%)
20,00-24,00	112	10,45
25,00-29,00	232	21,64
30,00-34,00	208	19,40
35,00-39,00	136	12,69
40,00-44,00	112	10,45
45,00-49,00	76	7,09
50,00-54,00	52	4,85
55,00-59,00	64	5,97
60,00-64,00	24	2,24
65,00-69,00	16	1,49
70,00-74,00	16	1,49
75,00-79,00	12	1,12
80,00-84,00	8	0,75
85,00-89,00	4	0,37
Totais	1.072	100,00

gem, no mesmo tipo de vegetação, forneceu 943,63 indivíduos por ha.

O número de indivíduos achados neste levantamento foi de 94 árvores/ha com Cb maior que 20 cm.

No relatório do inventário florestal do Distrito Federal (Centro de Pesquisas Florestais 1972), o número de indivíduos/ha para o cerrado indica ser maior que 181,33 com DAP acima de 5 cm, correspondendo a um volume de madeira que poderá variar entre 16 e 50 m³/ha.

O cálculo da área basal mostrou que a variação nas 20 parcelas de amostragem ficou pequena. A área basal média por ha correspondeu a 14,7 m² (Tabela 3), valor próximo ao achado por Ratter (1985).

O coeficiente de variação para o CAP estabeleceu-se entre 33 e 44%, e para a altura total da árvore, entre 34 e 56%.

Para o cálculo de volume, utilizou-se a fórmula convencional

$$V = AB * H * ff,$$

sendo que o fator de forma ficou estabelecido para essa região em 0,45 (Imafia 1989), espe-

rando obter um erro não maior que 15% do valor do volume médio, numa probabilidade de 95% do valor médio verdadeiro.

O volume médio por hectare forneceu 38,32 m³. Os limites de confiança foram calculados segundo o seguinte procedimento:

$$S\bar{y}^2 = \frac{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n y_i - \bar{y} \right)^2}{n} \cdot \frac{N-n}{n-1}$$

onde N = número total de parcelas amostrais, e n = número de parcelas medidas.

Conseqüentemente,

$$S\bar{y}^2 = 5,3265$$

e o intervalo de confiança para o volume ao nível de 0,95% de probabilidade é igual a

$$PE (38,3229 \pm 5,6474 \text{ m}^3/\text{ha}) 0,95.$$

Para o cálculo da precisão, os dados foram organizados segundo a Tabela 4, onde a área corresponde à superfície coberta por cada linha de amostragem. O volume foi determinado com dados correspondentes da Tabela 3.

Segundo a fórmula 2, a proporção, de acordo com os dados da Tabela 4, é igual a

$$q = \frac{15,5525}{0,4021} = 38,6782$$

$$q^2 = 1.496,0032.$$

TABELA 3. Parâmetros médios calculados.

Linha de amostragem	Área basal m ² /ha	Altura m	Volume m ³ /ha
1	13,332	4,43	37,2467
2	22,341	5,38	48,5967
3	12,824	4,97	32,5083
4	12,998	4,71	38,2400
5	14,979	4,92	31,8350
6	15,133	6,04	44,3083
7	11,288	5,32	35,5250
Média	14,6992		38,3229

TABELA 4. Parâmetros para o cálculo do erro de amostragem.

Linha de amostragem	Área (ha)		Volume (m ³)		Produto x _i y _i
	x _i	x _i ²	y _i	y _i ²	
1	0,4288	0,1839	15,9714	225,0856	6,8485
2	0,5480	0,3003	26,6310	709,2102	14,5938
3	0,4886	0,2387	15,8836	252,2887	7,7607
4	0,3082	0,0950	11,7856	138,9004	3,6323
5	0,3018	0,0911	9,6078	92,3098	2,8996
6	0,3098	0,9060	13,7267	188,4223	4,2525
7	0,4296	0,1846	15,2615	232,9134	6,5563
n	2,8140	1,1896	108,8676	1839,1304	46,5437
Médias	0,4021		15,5525		

O erro de amostragem calculado através da fórmula 3 forneceu os seguintes parâmetros:

$$S\hat{q}^2 = 34,2834 (7,3568 + 7,6035 - 14,8852)$$

$$S\hat{q}^2 = 34,2834 (0,0751)$$

$$S\hat{q}^2 = 2,5747$$

Conhecido o erro de amostragem, que corresponde estatisticamente à variância dos parâmetros, a precisão ou erro do modelo é dado pela seguinte fórmula (Cochran 1963):

$$S\hat{q} \% = \frac{s\hat{q} 100}{q}$$

O desvio médio será, então, 1,6046, ficando em 4,15% o erro de amostragem do modelo.

Inventários florestais realizados em povoações artificiais de *Eucalyptus* e *Pinus* spp. deram erros de amostragens entre 10% (IBDF 1984b) e 15% (IBDF 1984a) ao nível de probabilidade de 0,95.

CONCLUSÕES

1. O erro de amostragem tem um valor baixo, satisfatório para as análises estatísticas.

2. O modelo de amostragem adapta-se plenamente à vegetação dos cerrados em qualquer tamanho de superfície topográfica.

3. O cálculo do erro de amostragem mostra a eficiência do modelo, sendo que seu processo de cálculo é simples e de fácil aplicação.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo Auxílio de Bolsa de Pesquisa recebido, que permitiu a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- CENTRO DE PESQUISAS FLORESTAIS. *Inventário florestal do Distrito Federal*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1972. 199p.
- COCHRAN, W. *Sampling techniques*. 2.ed., New York: John Wiley, 1963. 549p.
- COSSIO, G. Diseño de inventario y cálculo de precisión. *Notas Técnicas*, Bogotá, Colombia, v.1, n.1/6, p.21-30, 1970.
- HEINSDIJK, D. Forest inventory in the Amazon Valley. Part 3. Region between Rio Tapajós and Rio Madeira. Roma: FAO, 1958. 17p. (Report nº 969.83).
- HEINSDIJK, D.; BASTOS, A. de M. *Forest inventories in the Amazon Valley*. Roma: FAO, 1965. 78p. (Report nº 2080).

- IBDF. **Inventário florestal nacional, reflorestamento, Minas Gerais.** Brasília, 1984a. 125p.
- IBDF. **Inventário florestal nacional, reflorestamento, Paraná e Santa Catarina.** 1984b. 283p.
- IMAÑA, J. Cálculo do coeficiente de volume no cerrado grosso de Brasília. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília, v.24, n.12, p.1457-1459, 1989.
- LANLY, J.P. **Metodologia e procedimentos operacionais para o inventário de pré-investimento na Floresta Nacional de Tapajós.** Brasília: IBDF-PRODEPEF, 1978. 36p.
- LOETSCH, F.; ZÖHRER, F.; HALLER, K.E. **Forest inventory.** Munique: BLV, 1973. 469p., v.2.
- RATTER, J.A. **Notas sobre a vegetação da Fazenda Água Limpa (Brasília, DF).** Edinburgh: Royal Botanic Garden, 1985. 135p.