



Universidade Federal do Espírito Santo
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias
Departamento de Ciências Florestais e da
Madeira



CAPÍTULO IX

Inventários Florestais Contínuos

Professor Gilson Fernandes da Silva

1 - Introdução

De acordo com NETTO e BRENA (1993), o **monitoramento** de uma população florestal, ou seja, o **acompanhamento de sua evolução através do tempo**, exige a realização de sucessivas abordagens na população em intervalos de tempo apropriadamente definidos.

Estas abordagens permitem **avaliar o caráter dinâmico da população**, bem como uma série de variáveis indispensáveis para a definição do manejo a ser aplicado à floresta em um horizonte de tempo pré-determinado.

Os inventários florestais sucessivos permitem a obtenção de uma série de informações fundamentais aos manejadores tais como:

- ✓ Mudanças volumétricas ocorridas entre ocasiões distintas (crescimento da floresta);
- ✓ Avaliação de densidade de estoque;
- ✓ Resultados de tratamentos aplicados: estoque antes e após desbaste;
- ✓ Medidas de danos;
- ✓ Índice de local (sítio);
- ✓ Mortalidade.

Em florestas naturais, além das informações citadas, tem-se ainda informações sobre a dinâmica da comunidade florestal, tais como:

- ✓ Mudanças na riqueza e diversidade das espécies;
- ✓ Mudanças na regeneração natural;
- ✓ Mudanças nas estruturas, horizontal, vertical, diamétrica e volumétrica.

Assim, os inventários florestais sucessivos são essenciais para o planejamento das operações de exploração florestal, nas transações de compra e venda, na localização de estradas, acampamentos, das operações de plantio e outras.

2 - Tipos de inventários sucessivos

De acordo com HUSCH *et al.* (2003), a amostragem em ocasiões sucessivas tem três objetivos principais:

- ✓ Estimar quantidades e características da floresta presentes no primeiro inventário;
- ✓ Estimar quantidades e características da floresta presentes no segundo inventário;
- ✓ Estimar as mudanças ocorridas na floresta entre os dois inventários.

Neste sentido, os inventários florestais sucessivos podem ser classificados de acordo com o tipo de parcela utilizado, tal como descrito a seguir:

Amostragem independente (AI): Faz uso apenas de **parcelas temporárias**. Nesse tipo de inventário, novas unidades de amostra são lançadas na época de cada medição. A grande **vantagem** da AI é o **baixo custo** e sua eficiência na estimativa do volume corrente. Por outro lado, apresenta **menor eficiência** quanto às **estimativas de crescimento** periódico.

Amostragem com repetição total de unidades (ART): As **unidades amostrais medidas na primeira ocasião são remedidas na segunda ocasião**, bem como **em todas as ocasiões sucessivas**. A principal **vantagem** da ART é a avaliação periódica do crescimento da floresta, estimado com **pequeno erro-padrão da mudança**. No entanto, é um sistema com **pouca flexibilidade e caro**.

Amostragem dupla (AD): Utiliza **parcelas temporárias** e **permanentes** na **primeira ocasião** e **apenas parcelas permanentes** na **segunda**. No segundo inventário, uma parte das unidades tomadas na primeira ocasião é remeida.

Este método tem a seu favor a forte correlação existente entre **os volumes** da primeira e segunda ocasiões, **estimados a partir das unidades permanentes**, permitindo ajustar uma regressão linear, obtendo-se, assim, as estimativas dos volumes das parcelas temporárias nas ocasiões em que elas não foram medidas.

Amostragem com repetição parcial de unidades (ARP):

São utilizadas **parcelas temporárias** e **permanentes**, **divididas em três grupos**.

- ✓ O primeiro grupo é formado por parcelas temporárias medidas somente na primeira ocasião.
- ✓ O segundo grupo é formado por parcelas permanentes medidas em ambas as ocasiões.
- ✓ O terceiro grupo é composto por novas parcelas temporárias medidas na segunda ocasião.

3 - Amostragem com repetição total (ART)

3.1 - Estimadores dos parâmetros

Primeira Ocasião:

a) Média

$$\bar{x}_u = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} x_{ui}}{n_1}$$

b) Variância

$$s_{xu}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (x_{ui} - \bar{x}_u)^2}{n_1 - 1}$$

c) Variância da Média

$$s_{\bar{x}u}^2 = \frac{s_{xu}^2}{n_1} \left(1 - \frac{n_1}{N_1} \right)$$

d) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}u} = \pm \sqrt{s_{\bar{x}u}^2}$$

e) Erro de Amostragem

- Erro Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{x}u}$$

- Erro Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{x}u}}{\bar{x}_u} 100$$

f) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC[\bar{x}_u - ts_{\bar{x}_u} \leq \mu \leq \bar{x}_u + ts_{\bar{x}_u}] = P$$

g) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC[(\bar{x}_u - ts_{\bar{x}_u})f_c \leq \mu \leq (\bar{x}_u + ts_{\bar{x}_u})f_c] = P \quad \text{em que} \quad f_c = \frac{A_h}{a_p}$$

h) Total da População

$$\hat{X} = N\bar{x}_u$$

i) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC[\hat{X}_u - Nts_{\bar{x}_u} \leq X \leq \hat{X}_u + Nts_{\bar{x}_u}] = P$$

j) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC[\bar{x}_u - ts_{\bar{x}_u} \leq \mu] = P$$

Segunda Ocasião:

a) Média

$$\bar{y}_n = \frac{\sum_{h=1}^{n_2} y_{nh}}{n_2}$$

b) Variância

$$s_{yn}^2 = \frac{\sum_{h=1}^{n_2} (y_{nh} - \bar{y}_n)^2}{n_2 - 1}$$

c) Variância da Média

$$s_{\bar{y}_n}^2 = \frac{s_{yn}^2}{n_2} \left(1 - \frac{n_2}{N_2} \right)$$

d) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{y}_n} = \pm \sqrt{s_{\bar{y}_n}^2}$$

e) Erro de Amostragem

- Erro Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{y}_n}$$

- Erro Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{y}_n}}{\bar{y}_n} 100$$

f) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC [\bar{y}_n - ts_{\bar{y}_n} \leq \mu \leq \bar{y}_n + ts_{\bar{y}_n}] = P$$

g) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC [(\bar{y}_u - ts_{\bar{y}_n}) f_c \leq \mu \leq (\bar{y}_u + ts_{\bar{y}_n}) f_c] = P \quad \text{em que } f_c = \frac{A_h}{a_p}$$

h) Total da População

$$\hat{Y} = N\bar{y}_n$$

i) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC [\hat{X}_u - Nts_{\bar{x}_u} \leq X \leq \hat{X}_u + Nts_{\bar{x}_u}] = P$$

j) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC [\bar{y}_u - ts_{\bar{y}_n} \leq \mu] = P$$

Estimadores de crescimento:

a) Média

$$\bar{D}_m = (\bar{y}_n - \bar{x}_u) \quad \text{em que:}$$

\bar{D}_m = Diferença das médias entre as duas ocasiões.

b) Variância da média

$$s_{\bar{D}_m}^2 = s_{\bar{x}_u}^2 + s_{\bar{y}_n}^2 - \frac{2 \text{cov}(x, y)}{m} \quad \text{em que}$$

$s_{\bar{x}_u}^2$ e $s_{\bar{y}_n}^2$ = variâncias dos estoques na primeira e segunda ocasião, respectivamente.

$\text{cov}(x, y)$ = covariância entre as duas ocasiões.

m = número de unidades tomadas na primeira ocasião e remedidas na segunda ocasião.

c) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{D}_m} = \pm \sqrt{s_{\bar{D}_m}^2}$$

d) Erro de Amostragem

- Erro Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{D}_m}$$

- Erro Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{D}_m}}{D_m} 100$$

e) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC\left[\bar{D}_m - ts_{\bar{D}_m} \leq \mu \leq \bar{D}_m + ts_{\bar{D}_m}\right] = P$$

f) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC\left[\left(\bar{D}_m - ts_{\bar{D}_m}\right)f_c \leq \mu \leq \left(\bar{D}_m + ts_{\bar{D}_m}\right)f_c\right] = P \text{ em que } f_c = \frac{A_h}{a_p}$$

g) Total da População

$$\hat{Y} = N\bar{D}_m$$

h) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC\left[\hat{D}_m - Nts_{\bar{D}_m} \leq X \leq \hat{D}_m + Nts_{\bar{D}_m}\right] = P$$

i) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC\left[\bar{D}_m - ts_{\bar{D}_m} \leq \mu\right] = P$$

3.2 - Exemplo aplicativo da ART

Exemplo relativo a população de *Eucalyptus* sp, situada no município de Lençóis Paulista – SP, da qual foi obtida uma amostra constituída de **45 unidades amostrais permanentes**. Os volumes das unidades, obtidos em uma mesma área, aleatoriamente e com remedição das mesmas unidades na segunda ocasião um ano após a primeira medição, são expressos em (m³/ha). O quadro a seguir apresenta os dados obtidos na amostragem em ocasiões sucessivas feitas na população de *Eucalyptus* em questão.

Fonte: NETTO e BRENA (1996)

Unidade	1ª Ocasão	2ª Ocasão	Unidade	1ª Ocasão	2ª Ocasão
1	141,89	174,99	24	181,69	197,50
2	147,74	187,58	25	161,44	191,62
3	126,26	153,81	26	172,58	266,13
4	137,08	176,28	27	191,29	280,29
5	39,30	61,76	28	137,93	178,37
6	133,19	160,87	29	167,08	218,88
7	110,21	150,23	30	110,10	149,68
8	126,79	164,15	31	123,59	161,67
9	132,09	170,99	32	107,45	174,45
10	73,79	101,36	33	137,35	172,66
11	76,22	114,85	34	137,77	179,97
12	63,42	87,89	35	79,56	105,36
13	77,47	102,06	36	80,79	126,26
14	37,24	51,37	37	118,52	150,55
15	98,34	152,57	38	133,61	191,47
16	87,04	119,94	39	174,91	248,38
17	116,52	148,93	40	140,90	183,30
18	83,75	129,42	41	176,79	226,76
19	110,99	152,01	42	185,32	224,25
20	77,87	109,04	43	135,84	154,10
21	139,73	165,91	44	109,97	142,97
22	182,11	208,33	45	73,65	102,68
23	94,68	143,74	-	-	-

Solução:

Neste exemplo será considerado um $N = 1500$ e o nível de 95% de probabilidade para o valor tabelado de t . Ainda, será considerado $u = n = m$. Para o cálculo, considere $f > 5\%$ como população finita.

Primeira Ocasião:

a) Média

$$\bar{x}_u = 121,15 \text{ m}^3/\text{ha}$$

b) Variância

$$s_{xu}^2 = 1.537,01 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2$$

c) Variância da Média

$$1 - f = 1 - (45/1500) = 0,97 \quad \Rightarrow \quad \text{População infinita}$$

$$s_{\bar{x}_u}^2 = 33,13 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2$$

d) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}_u} = 5,76 \text{ m}^3/\text{ha}$$

e) Erro de Amostragem

- Erro Absoluto

$$E_a = \pm 2,02 \cdot 5,76 = 11,63 \text{ m}^3/0,1\text{ha}$$

- Erro Relativo

$$Er = \frac{11,63}{121,15} 100 = 9,6\%$$

f) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC[109,52 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 132,78 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

g) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC[109,52 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 132,78 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

h) Total da População

$$\hat{X}_u = 121,15 \cdot 1500 = 181.725 \text{ m}^3$$

i) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC[164.280 \text{ m}^3 \leq X \leq 199.170 \text{ m}^3] = 95\%$$

j) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC[111,47 \leq \mu] = 95\%$$

Segunda Ocasião:

a) Média

$$\bar{y}_n = 160,34 \text{ m}^3/\text{ha}$$

b) Variância

$$s_{yn}^2 = 2.354,33 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2$$

c) Variância da Média

$$1 - f = 1 - (45/1500) = 0,97 \quad \Rightarrow \quad \text{População infinita}$$

$$s_{\bar{y}_n}^2 = 50,75 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2$$

d) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{y}_n} = 7,12 \text{ m}^3/\text{ha}$$

e) Erro de Amostragem

- Erro Absoluto

$$E_a = \pm 2,02 \cdot 7,12 = 14,38 \text{ m}^3/0,1\text{ha}$$

- Erro Relativo

$$Er = \frac{14,38}{160,34} 100 = 8,97\%$$

f) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC[145,96 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 174,72 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

g) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC[145,96 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 174,72 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

h) Total da População

$$\hat{Y}_n = 160,34 \cdot 1500 = 240.510 \text{ m}^3$$

i) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC[218.940 \text{ m}^3 \leq X \leq 262.080 \text{ m}^3] = 95\%$$

j) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC[148,37 \leq \mu] = 95\%$$

Crescimento:

a) Média

$$\bar{D}_m = 39,19 \text{ m}^3/\text{ha}$$

b) Variância da Média

$$s_{\bar{D}_m}^2 = 33,13 + 50,75 - \frac{2 * 1807,46}{45}$$

$$s_{\bar{D}_m}^2 = 3,55 \text{ (m}^3/\text{ha)}^2$$

d) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{D}_m} = 1,88 \text{ m}^3/\text{ha}$$

d) Erro de amostragem

- Erro absoluto

$$g.l. = (n_1 - 1) + (n_2 - 1) = (45 - 1) + (45 - 1) = 88$$

$$t_{(0,05; 88)} = 1,99$$

$$E_a = \pm 1,99 \cdot 1,88 = 3,75 \text{ m}^3/0,1\text{ha}$$

- Erro relativo

$$Er = \frac{3,75}{39,19} 100 = 9,57\%$$

f) Intervalo de Confiança para a Média

$$IC[35,44 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 42,94 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

g) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC[35,44 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \mu \leq 42,94 \text{ m}^3/\text{ha}] = 95\%$$

h) Total da População

$$\hat{D}_m = 39,19.1500 = 58.785 \text{ m}^3$$

i) Intervalo de Confiança para o Total

$$IC[53.160 \text{ m}^3 \leq X \leq 64.410 \text{ m}^3] = 95\%$$

j) Estimativa Mínima de Confiança

$$EMC[36,09 \leq \mu] = 95\%$$

FIM

Referências

HUSCH, B.; BEERS, T.W.; KERSHAW JR., J.A.; **Forest Mesnuration**. 4 th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, INC. 2003. 443p.

PELLICO NETTO, S., BRENA, D.A. **Inventário florestal**. Curitiba : Universidade Federal do Paraná / Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 245p.

PELLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário florestal**. Curitiba: Edição dos autores. 1997. 316p.