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

# CAPÍTULO V
# Amostragem Casual Simples

Professor Gilson Fernandes da Silva

# 1 – Introdução

Conforme apresentado no capítulo anterior, os métodos de inventário podem ser probabilísticos ou não probabilísticos, com igual probabilidade de seleção da amostra ou com probabilidade variável. Entre os métodos com igual probabilidade de seleção da amostra, é importante citar:

- Amostragem Casual Simples (ACS);
- Amostragem Casual Estratificada (ACE);
- Amostragem em Múltiplos Estágios (AME);
- Amostragem em Múltiplas Ocasiões (AMO).

Muitas vezes as expressões "Métodos de Amostragem" e "Delineamentos de Amostragem" são empregadas como sinônimos gerando confusão na sua interpretação. Para efeito desta disciplina, fica acertado que:

**Métodos de Amostragem:** São aqueles que se preocupam com a forma de seleção e distribuição das parcelas sobre a área florestal.

**Delineamentos de Amostragem:** Definem os procedimentos de cálculo e análise dos dados e empregam conhecimentos da estatística paramétrica normal para tomar conclusões sobre uma população a partir da amostra selecionada pelos métodos de amostragem.

Assim, métodos e delineamentos de amostragem se complementam e têm grande relação entre si, fazendo parte de um processo maior chamado inventário florestal.

De maneira geral, os delineamentos de amostragem, no caso florestal, podem ser classificados em três categorias:

- Delineamentos **aleatórios**;
- Delineamentos **sistemáticos**;
- Delineamentos **mistos**.

As categorias de delineamentos ora apresentadas se diferenciam entre si pelos métodos de como a amostra é distribuída na população. Nos delineamentos aleatórios, obviamente a amostra é distribuída de forma aleatória, nos sistemáticos de forma sistemática e nos mistos ocorre uma combinação de distribuição aleatória e sistemática.

Um delineamento de amostragem, para atingir os objetivos de qualquer inventário florestal, é determinado:

- ✓ Pelo tipo de unidade de amostra;
- ✓ Pelo tamanho e forma da unidade de amostra escolhida (quando o inventário utiliza parcelas de área fixa);
- ✓ Pelo número de unidades de amostra a ser empregado;
- ✓ Pela forma de seleção e distribuição das parcelas sobre a área florestal (métodos de amostragem);
- ✓ Pelos procedimentos adotados de medição das árvores nas unidades selecionadas;
- ✓ Pela análise dos dados resultantes.

# 2 - Delineamento de Amostragem Casual Simples (ACS)

A amostragem casual ou aleatória simples é o delineamento fundamental de seleção a partir do qual derivaram todos os demais procedimentos de amostragem aleatórios, visando aumentar a precisão das estimativas e reduzir os custos do levantamento.

A amostragem casual simples requer que todas as combinações possíveis de ($n$) unidades amostrais da população tenham igual chance de participar da amostra. A seleção de cada parcela (u.a.) deve ser livre de qualquer tendência e totalmente independente da seleção das demais unidades da amostra.

- ✓ Neste delineamento, a área florestal a ser inventariada é tratada como uma população única.
- ✓ Se forem usadas unidades amostrais de área fixa, a área florestal é considerada como sendo composta daquelas unidades espaciais, as quais podem ser designadas por ($N$).
- ✓ Neste caso, alocando-se previamente uma estrutura de ($N$) unidades na população, das quais ($n$) unidades serão amostradas, o número de combinações possíveis de ($n$) unidades da população é dado por:

$$C_N^n = \frac{N!}{n!\left(N - n\right)!}$$

Quando a unidade for constituída por ponto amostral, o número total de unidades da população ($N$) pode ser considerado *infinito*.

A amostragem casual simples em inventários florestais produz estimativas sem tendência da população e permite estimar o erro de amostragem, mas apresenta as seguintes desvantagens:

✓A necessidade de planejar a listagem das unidades, para selecionar, aleatoriamente, as parcelas ou pontos amostrais;

✓A dificuldade de localizar, no campo, a posição das unidades amostrais dispersas na população;

✓O tempo improdutivo gasto no deslocamento entre as unidades da amostra;

✓A possibilidade de uma distribuição irregular das unidades, resultando uma amostragem irregular da população.

## 2.1 – Métodos de seleção

Uma das formas de selecionar as unidades de amostra seria com o uso de programas de computador, como o Excel, por exemplo, que pela geração de números aleatórios permite realizar o sorteio de forma não tendenciosa. O uso de SIG´s também pode ser muito útil na definição das *N* parcelas bem como no próprio sorteio.

As unidades de amostra podem ser selecionadas com ou sem reposição. A maioria dos inventários florestais são feitos sem reposição das unidades.

## 2.2 - Notação

Na amostragem casual simples, são definidos os seguintes símbolos para identificar as variáveis da população:

$N$ = número total de unidades amostrais da população;

$n$ = número de unidades amostradas;

$X$ = variável de interesse.

# 2.3 - Parâmetros e estimadores

## a) Média Aritmética

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \quad \text{... parâmetro} \qquad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad \text{... estimador}$$

## b) Variância

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left(X_i - \mu\right)^2}{N} \quad \text{... parâmetro} \qquad s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1} \quad \text{... estimador}$$

## c) Desvio Padrão

$$\sigma_x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}}$$ ... parâmetro $$s_x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}$$ ... estimador

## d) Variância da Média

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{\sigma_x^2}{n}\left(\frac{N-n}{N}\right)$$ ... parâmetro $$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}\left(\frac{N-n}{N}\right)$$ ... estimador

Em que $\left(\frac{N-n}{N}\right)$ = fator de correção para população finita.

Como $\left(\frac{n}{N}\right)$ é a fração de amostragem ($f$), o fator de correção pode ser expresso por ($1-f$). Desse modo a variância da média pode ser estimada por:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}(1-f)$$

## e) Erro Padrão da Média

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)}$$ ... parâmetro

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)}$$ ... estimador

## f) Erro de amostragem

**- Erro absoluto**

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

**- Erro relativo:**

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

**Obs.: t($\alpha$; $n - 1$ g.l.)**

## g) Intervalo de Confiança para a Média

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

## h) Intervalo de Confiança por Hectare

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

## i) Total da População

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

## j) Intervalo de Confiança para o Total

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

## k) Estimativa Mínima de Confiança

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

Para o valor de *t* unilateral (o dobro da prob. do erro na tabela bilateral)

# 2.4 - Intensidade de Amostragem

A intensidade de amostragem deriva da fórmula da variância da média, pelo isolamento de (*n*), como segue:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}(1 - f)$$

em que

$s_{\bar{x}}^2$ = estimativa da variância da média – *precisão*;

$s_x^2$ = estimativa da variância – *variabilidade*;

*n* = número de unidades amostradas – *tamanho da amostra*;

(*1 – f*) = fração de amostragem.

Como a intensidade de amostragem é determinada para um nível de probabilidade fixado, agrega-se o valor de ($t$) a variância da média, como se segue:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{t^2 s_x^2}{n}\left(1 - \frac{n}{N}\right)$$

Em seguida, isola-se ($n$) por meio das seguintes operações:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{t^2 s_x^2}{n} - \frac{t^2 s_x^2 n}{nN} \Longrightarrow s_{\bar{x}}^2 = \frac{Nt^2 s_x^2 - t^2 s_x^2 n}{nN}$$

$$nNs_{\bar{x}}^2 = Nt^2 s_x^2 - t^2 s_x^2 n \Longrightarrow nNs_{\bar{x}}^2 + t^2 s_x^2 n = Nt^2 s_x^2$$

$$n\left(Ns_{\bar{x}}^2 + t^2 s_x^2\right) = Nt^2 s_x^2 \Longrightarrow n = \frac{Nt^2 s_x^2}{Ns_{\bar{x}}^2 + t^2 s_x^2}$$

Considerando-se que o erro de amostragem tolerado no inventário é fixado sobre a variância da média por meio de (*E*), tem-se:

$$n = \frac{Nt^2 s_x^2}{NE^2 + t^2 s_x^2}$$

A intensidade de amostragem é determinada para as populações finitas ou infinitas. A diferenciação estatística de população finita e infinita é feita pelo valor do fator de correção ($1 - f$). Desse modo, se:

($1 - f$) ≥ 0,95 a população é considerada *infinita*;
($1 - f$) < 0,95 a população é considerada *finita*.

Quando a população for infinita, o fator de correção pode ser desprezado, mas no caso de população finita, este deve ser mantido na fórmula e a intensidade de amostragem é considerada como função de uma população finita.

## I.a) População Finita em Função da Variância

$$n = \frac{Nt^2 s_x^2}{NE^2 + t^2 s_x^2} = \frac{t^2 s_x^2}{E^2 + \frac{t^2 s_x^2}{N}} = \frac{1}{\frac{E^2}{t^2 s_x^2} + \frac{1}{N}}$$

## I.b) População Finita em Função do Coeficiente de Variação

$$n = \frac{Nt^2 (CV\%)^2}{N(E\%)^2 + t^2 (CV\%)^2} \quad \text{ou} \quad n = \frac{t^2 (CV\%)^2}{(E\%)^2 + \frac{t^2 (CV\%)^2}{N}}$$

## II.a) **<u>População Infinita em Função da Variância</u>**

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2}$$

## II.b) **<u>População Infinita em Função do Coeficiente de Variação</u>**

$$n = \frac{t^2 (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

em que:

$$E = (LE)\bar{x}$$

$LE$ = Limite do erro admitido, em percentagem dividido por 100.

$E\%$ = Erro expresso diretamente em percentagem.

# Ajuste da Intensidade Amostral

Considerando que o cálculo da intensidade de amostragem parte de uma estimativa de variabilidade, cujo número de unidades que a originou pode ser arbitrado e o valor de ($t$) é tomado para esse número menos um ($n$ – $1$) graus de liberdade, é necessário ajustar a intensidade de amostragem calculada.

O ajuste é feito a partir da primeira aproximação do cálculo da intensidade de amostragem ($n_1$), tomando-se novo valor de ($t$) para ($n_1$ – $1$) graus de liberdade para obter a segunda aproximação. Toma-se novo valor de ($t$) para ($n_2$ – $1$) graus de liberdade e calcula-se a terceira aproximação ($n_3$); repete-se o procedimento até o valor de ($n$) tornar-se constante.

Esse ajuste da intensidade de amostragem compensa, parcialmente, eventuais deficiências da amostra que gerou as estimativas da média e variância usadas no cálculo da intensidade de amostragem.

## 2.5 - Exemplo de Aplicação da ACS

Considere um bosque tropical úmido de 46,8 hectares que, para efeito didático, foi inventariado 100% e dividido em 156 parcelas (13 colunas x 12 fileiras) de 0,3 ha cada, com parcelas de 50 x 60 m. A população de volumes, em $m^3$ por parcela, é representada pelos números constantes nas unidades de amostra (Figura 1).

Fonte: SOARES *et al.*, 2007

Considerando-se a população ilustrada na Figura 1, deseja-se estimar o volume médio da população admitindo-se um erro, ou precisão requerida, de 20%, a 95% de probabilidade. Tendo em vista a inexistência de informações prévias sobre a população, utilizou-se, então, uma amostragem piloto cujo tamanho arbitrado foi $n$ = 10 u.a., sorteadas aleatoriamente da população da Figura 1, cujos resultados se encontram no Quadro 1.

# Exercício Individual

A partir dos dados apresentados, calcule o erro de amostragem, e, se necessário, faça os cálculos da intensidade amostral. Caso necessário, sorteie novas parcelas e calcule as estatísticas definitivas do inventário.

Obtenha os parâmetros da população e compare os resultados encontrados no inventário com os verdadeiros valores.

# Solução:

I – Realização do inventário piloto (já feito)

II – Cálculo do erro de amostragem

a) Média

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \Rightarrow \bar{x} = \frac{340}{10} \Rightarrow \bar{x} = 34{,}00 \quad \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

b) Variância

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1} \Rightarrow s_x^2 = \frac{14512 - \frac{(340)^2}{10}}{10-1}$$

$$s_x^2 = 328{,}00 \ (\text{m}^3/0{,}3\text{ha})^2$$

c) Desvio Padrão

$$s_x = \pm\sqrt{328} \Rightarrow s_x = \pm\ 18{,}11\ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

d) Variância da Média

$$f = \frac{n}{N} = \frac{10}{156} = 0{,}064$$

$$1 - f = 0{,}936 < 0{,}95 \rightarrow \text{população finita}$$

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}(1 - f) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = \frac{328}{10}(1 - 0{,}064)$$

$$s_{\bar{x}}^2 = 32{,}8(0{,}9360) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = 30{,}7008\ (\text{m}^3/0{,}3\text{ha})^2$$

## e) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)} \Rightarrow s_{\bar{x}} = \pm \frac{18{,}11}{\sqrt{10}} \sqrt{(0{,}9360)}$$

$$s_{\bar{x}} = \pm 5{,}5408 \ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

## f) Erro de Amostragem

### - Erro de Amostragem Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{x}} \Rightarrow E_a = \pm 2{,}26 . 5{,}5408 = 12{,}52 \ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

### - Erro de Amostragem Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \Rightarrow E_r = \pm \frac{2{,}26 . 5{,}5408}{34{,}00} 100 = 36{,}83\%$$

III – Cálculo da intensidade amostral ótima:

Para o cálculo do número de unidades amostrais é necessário verificar se a população é finita ou infinita, por meio da fração de amostragem determinada pelo inventário piloto.

$$f = \frac{n}{N} = \frac{10}{156} = 0{,}064$$

$1 - f = 0{,}936 < 0{,}95 \rightarrow$ população finita

Cálculo da intensidade amostral em função da variância:

$$n = \frac{N t^2 s_x^2}{N E^2 + t^2 s_x^2}$$

$N = 156$

$t_{(0,05;\ 9)} = 2,26$

$s_x^2 = 328,00\ (m^3/0,3\ ha)^2$

$E = (LE\,\bar{x}) = (0,2\ .\ 34,0) = 6,8\ m^3/0,3\ ha$

A primeira aproximação de ($n$) resulta:

$$n_1 = \frac{156(2,26)^2\,328,0}{156(6,8)^2 + (2,26)^2\,328,0} = 29,40 \Rightarrow n_1 = 29,4 \cong 30$$

$t_{(0,05;\ 29)} = 2,04 \Rightarrow n_2 = 24,8 \cong 25$

$t_{(0,05;\ 24)} = 2,06 \Rightarrow n_3 = 25,2 \cong 26$

$t_{(0,05;\ 25)} = 2,06 \Rightarrow n_4^* = 25,2 \cong 26$

Cálculo da intensidade amostral em função do coeficiente de variação:

$$n = \frac{Nt^2 (CV\%)^2}{N(E\%)^2 + t^2 (CV\%)^2}$$

$N = 156$

$t_{(0,05;\ 9)} = 2,26$

$CV = 53,26\%$

$E = 20\%$

A primeira aproximação de ($n$) resulta:

$$\mathrm{n}_1 = \frac{156(2,26)^2(53,26)^2}{156(20)^2 + (2,26)^2(53,26)^2} = 29,40 \Rightarrow n_1 = 29,4 \cong 30$$

$t_{(0,05;\ 29)} = 2,04 \Rightarrow n_2 = 24,8 \cong 25$

$t_{(0,05;\ 24)} = 2,06 \Rightarrow n_3 = 25,2 \cong 26$

$t_{(0,05;\ 25)} = 2,06 \Rightarrow n_4^* = 25,2 \cong 26$

# IV - Inventário definitivo

| Parcelas Sorteadas ($n$) | Localização | | Volumes | |
|---|---|---|---|---|
| | Fileira | Coluna | $X$ ($m^3/0,3$ $ha$) | $X^2(m^3/0,3$ $ha)^2$ |
| 1 | 2 | *b* | 41,0 | 1681,0 |
| 2 | 3 | *e* | 33,0 | 1089,0 |
| 3 | 3 | *h* | 24,0 | 576,0 |
| 4 | 3 | *l* | 31,0 | 961,0 |
| 5 | 6 | *f* | 10,0 | 100,0 |
| 6 | 6 | *h* | 32,0 | 1024,0 |
| 7 | 8 | *c* | 62,0 | 3844,0 |
| 8 | 9 | *f* | 16,0 | 256,0 |
| 9 | 10 | *j* | 66,0 | 4356,0 |
| 10 | 11 | *c* | 25,0 | 625,0 |
| 11 | 6 | *e* | 44,0 | 1936,0 |
| 12 | 11 | *a* | 7,0 | 49,0 |
| 13 | 12 | *c* | 57,0 | 3249,0 |
| 14 | 8 | *e* | 22,0 | 484,0 |
| 15 | 8 | *d* | 31,0 | 961,0 |
| 16 | 4 | *g* | 40,0 | 1600,0 |
| 17 | 3 | *g* | 43,0 | 1849,0 |
| 18 | 11 | *l* | 27,0 | 729,0 |
| 19 | 4 | *j* | 17,0 | 289,0 |
| 20 | 6 | *d* | 50,0 | 2500,0 |
| 21 | 5 | *i* | 38,0 | 1444,0 |
| 22 | 12 | *g* | 20,0 | 400,0 |
| 23 | 11 | *j* | 35,0 | 1225,0 |
| 24 | 4 | *i* | 31,0 | 961,0 |
| 25 | 8 | *m* | 26,0 | 676,0 |
| 26 | 8 | *a* | 32,0 | 1024,0 |
| Totais | | | 860,0 | 33888,0 |
| Média | | | 33,08 | |

# V – Análise estatística da amostragem definitiva

## a) Média Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \Rightarrow \bar{x} = \frac{860}{26} \Rightarrow \bar{x} = 33{,}08 \ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

## b) Variância

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1} \Rightarrow s_x^2 = \frac{33888 - \frac{\left(860\right)^2}{26}}{26-1}$$

$$s_x^2 = 217{,}67\,(\text{m}^3/0{,}3\text{ha})^2$$

c) Desvio Padrão

$$s_x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \Rightarrow s_x = \pm\sqrt{217,67}$$

$$s_x = \pm\ 14,75\ \mathrm{m^3/0,3ha}$$

d) Variância da Média

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}\left(1 - f\right) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = \frac{217,67}{26}\left(1 - 0,1667\right)$$

$$s_{\bar{x}}^2 = 8,3719\left(0,8333\right) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = 6,9766\ (\mathrm{m^3/0,3ha})^2$$

e) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)} \Rightarrow s_{\bar{x}} = \pm \frac{14{,}75}{\sqrt{26}} \sqrt{(0{,}8333)}$$

$$s_{\bar{x}} = \pm 2{,}6406 \ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

f) Erro de Amostragem

- Erro de Amostragem Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{x}} \Rightarrow E_a = \pm 2{,}06.2{,}6406 = 5{,}4396 \ \text{m}^3/0{,}3\text{ha}$$

- Erro de Amostragem Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \Rightarrow E_r = \pm \frac{2{,}06.2{,}6406}{33{,}08} 100 = 16{,}44\%$$

g) Intervalo de Confiança para a Média

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

$$IC[33{,}08 - 2{,}06\ (2{,}6406) \leq \mu \leq 33{,}08 + 2{,}06\ (2{,}6406)] = 95\%$$

$$IC[27{,}64\ m^3/0{,}3\ ha \leq \mu \leq 38{,}52\ m^3/0{,}3\ ha] = 95\%$$

h) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC\left[\left(\bar{x} - ts_{\bar{x}}\right)f_c \leq \mu \leq \left(\bar{x} + ts_{\bar{x}}\right)f_c\right] = P$$

$$IC[(33{,}08 - 2{,}06.2{,}6406)(10000/3000) \leq \mu \leq (33{,}08 + 2{,}06.2{,}6406)(10000/3000)] = 95\%$$

$$IC[92{,}13\ m^3/ha \leq \mu \leq 128{,}40\ m^3/ha] = 95\%$$

## i) Total da População

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

$$\hat{X} = 156 \cdot 33{,}08 = 5160{,}48\ m^3$$

## j) Intervalo de Confiança para o Total

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

IC[5160,48 – 156 (2,06) 2,6406 ≤ X ≤ 5160,48 + 156 (2,06) 2,6406] = 95%

IC[4.312 $m^3$ ≤ X ≤ 6.009 $m^3$] = 95%

## k) Estimativa Mínima de Confiança para a Média

$EMC = \bar{x} - ts_{\bar{x}}$ , sendo o valor tabelado de t correspondente ao teste de hipótese unilateral. Desta forma, tem-se:

$$EMC[33{,}08 - 1{,}71\ (2{,}6406) \leq \mu] = 95\%$$

$$EMC[28{,}56\ m^3/0{,}3\ ha \leq \mu] = 95\%$$

l) Estimativa Mínima de Confiança por Hectare

$$EMC\left[\left(\bar{x} - ts_{\bar{x}}\right) f_C \leq \mu\right] = P$$

$$EMC[(33{,}08 - 1{,}71.2{,}6406)(10000/3000) \leq \mu] = 95\%$$

$$EMC[95{,}22\ m^3/ha \leq \mu] = 95\%$$

m) Estimativa Mínima de Confiança para o Total

$$EMC\left[\hat{X} - Nts_{\bar{x}} \leq X\right] = P$$

$$EMC[5160{,}48 - 156\ (1{,}71)\ 2{,}6406 \leq X] = 95\%$$

$$EMC[4456{,}07\ m^3 \leq X] = 95\%$$

# VI – Análise comparativa dos resultados

| | Parâmetro | Estimativa |
|---|---|---|
| Volume médio por parcela | $\mu$ = 35,83 $m^3$/0,3ha | $\bar{x}$ = 33,08 $m^3$/0,3ha |
| Volume total | $V$ = 5589 $m^3$ | $\hat{X}$ = 5160 $m^3$ |
| Volume por hectare | $V/ha$ = 119,42 $m^3$/ha | $X/ha$ = 110,27 $m^3$/ha |
| Variância dos volumes | $\sigma^2$ = 455,98 $(m^3/0,3ha)^2$ | $s_x^2$ = 217,67 $(m^3/0,3ha)^2$ |
| Desvio padrão dos volumes | $\sigma$ = 21,35 $m^3$/0,3ha | $s_x$ = ± 14,75 $m^3$/0,3ha |
| Coeficiente de variação | $\sigma\%$ = 59,60% | $cv$ = 44,59% |

**- Medidas de Exatidão:**

$$\bar{x} - \mu = 33{,}080 - 35{,}826 = -2{,}746 \ \text{m}^3/0{,}3 \text{ parcela} \ \text{ ou}$$

$$X/ha - V/ha = 110{,}27 - 119{,}42 = -9{,}16 \ \text{m}^3/\text{ha} \quad \text{ou}$$

$$\hat{X} - X = 5160 - 5589 = -429 \ \text{m}^3$$

**- Erro Estimado a 95% de Probabilidade:**

$$E_a = \pm 5{,}4396 \ m^3/0{,}3ha \quad \text{ou} \quad E_r = \pm 16{,}44\%$$

**- Intervalos de Confiança:**

$$IC[27{,}64 \ m^3/0{,}3 \ ha \leq \mu \leq 38{,}52 \ m^3/0{,}3 \ ha] = 95\%$$

$$IC[92{,}13 \ m^3/ha \leq \mu \leq 128{,}40 \ m^3/ha] = 95\%$$

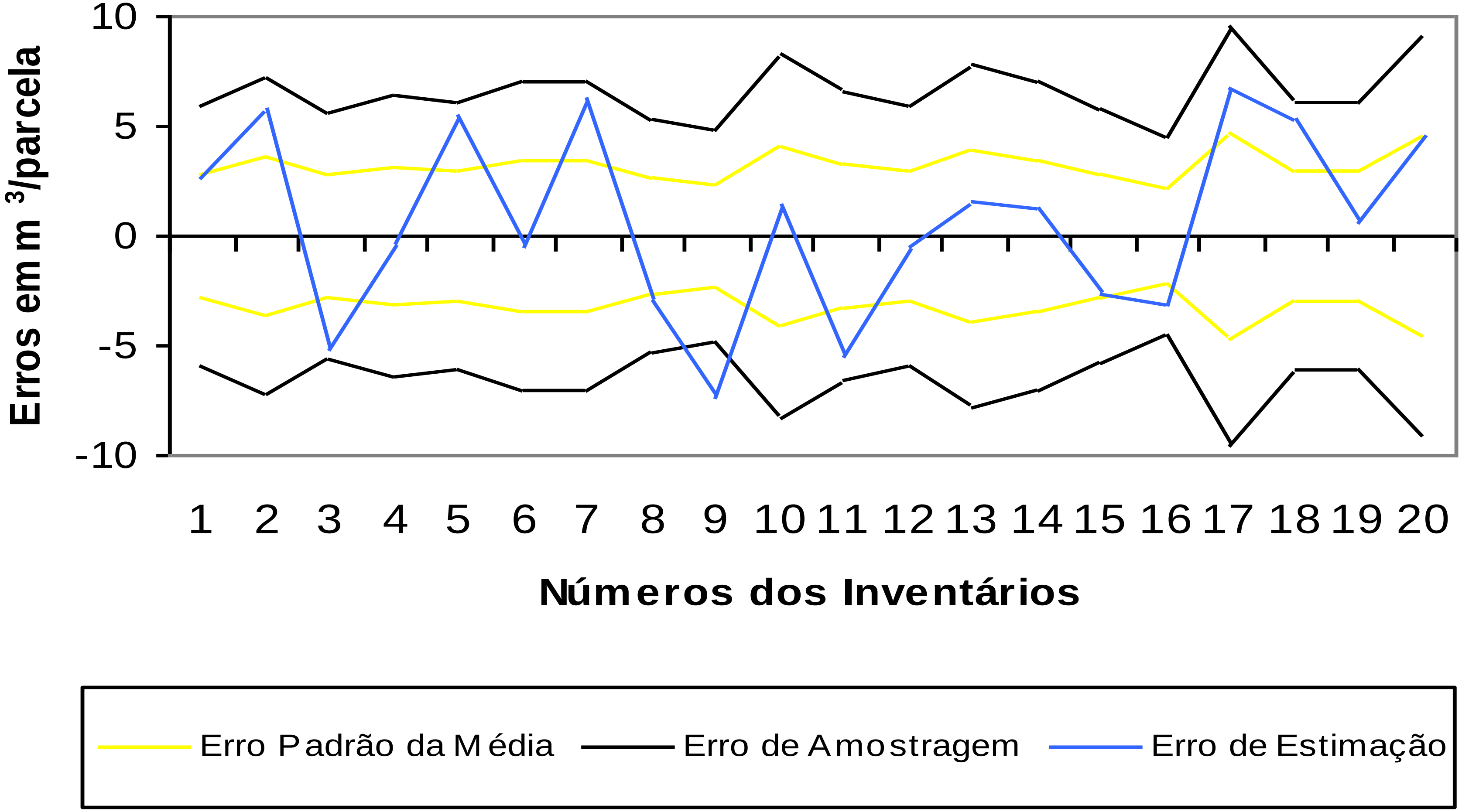
$$IC[4.312 \ m^3 \leq X \leq 6.009 \ m^3] = 95\%$$

$$EMC[4456{,}07 \ m^3 \leq X] = 95\%$$

Resultados de 20 inventários independentes, com $n$ = 26 unidades de amostra cada, tomadas aleatoriamente

| Nº do inventário | Volume Médio(m³/ua) | Erro de estimação | Erro padrão da média | Erro de amostragem | Erro de Amostragem % | Limites de Confiança | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\overline{X}$ | $\overline{x}-\mu$ | $\pm s_{\overline{x}}$ | $E=\pm ts_{\overline{x}}$ | $\pm E\%$ | $Ls$ | $Li$ |
| 1 | 33,12 | 2,70 | 2,86 | 5,90 | 17,8 | 39,02 | 27,22 |
| 2 | 41,66 | +5,84 | 3,56 | 7,26 | 17,4 | 48,92 | 34,40 |
| 3 | 30,66 | -5,16 | 2,76 | 5,63 | 18,4 | 36,29 | 25,03 |
| 4 | 35,61 | -0,31 | 3,17 | 6,47 | 18,2 | 41,98 | 29,04 |
| 5 | 41,27 | +5,45 | 3,00 | 6,12 | 14,8 | 47,39 | 35,15 |
| 6 | 35,33 | -0,49 | 3,48 | 7,10 | 20,1 | 42,43 | 28,23 |
| 7 | 42,06 | +6,24 | 3,46 | 7,06 | 16,8 | 49,12 | 35,00 |
| 8 | 32,90 | -2,92 | 2,64 | 5,39 | 16,4 | 38,29 | 27,51 |
| 9* | 28,42 | -7,40 | 2,34 | 4,77 | 16,8 | 33,19 | 23,65 |
| 10 | 37,18 | +1,36 | 4,08 | 8,32 | 22,4 | 45,50 | 28,86 |
| 11 | 30,30 | -5,52 | 3,22 | 6,57 | 21,7 | 36,87 | 23,73 |
| 12 | 35,30 | -0,52 | 2,93 | 5,98 | 16,9 | 41,28 | 29,32 |
| 13 | 37,45 | +1,63 | 3,86 | 7,87 | 21,0 | 45,32 | 29,58 |
| 14 | 37,00 | +1,18 | 3,48 | 7,10 | 19,2 | 44,10 | 29,90 |
| 15 | 33,21 | -2,61 | 2,82 | 5,75 | 17,3 | 38,96 | 27,46 |
| 16 | 32,75 | -3,07 | 2,25 | 4,59 | 14,0 | 37,34 | 28,16 |
| 17 | 42,60 | +6,78 | 4,70 | 9,59 | 22,5 | 52,19 | 33,01 |
| 18 | 41,21 | +5,39 | 3,02 | 6,16 | 14,9 | 47,37 | 35,05 |
| 19 | 36,39 | +0,57 | 2,96 | 6,04 | 16,6 | 42,43 | 30,35 |
| 20 | 40,54 | +4,72 | 4,50 | 9,18 | 22,6 | 49,72 | 31,36 |
| Totais | 724,86 | | | 132,85 | 347,8 | | |
| Médias | 36,24 | | | ± 6,64 | ± 17,4 | | |

Representação gráfica dos erros padrões das médias, dos erros de amostragem e dos erros de estimação com 20 amostras de 26 unidades cada.



# Outro Exemplo de Aplicação da ACS

Inventariar a população de *Pinus sp*. constituída de 450 parcelas de 0,1 ha, ou seja, 45 hectares, mostrada na Figura 2, por meio da Amostragem Casual Simples, admitindo-se um erro de amostragem máximo de 10% da média estimada, com 90% de probabilidade de confiança.

Fonte: NETTO e BRENA (1996)

# Solução:

## I – Realização do inventário piloto

Considerando a inexistência de informações prévias sobre a população, realizou-se um inventário piloto para obter as estimativas básicas necessárias ao cálculo da intensidade de amostragem. Como o número de unidades do inventário piloto é arbitrado, foram tomadas aleatoriamente na população, 20 unidades amostrais como segue:

| Unid.(*n*) | Local. | Volume ($m^3$/0,1ha) | Unid.(*n*) | Local. | Volume ($m^3$/0,1ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8-e | 18,5 | 11 | 5-d | 7,6 |
| 2 | 18-b | 22,8 | 12 | 2-d | 10,3 |
| 3 | 9-g | 15,8 | 13 | 12-n | 21,1 |
| 4 | 3-k | 9,8 | 14 | 15-k | 26,3 |
| 5 | 16-f | 23,5 | 15 | 22-d | 39,9 |
| 6 | 23-n | 20,7 | 16 | 7-o | 12,7 |
| 7 | 29-m | 28,3 | 17 | 1-k | 11,5 |
| 8 | 3-b | 6,9 | 18 | 4-n | 11,0 |
| 9 | 15-j | 28,7 | 19 | 10-a | 18,9 |
| 10 | 16-j | 26,4 | 20 | 12-e | 31,4 |

## II – Cálculo do erro de amostragem

### a) <u>Média</u>

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \Rightarrow \bar{x} = \frac{392{,}10}{20} \Rightarrow \bar{x} = 19{,}61 \ \text{m}^3/0{,}1\text{ha}$$

### b) <u>Variância</u>

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1} \Rightarrow s_x^2 = \frac{9208{,}13 - \frac{(392{,}10)^2}{20}}{20-1}$$

$$s_x^2 = 80{,}05 \ (\text{m}^3/0{,}1\text{ha})^2$$

c) Desvio Padrão

$$s_x = \pm\sqrt{80{,}05} \Rightarrow s_x = \pm\ 8{,}95\ m^3/0{,}1ha$$

d) Variância da Média

$$f = \frac{n}{N} = \frac{20}{450} = 0{,}044$$

$$1 - f\ =\ 0{,}956\ <\ 0{,}95\ \rightarrow\ \text{população infinita}$$

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n} \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = \frac{80{,}05}{20}$$

$$s_{\bar{x}}^2 = 4{,}0025\ (m^3/0{,}1ha)^2$$

e) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \Rightarrow s_{\bar{x}} = \pm \frac{8,95}{\sqrt{20}}$$

$$s_{\bar{x}} = \pm 2,0013 \text{ m}^3/0,1\text{ha}$$

f) Erro de Amostragem

- Erro de Amostragem Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{x}} \Rightarrow E_a = \pm 1,73.2,0013 = 3,46 \text{ m}^3/0,1\text{ha}$$

- Erro de Amostragem Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \Rightarrow E_r = \pm \frac{1,73.2,0013}{19,61} 100 = 17,65\%$$

## III - Cálculo da intensidade amostral ótima

Para o cálculo do número de unidades amostrais, é necessário verificar se a população é finita ou infinita, por meio da fração de amostragem determinada para o inventário piloto.

$$f = \frac{n}{N} = \frac{20}{450} = 0{,}0444$$

$1 - f = 0{,}9556 > 0{,}95 \rightarrow$ população infinita, ou seja, deve-se usar as expressões de cálculo adequadas.

## III - Cálculo da intensidade amostral em função da variância

$$n = \frac{t^2 s_x^2}{E^2}$$

$t_{(0,10;\ 19)} = 1,73$

$s_x^2 = 80,0531\ (m^3/0,1\ ha)^2$

$E = (LE\ \bar{x}) = (0,1\ .\ 19,6050) = 1,9605\ m^3/0,1\ ha$

A primeira aproximação de ($n$) resulta:

$$n_1 = \frac{(1,73)^2\, 80,0531}{(1,9605)^2} = 62,34 \quad \Rightarrow \quad n_1 = 62,34 \cong 63$$

$t_{(0,10;\ 62)} = 1,67 \quad \Rightarrow \quad n_2 = 58,09 \cong 59$

$t_{(0,10;\ 58)} = 1,67 \quad \Rightarrow \quad n_2^* = 58,09 \cong 59$

# IV - Inventário definitivo

| Unid. ($n$) | Local. | Volume ($m^3$/0,1ha) | Unid. ($n$) | Local. | Volume ($m^3$/0,1ha) | Unid. ($n$) | Local. | Volume ($m^3$/0,1ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *8-e* | 18,5 | 21 | *1-c* | 9,6 | 41 | *10-c* | 13,2 |
| 2 | *18-b* | 22,8 | 22 | *3-g* | 9,8 | 42 | *29-i* | 25,7 |
| 3 | *9-g* | 15,8 | 23 | *3-i* | 7,1 | 43 | *24-f* | 27,0 |
| 4 | *3-k* | 9,8 | 24 | *18-j* | 25,9 | 44 | *13-h* | 20,4 |
| 5 | *16-f* | 23,5 | 25 | *24-c* | 25,7 | 45 | *5-e* | 13,6 |
| 6 | *23-n* | 20,7 | 26 | *14-j* | 24,2 | 46 | *20-a* | 32,4 |
| 7 | *29-m* | 28,3 | 27 | *7-d* | 19,0 | 47 | *28-l* | 31,3 |
| 8 | *3-b* | 6,9 | 28 | *17-n* | 25,9 | 48 | *22-f* | 34,6 |
| 9 | *15-j* | 28,7 | 29 | *30-b* | 37,7 | 49 | *5-g* | 9,5 |
| 10 | *16-j* | 26,4 | 30 | *11-g* | 23,3 | 50 | *15-e* | 18,7 |
| 11 | *5-d* | 7,6 | 31 | *17-d* | 24,6 | 51 | *19-e* | 28,9 |
| 12 | *2-d* | 10,3 | 32 | *21-c* | 32,3 | 52 | *9-a* | 21,6 |
| 13 | *12-n* | 21,1 | 33 | *25-n* | 23,4 | 53 | *6-f* | 8,3 |
| 14 | *15-k* | 26,3 | 34 | *8-c* | 17,1 | 54 | *17-l* | 23,2 |
| 15 | *22-d* | 39,9 | 35 | *5-i* | 8,9 | 55 | *26-i* | 26,6 |
| 16 | *7-o* | 12,7 | 36 | *19-f* | 32,7 | 56 | *14-b* | 25,6 |
| 17 | *1-k* | 11,5 | 37 | *4-h* | 8,1 | 57 | *5-h* | 8,0 |
| 18 | *4-n* | 11,0 | 38 | *20-j* | 29,2 | 58 | *12-f* | 22,1 |
| 19 | *10-a* | 18,9 | 39 | *23-d* | 24,7 | 59 | *19-h* | 21,9 |
| 20 | *12-e* | 31,4 | 40 | *17-o* | 25,6 | - | - | - |

# V – Análise estatística da amostragem definitiva

## a) Média Aritmética

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \Rightarrow \bar{x} = \frac{1239{,}5}{59} \Rightarrow \bar{x} = 21{,}01 \text{ m}^3/0{,}1\text{ha}$$

## b) Variância

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n}}{n-1} \Rightarrow s_x^2 = \frac{30315{,}53 - \frac{(1239{,}5)^2}{59}}{59-1}$$

$$s_x^2 = 73{,}72 \text{ (m}^3/0{,}1\text{ha)}^2$$

c) Desvio Padrão

$$s_x = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}} \Rightarrow s_x = \pm\sqrt{73{,}72}$$

$$s_x = \pm\ 8{,}59\ \text{m}^3/0{,}1\text{ha}$$

d) Variância da Média

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n}\left(1 - f\right) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = \frac{73{,}72}{59}\left(1 - 0{,}1311\right)$$

$$s_{\bar{x}}^2 = 1{,}2494\left(0{,}8689\right) \Rightarrow s_{\bar{x}}^2 = 1{,}0856\ (\text{m}^3/0{,}1\text{ha})^2$$

## e) Erro Padrão da Média

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1 - f)} \Rightarrow s_{\bar{x}} = \pm \frac{8{,}59}{\sqrt{59}} \sqrt{(0{,}8689)}$$

$$s_{\bar{x}} = \pm 1{,}0419 \ \text{m}^3/0{,}1\text{ha}$$

## f) Erro de Amostragem

### - Erro de Amostragem Absoluto

$$E_a = \pm t s_{\bar{x}} \Rightarrow E_a = \pm 1{,}67 . 1{,}0419 = 1{,}7400 \ \text{m}^3/0{,}1\text{ha}$$

### - Erro de Amostragem Relativo

$$E_r = \pm \frac{t s_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100 \Rightarrow E_r = \pm \frac{1{,}67 . 1{,}0419}{21{,}01} 100 = 8{,}28\%$$

## g) Intervalo de Confiança para a Média

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

IC[21,01 – 1,67 (1,0419) ≤ μ ≤ 21,01 + 1,67 (1,0419)] = 90%

IC[19,27 $m^3$/0,1 ha ≤ μ ≤ 22,75 $m^3$/0,1 ha] = 90%

## h) Intervalo de Confiança por Hectare

$$IC\left[\left(\bar{x} - ts_{\bar{x}}\right) f_c \leq \mu \leq \left(\bar{x} + ts_{\bar{x}}\right) f_c\right] = P$$

IC[(21,01 – 1,67. 1,0419)(10000/1000) ≤ μ ≤ (21,01 + 1,67. 1,0419)(10000/1000)] = 90%

IC[192,70 $m^3$/ha ≤ μ ≤ 227,50 $m^3$/ha] = 90%

## i) Total da População

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

$$\hat{X} = 450(21{,}01) = 9454{,}50\,m^3$$

## j) Intervalo de Confiança para o Total

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

$$IC[9454{,}50 - 450\ (1{,}67)\ 1{,}0419 \leq X \leq 9454{,}50 + 450\ (1{,}67)\ 1{,}0419] = 90\%$$

$$IC[8671{,}49\ m^3 \leq X \leq 10237{,}49\ m^3] = 90\%$$

## k) Estimativa Mínima de Confiança para a Média

$EMC = \bar{x} - ts_{\bar{x}}$, sendo o valor tabelado de t correspondente ao teste de hipótese unilateral. Desta forma, tem-se:

$$EMC[21{,}01 - 1{,}30\ (1{,}0419) \leq \mu] = 90\%$$

$$EMC[19{,}66\ m^3/0{,}1\ ha \leq \mu] = 90\%$$

## l) Estimativa Mínima de Confiança por Hectare

$$EMC\left[\left(\bar{x} - ts_{\bar{x}}\right) f_C \le \mu\right] = P$$

EMC[(21,01 – 1,30. 1,0419)(10000/1000) ≤ $\mu$] = 90%

EMC[196,56 m$^3$/ha ≤ $\mu$] = 90%

## m) Estimativa Mínima de Confiança para o Total

$$EMC\,[\,\widehat{X} - Nts_{\bar{x}} \le X\,] = P$$

EMC[9454,50 – 450 (1,30) 1,0419 ≤ $X$] = 90%

EMC[8844,99 m$^3$ ≤ $X$] = 90%

# VI – Análise comparativa dos resultados

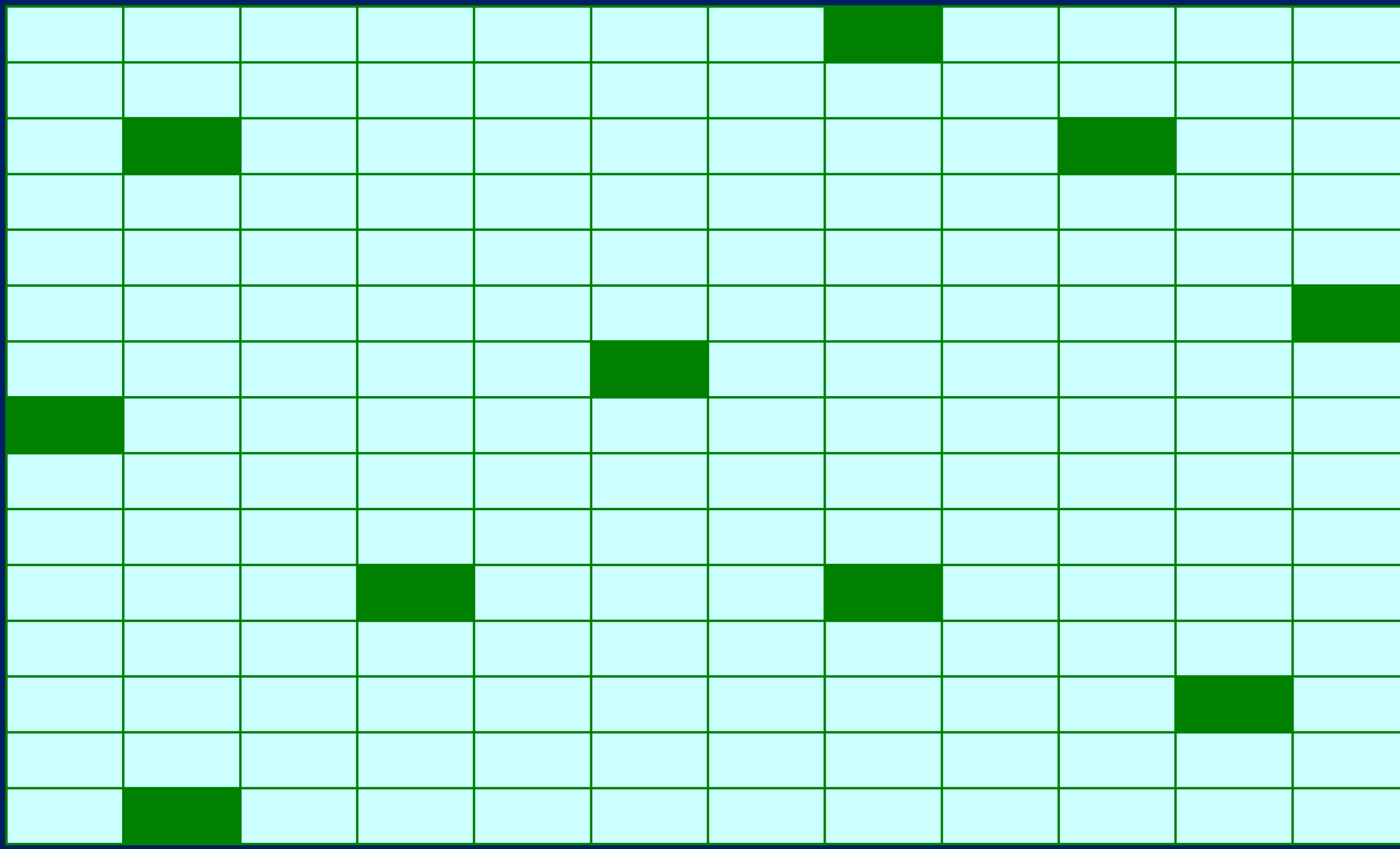
| | Parâmetro | Estimativa |
|---|---|---|
| **Volume médio por parcela** | $\mu$ = 22,55 m$^3$/0,1ha | $\bar{x} = 21{,}01$ m$^3$/0,1ha |
| **Volume total** | $V$ = 10148 m$^3$ | $\hat{X} = 9455$ m$^3$ |
| **Volume por hectare** | $V/ha$ = 225,50 m$^3$/ha | $X/ha$ = 210,10 m$^3$/ha |
| **Variância dos volumes** | $\sigma^2$ = 65,48 (m$^3$/0,1ha)$^2$ | $s_x^2 = 73{,}72$ (m$^3$/0,1ha)$^2$ |
| **Desvio padrão dos volumes** | $\sigma$ = 8,09 m$^3$/0,1ha | $s_x = \pm\, 8{,}59$ m$^3$/0,1ha |
| **Coeficiente de variação** | $\sigma\%$ = 35,89% | $cv = 40{,}87\%$ |

FIM

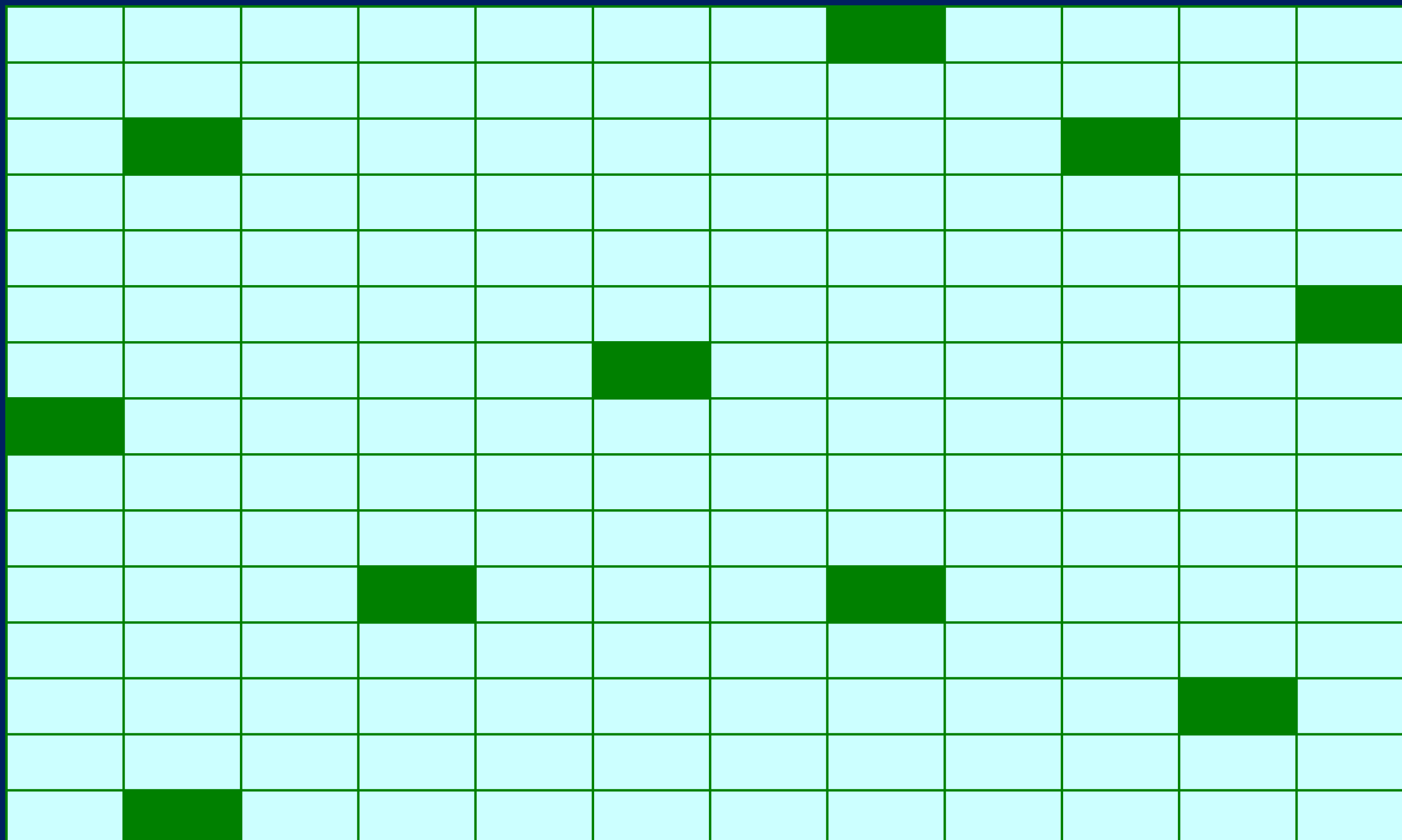
# Referências

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

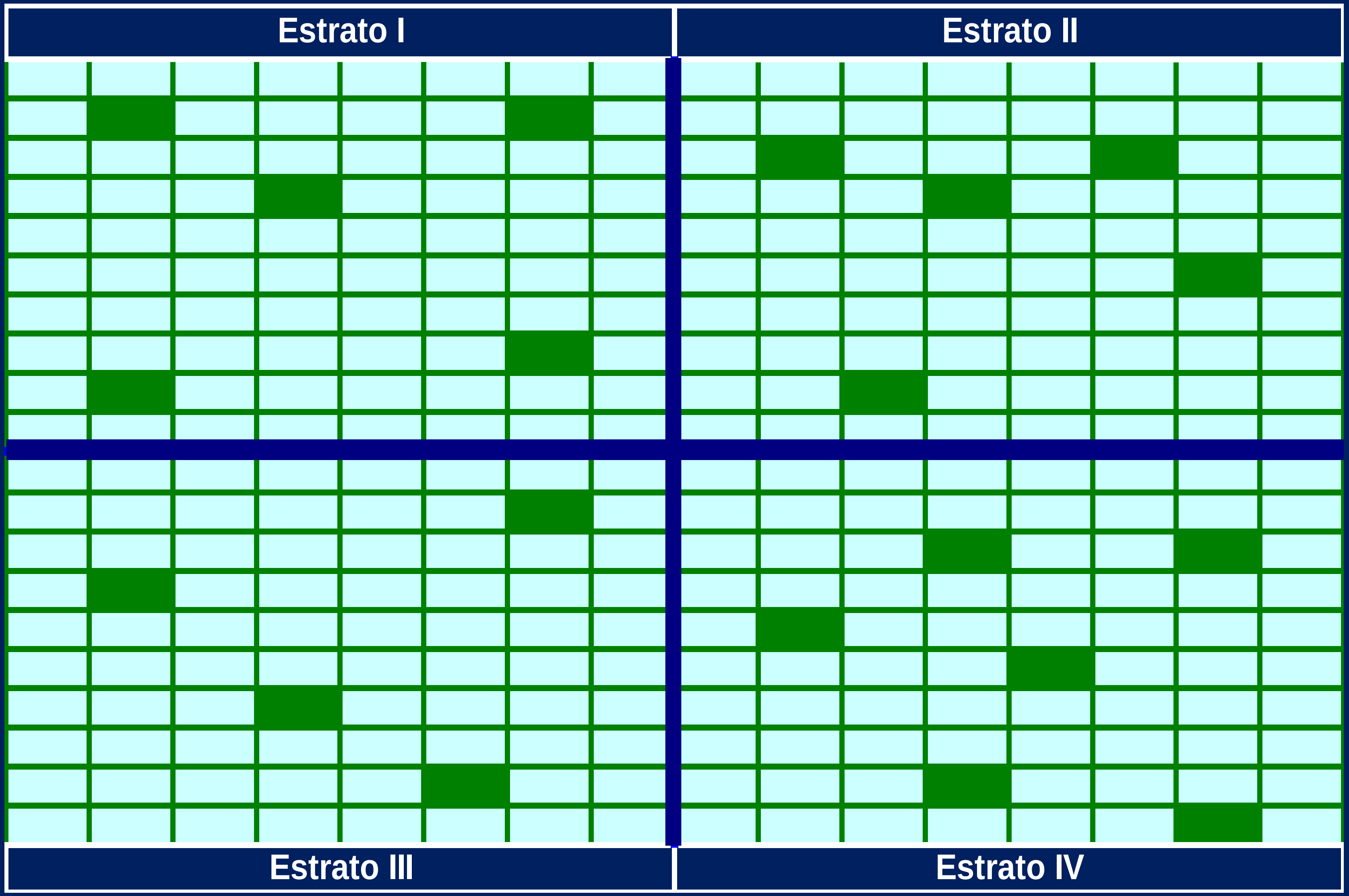
SOARES, C.P.B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A.L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa. 2007. 276p.



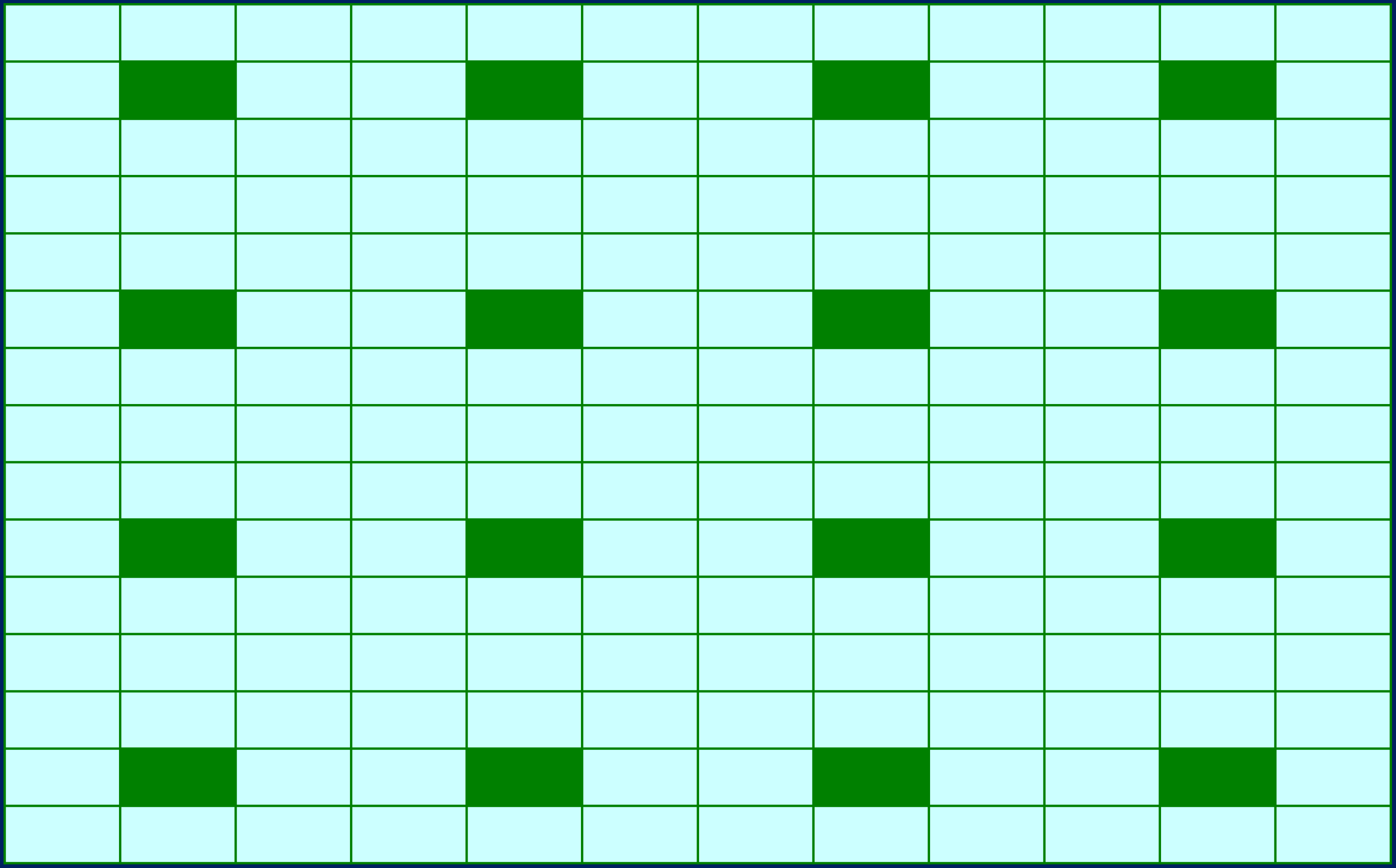
Esquema de amostragem casual simples.



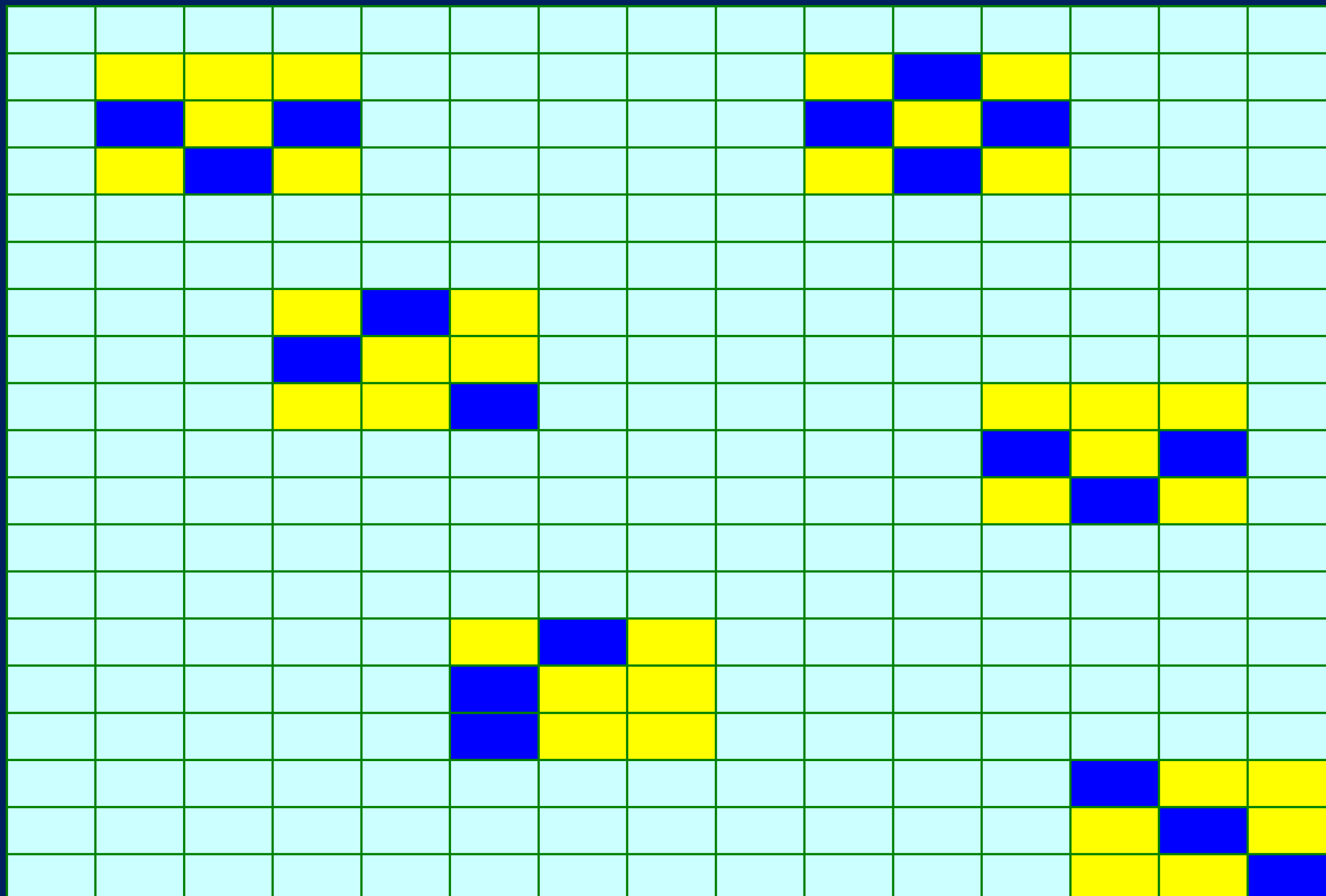
Esquema de amostragem casual simples.




Esquema de Amostragem Casual Estratificada.



Esquema de Amostragem Sistemática.



Esquema de Amostragem em Dois Estágios.

| | Colunas | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fileiras** | ***a*** | ***b*** | ***c*** | ***d*** | ***e*** | ***f*** | ***g*** | ***h*** | ***i*** | ***j*** | ***k*** | ***l*** | ***m*** |
| **1** | 34 | 28 | 27 | 59 | 72 | 25 | 52 | 18 | 35 | 23 | 21 | 22 | 14 |
| **2** | 39 | **41** | 0 | 32 | 22 | 37 | 44 | 20 | 32 | 32 | 35 | 20 | 22 |
| **3** | 27 | 63 | 46 | 40 | **33** | 56 | 43 | **24** | 47 | 6 | **31** | 25 | 45 |
| **4** | 48 | 29 | 25 | 59 | 42 | 91 | 40 | 45 | 31 | 17 | 12 | 14 | 14 |
| **5** | 30 | 60 | 26 | 60 | 65 | 19 | 31 | 21 | 38 | 23 | 44 | 13 | 3 |
| **6** | 20 | 83 | 147 | 50 | 44 | **10** | 57 | **32** | 38 | 29 | 15 | 41 | 32 |
| **7** | 71 | 27 | 52 | 79 | 36 | 22 | 86 | 49 | 92 | 37 | 35 | 51 | 17 |
| **8** | 32 | 26 | **62** | 31 | 22 | 73 | 18 | 29 | 14 | 20 | 41 | 9 | 26 |
| **9** | 35 | 88 | 49 | 35 | 70 | **16** | 41 | 19 | 28 | 15 | 29 | 43 | 10 |
| **10** | 54 | 63 | 45 | 23 | 36 | 50 | 14 | 19 | 26 | **66** | 11 | 14 | 30 |
| **11** | 7 | 15 | **25** | 47 | 47 | 75 | 60 | 38 | 30 | 35 | 18 | 27 | 27 |
| **12** | 5 | 6 | 57 | 52 | 59 | 24 | 20 | 13 | 28 | 18 | 2 | 38 | 40 |

Figura 1 - Volume, em $m^3$ por unidade de amostra de 0,3 ha, obtidos pelo inventário 100% de um bosque tropical úmido, dividido em 156 unidades de amostra. As u.a. hachuradas correspondem àquelas sorteadas para o inventário piloto.

Quadro 1 – Volume, em m³ por unidade de amostra de 0,3 ha, obtidos pelo inventário 100% de um bosque tropical úmido, dividido em 156 unidades de amostra. As u.a. hachuradas correspondem àquelas sorteadas para o inventário piloto

| Parcelas Sorteadas ($n$) | Localização | | Volumes | |
|---|---|---|---|---|
| | Fileira | Coluna | $X$ ($m^3/0,3\ ha$) | $X^2$ $(m^3/0,3\ ha)^2$ |
| **1** | **2** | ***b*** | **41,0** | **1681,0** |
| **2** | **3** | ***e*** | **33,0** | **1089,0** |
| **3** | **3** | ***h*** | **24,0** | **576,0** |
| **4** | **3** | ***k*** | **31,0** | **961,0** |
| **5** | **6** | ***f*** | **10,0** | **100,0** |
| **6** | **6** | ***h*** | **32,0** | **1024,0** |
| **7** | **8** | ***c*** | **62,0** | **3844,0** |
| **8** | **9** | ***f*** | **16,0** | **256,0** |
| **9** | **10** | ***j*** | **66,0** | **4356,0** |
| **10** | **11** | ***c*** | **25,0** | **625,0** |
| **Totais** | | | **340,0** | **14512,0** |
| **Média** | | | **34,0** | |

| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 80 | 92 | 96 | 94 | 90 | 85 | 73 | 63 | 83 | 101 | 115 | 156 | 87 | 109 | 111 | |
| 2 | 99 | 69 | 102 | 103 | 91 | 123 | 83 | 128 | 68 | 98 | 86 | 88 | 95 | 97 | 74 | |
| 3 | 86 | 69 | 85 | 127 | 98 | 102 | 98 | 179 | 71 | 116 | 98 | 101 | 88 | 125 | 110 | A |
| 4 | 81 | 89 | 122 | 110 | 80 | 99 | 184 | 81 | 85 | 114 | 191 | 132 | 122 | 110 | 156 | |
| 5 | 131 | 115 | 92 | 76 | 136 | 157 | 95 | 80 | 89 | 85 | 126 | 106 | 104 | 144 | 116 | |
| 6 | 162 | 100 | 118 | 90 | 116 | 83 | 163 | 95 | 107 | 125 | 145 | 162 | 87 | 225 | 255 | |
| 7 | 166 | 164 | 191 | 190 | 165 | 155 | 186 | 188 | 156 | 108 | 116 | 177 | 229 | 149 | 127 | |
| 8 | 185 | 227 | 171 | 239 | 185 | 114 | 138 | 186 | 232 | 213 | 147 | 125 | 159 | 170 | 197 | B |
| 9 | 216 | 101 | 148 | 151 | 149 | 159 | 158 | 184 | 142 | 180 | 159 | 126 | 162 | 199 | 156 | |
| 10 | 189 | 197 | 132 | 137 | 160 | 190 | 165 | 240 | 125 | 258 | 205 | 214 | 204 | 157 | 284 | |
| 11 | 236 | 269 | 172 | 237 | 243 | 213 | 233 | 205 | 244 | 230 | 229 | 238 | 240 | 310 | 284 | |
| 12 | 273 | 176 | 217 | 194 | 314 | 221 | 201 | 193 | 239 | 184 | 162 | 173 | 216 | 211 | 254 | |
| 13 | 197 | 279 | 225 | 184 | 237 | 169 | 228 | 204 | 253 | 271 | 210 | 232 | 195 | 322 | 209 | C |
| 14 | 246 | 256 | 249 | 180 | 231 | 229 | 188 | 199 | 200 | 242 | 221 | 274 | 307 | 272 | 191 | |
| 15 | 306 | 281 | 248 | 294 | 187 | 196 | 278 | 241 | 272 | 287 | 263 | 229 | 305 | 241 | 244 | |
| 16 | 267 | 223 | 284 | 213 | 239 | 235 | 203 | 246 | 307 | 264 | 236 | 199 | 227 | 219 | 176 | |
| 17 | 204 | 256 | 273 | 246 | 279 | 259 | 192 | 221 | 294 | 282 | 291 | 232 | 199 | 259 | 256 | |
| 18 | 253 | 228 | 259 | 263 | 292 | 239 | 223 | 335 | 359 | 259 | 319 | 244 | 307 | 351 | 295 | D |
| 19 | 280 | 256 | 292 | 386 | 289 | 327 | 283 | 219 | 232 | 349 | 326 | 262 | 229 | 253 | 331 | |
| 20 | 324 | 273 | 365 | 268 | 232 | 266 | 249 | 317 | 298 | 292 | 246 | 358 | 226 | 305 | 338 | |
| 21 | 301 | 268 | 323 | 276 | 289 | 347 | 231 | 278 | 205 | 284 | 213 | 243 | 214 | 339 | 296 | |
| 22 | 402 | 241 | 360 | 399 | 278 | 346 | 247 | 279 | 253 | 366 | 248 | 335 | 283 | 249 | 229 | |
| 23 | 226 | 255 | 229 | 247 | 269 | 242 | 267 | 207 | 233 | 317 | 336 | 225 | 287 | 207 | 229 | E |
| 24 | 305 | 255 | 257 | 210 | 265 | 270 | 337 | 307 | 318 | 228 | 314 | 321 | 224 | 297 | 238 | |
| 25 | 267 | 239 | 298 | 248 | 309 | 279 | 269 | 253 | 261 | 318 | 271 | 322 | 218 | 234 | 280 | |
| 26 | 318 | 306 | 327 | 320 | 255 | 258 | 242 | 228 | 266 | 292 | 309 | 263 | 262 | 379 | 322 | |
| 27 | 318 | 329 | 248 | 287 | 267 | 273 | 339 | 345 | 272 | 283 | 348 | 221 | 307 | 262 | 280 | |
| 28 | 292 | 415 | 287 | 259 | 255 | 266 | 384 | 336 | 363 | 311 | 267 | 313 | 330 | 232 | 235 | F |
| 29 | 255 | 314 | 335 | 331 | 273 | 339 | 351 | 325 | 257 | 301 | 286 | 285 | 283 | 278 | 342 | |
| 30 | 320 | 377 | 337 | 400 | 370 | 379 | 269 | 224 | 345 | 269 | 368 | 312 | 367 | 358 | 348 | |
| | | | I | | | | | II | | | | | III | | | |

Figura 2 - Volume, em m$^3$ por unidade de amostra de 0,1 ha, obtidos pelo inventário 100% de um bosque Pinus sp (PELLICO NETTO e BRENA, 1993).

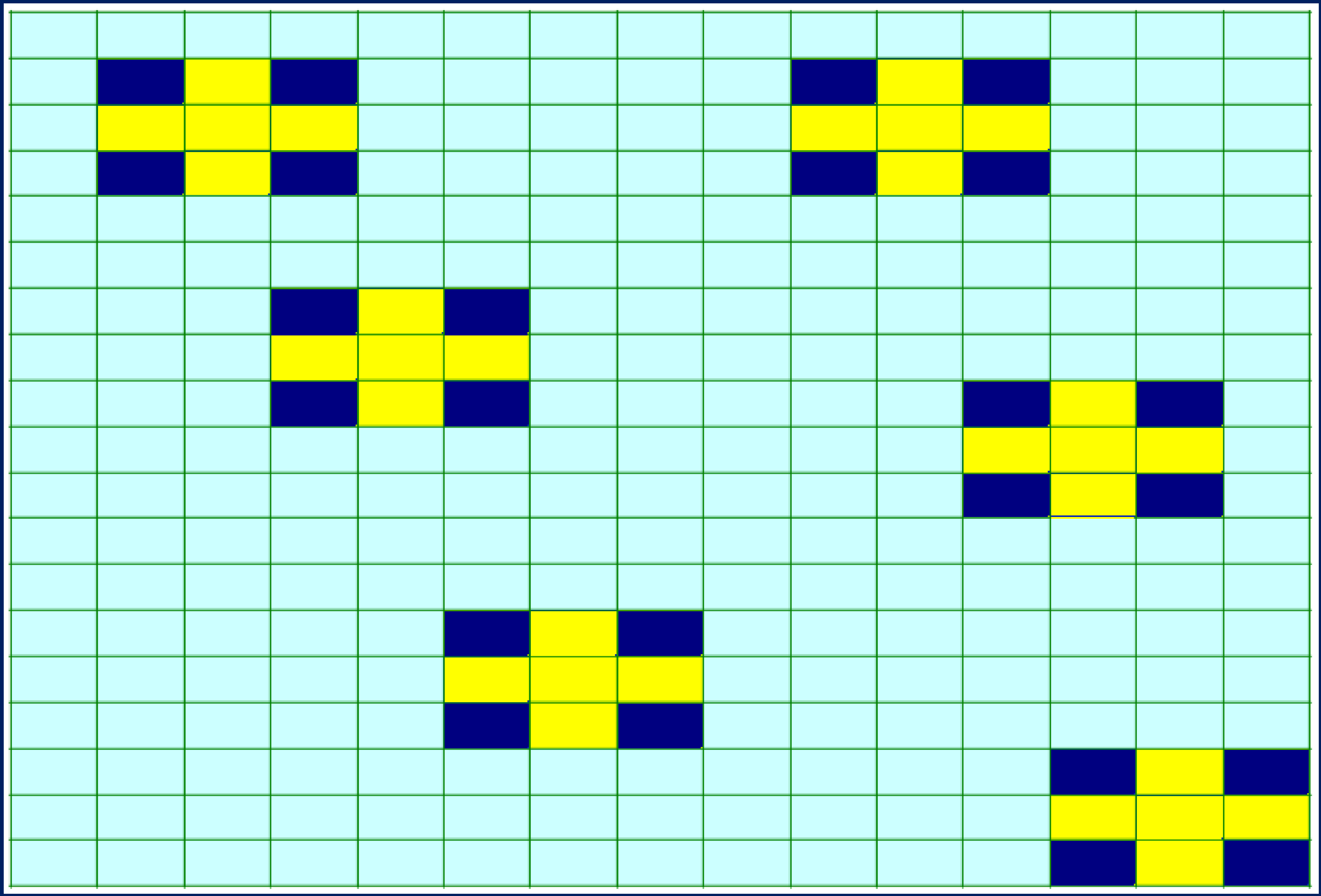


Figura 3 - Volume, em m$^3$ por unidade de amostra de 0,1 ha, obtidos pelo inventário 100% de um bosque Pinus sp (PELLICO NETTO e BRENA, 1993).