

# ***DENDROMETRIA E INVENTÁRIO FLORESTAL***

SÉRIE TÉCNICA ADAPTADA PARA ATENDER AO MÓDULO DE  
DENDROMETRIA E INVENTÁRIO NO CURSO TÉCNICO EM MANEJO  
FLORESTAL. ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MANAUS.

ULISSES SILVA DA CUNHA

MANAUS  
2004

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 MATEMÁTICA BÁSICA .....</b>                                    | <b>2</b>  |
| 1.1. Potenciação .....  | 2         |
| 1.2. Operações com frações .....                                    | 2         |
| 1.3. Fração contínua .....  | 2         |
| 1.4. Operações com matrizes .....                                   | 2         |
| 1.5. Determinantes e sistemas de equações .....                     | 3         |
| 1.6. Resolução de alguns problemas com equações de 1º grau .....    | 3         |
| 1.7. Equação do 2º grau .....                                       | 4         |
| 1.8. Progressão Aritmética .....                                    | 4         |
| 1.9. Progressão geométrica .....                                    | 4         |
| 1.10. Logaritmo .....   | 4         |
| 1.11. Produto cartesiano .....                                      | 6         |
| 1.12. Função .....  | 6         |
| 1.13. Relações trigonométricas .....                                | 7         |
| 1.14. Propriedades dos somatórios .....                             | 7         |
| 1.15. Áreas de figuras planas .....                                 | 8         |
| 1.16. Volumes de sólidos geométricos .....                          | 10        |
| <b>2. ESTATÍSTICA BÁSICA .....</b>                                  | <b>12</b> |
| 2.1. Introdução .....   | 12        |
| 2.2. População, espaço amostral e amostra .....                     | 12        |
| 2.3. Atributos e Variáveis .....                                    | 12        |
| 2.4. Técnicas de levantamento de dados .....                        | 13        |
| 2.5. Tabulação de dados .....                                       | 13        |
| 2.6. Redução de dados .....   | 14        |
| 2.6.1 Medidas de locação ou posição (tendência central) .....       | 14        |
| 2.6.2 Medidas de dispersão .....                                    | 16        |
| 2.7. Gráficos .....   | 17        |
| 2.8. Noções de correlação e regressão linear .....                  | 18        |
| <b>3. DENDROMETRIA .....</b>  | <b>20</b> |
| 3.1. Introdução .....   | 20        |
| 3.1.1 Sinonímias e origem da palavra dendrometria .....             | 20        |
| 3.1.2 Conceito .....  | 20        |
| 3.1.3 Objetivo .....  | 21        |
| 3.1.4 Importância e aplicação .....                                 | 21        |
| 3.1.5 Unidades de medidas .....                                     | 21        |
| 3.1.6 Erros e medidas .....   | 22        |
| <b>3.2. DIÂMETRO .....</b>  | <b>22</b> |
| 3.2.1 Importância .....   | 22        |
| 3.2.2 Medição do DAP a 1,30 m do solo .....                         | 23        |
| 3.2.3 Circunferência, diâmetro, área transversal e área basal ..... | 23        |
| 3.2.4 Diâmetro sem casca .....                                      | 25        |
| 3.2.5 Instrumentos medidores de diâmetros .....                     | 25        |
| 3.2.5.1 Suta .....  | 25        |
| 3.2.5.2 Fita métrica .....  | 26        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.2.5.3 Fita diamétrica.....  | 27        |
| 3.2.5.4 Comparação da fita e suta .....                             | 27        |
| 3.2.5.5 Aplicação das fitas e da suta em função de seus erros ..... | 27        |
| 3.2.5.6 Régua de Biltmore.....                                      | 28        |
| 3.2.5.7 Régua comum.....  | 30        |
| 3.2.5.8 Garfo de diâmetro .....                                     | 30        |
| <b>3.3. ALTURA.....</b>   | <b>30</b> |
| 3.3.1 Identificação e importância da variável altura .....          | 30        |
| 3.3.2 Formas de medição da altura.....                              | 31        |
| 3.3.3 Tipos de altura.....  | 31        |
| 3.3.4 Dificuldades na medição de alturas.....                       | 32        |
| 3.3.5 Cuidados na medição de alturas .....                          | 32        |
| 3.3.6 Medição direta da altura.....                                 | 32        |
| 3.3.7 Hipsômetros baseados no princípio geométrico.....             | 32        |
| 3.3.7.1 Hipsômetro de Christen.....                                 | 32        |
| 3.3.7.3 Medindo a altura sem instrumento .....                      | 33        |
| 3.3.7.4 Medindo a altura pela sombra .....                          | 33        |
| 3.3.7.5 Hipsômetros baseados no princípio trigonométrico.....       | 33        |
| <b>3.4. VOLUMETRIA.....</b>   | <b>36</b> |
| 3.4.1 Importância da variável volume .....                          | 36        |
| 3.4.2 Fator de Forma .....  | 36        |
| 3.4.3 Principais métodos de determinação do volume .....            | 37        |
| 3.4.1 Deslocamento de água.....                                     | 37        |
| 3.4.2 Peso .....  | 38        |
| 3.4.3 Cubagem .....   | 38        |
| 3.4.1 Considerações sobre o fuste de uma árvore .....               | 39        |
| <b>4. INVENTÁRIO FLORESTAL.....</b>                                 | <b>47</b> |
| 4.1. Introdução .....   | 47        |
| 4.1.1 Conceito .....  | 47        |
| 4.1.2 Importância .....   | 47        |
| 4.1.3 Aplicações .....  | 47        |
| 4.2. Parcelas e unidades amostrais .....                            | 48        |
| 4.3 Forma e tamanho de unidades amostrais.....                      | 48        |
| 4.4 Técnicas de amostragem .....                                    | 48        |
| 4.4.1 Amostragem aleatória simples .....                            | 48        |
| 4.4.2 Amostragem sistemática .....                                  | 49        |
| 4.4.3 Amostragem em conglomerados.....                              | 49        |
| 4.5. Técnicas de coleta de dados .....                              | 50        |
| 4.5.1 Inventário piloto .....                                       | 50        |
| 4.5.2 Estratificação.....   | 50        |
| 4.5.3 Inventário a 100% .....                                       | 50        |
| 4.5.4 Parcelas temporárias.....                                     | 50        |
| 4.5.4.1 Métodos de medição .....                                    | 50        |
| 4.5.5 Parcelas permanentes .....                                    | 51        |
| 4.5.5.1 Métodos de instalação e medição.....                        | 51        |
| 4.6. Técnicas de armazenamento de dados .....                       | 52        |

|   |    |
|---|----|
| 4.6.1 Fichas de campos e formulários .....                    | 52 |
| 4.6.2 Transferência de dados para planilhas eletrônicas ..... | 52 |

## 1 MATEMÁTICA BÁSICA

### 1.1. POTENCIAÇÃO

$$2^3 \neq 2 \times 3$$

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 2^2 \times 2 = 2^{2+1} \quad 2 \times 3 = 2 + 2 + 2$$

### 1.2. OPERAÇÕES COM FRAÇÕES

$$\frac{2}{3} + \frac{3}{4} = \frac{2 \times 4 + 3 \times 3}{12} = \frac{8 + 9}{12} = \frac{17}{12}$$

### 1.3. FRAÇÃO CONTÍNUA

Regra para converter uma fração ordinária em fração contínua

Para se converter uma fração ordinária em fração contínua, aplica-se aos dois termos da fração o processo das divisões sucessivas para a determinação do m.d.c. de dois números, começando sempre pela divisão do numerador pelo denominador, ainda que o numerador seja menor que o denominador; o primeiro quociente obtido que pode ser zero, representa a parte inteira da fração contínua e os demais quocientes, sempre diferentes de zero, representam os denominadores das frações integrantes

|    |    |    |   |   |   |
|----|----|----|---|---|---|
|    | 2  | 3  | 1 | 2 | 3 |
| 84 | 37 | 10 | 7 | 3 | 1 |
| 10 | 7  | 3  | 1 | 0 |   |

Converter  $\frac{84}{37}$  em fração contínua

Aplicando a regra anterior, temos

$$\frac{84}{37} = [2,3,1,2,3] = 2 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3}}}}$$

### 1.4. OPERAÇÕES COM MATRIZES

Adição

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 5 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 8 \\ 2 & 7 \end{bmatrix}$$

Produto

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \\ 3 & 6 \end{bmatrix}_{3 \times 2} \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix}_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 1 \times 1 + 4 \times 2 & 1 \times 3 + 4 \times 4 \\ 2 \times 1 + 5 \times 2 & 2 \times 3 + 5 \times 4 \\ 3 \times 1 + 6 \times 2 & 3 \times 3 + 6 \times 4 \end{bmatrix}_{3 \times 2} = \begin{bmatrix} 9 & 19 \\ 12 & 26 \\ 15 & 33 \end{bmatrix}_{3 \times 2}$$

Regra para o produto: A matriz da esquerda deve ter o número de colunas igual ao número de linhas da matriz da direita.

### 1.5. DETERMINANTES E SISTEMAS DE EQUAÇÕES

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 1 & 4 \end{vmatrix} = 3 \times 4 - 1 \times 2 = 12 - 2 = 10 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 2 & 3 & 7 \\ 5 & 1 & 4 \\ 3 & 2 & 5 \end{vmatrix} = 4$$

$$\Delta_2 = 2 \times 1 \times 5 + 3 \times 3 \times 4 + 2 \times 5 \times 7 - 3 \times 1 \times 7 - 2 \times 2 \times 4 - 5 \times 5 \times 3$$

$$\Delta_2 = 10 + 36 + 70 - 21 - 16 - 75 = 116 - 112 = 4$$

$$\begin{cases} 2x + 3y = 13 \\ 5x - y = 7 \end{cases} \quad \Delta = \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 5 & -1 \end{vmatrix} = -17, \Delta_x = \begin{vmatrix} 13 & 3 \\ 7 & -1 \end{vmatrix} = -34, \Delta_y = \begin{vmatrix} 2 & 13 \\ 5 & 7 \end{vmatrix} = -51$$

$$x = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{-34}{-17} = 2 \quad y = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{-51}{-17} = 3$$

Resolver o sistema

$$\begin{cases} x + y = 12 \\ x^2 + y^2 = 104 \end{cases} \quad \mathbf{R.} \quad x = 10, y = 2 \quad \text{e} \quad x = 2 \quad \text{e} \quad y = 10$$

Resolver por meio de determinantes, os sistemas

$$\begin{cases} 7x + 3y = 36 \\ 8x - 5y = -1 \end{cases} \quad \mathbf{R.} \quad x = 3 \quad y = 5$$

### 1.6. RESOLUÇÃO DE ALGUNS PROBLEMAS COM EQUAÇÕES DE 1º GRAU

Tomando  $\frac{2}{3}$  de um número, somando seus  $\frac{3}{4}$  e da soma tirando seus  $\frac{3}{8}$ , obtém-se a diferença entre 49 e ele; achar o número.

Designando o número por x e traduzindo o enunciado do problema, obtemos

$$\frac{2}{3}x + \frac{3}{4}x + \frac{3}{8}x = 49 - x \quad \therefore \quad x = 24$$

Achar o número que dividido por 3, por 5 e por 7, dê respectivamente os restos 2, 3 e 2 e a soma dos quocientes seja 14.

Designando o número por x, os quocientes são  $\frac{x-2}{3}$ ,  $\frac{x-3}{5}$ ,  $\frac{x-2}{7}$ , porque sendo  $D=dQ+R$ , temos,  $\frac{D-R}{d} = Q$ , então a equação do problema é

$$\frac{x-2}{3} + \frac{x-3}{5} + \frac{x-2}{7} = 14 \quad \therefore \quad x = 23$$

Achar um número de dois algarismos, no qual 4 vezes o das dezenas menos o das unidades é igual a 5; e, invertendo a ordem dos algarismos, obtém-se um número que excede o primeiro de 36.

Designando por x o algarismo das dezenas e por y o das unidades, o número pode escrito sob a forma  $10x + y$ ; invertendo a ordem dos algarismos, o número passará a ser  $10y + x$ . Então, de acordo com o enunciado as equações do problema são

$$\begin{cases} 4x - y = 5 \\ 10y + x - (10x + y) = 36 \end{cases} \quad \mathbf{R.} \quad x = 3, y = 7, \text{ portanto o número é } 37$$

### 1.7 EQUAÇÃO DO 2º GRAU

$$ax^2 + bx + c = 0 \Rightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Exemplo:  $4x^2 + 3x - 1 = 0$

### 1.8. PROGRESSÃO ARITMÉTICA

Progressão aritmética é uma sucessão de números, na qual cada um é igual ao precedente somado algebricamente a um número fixo, positivo ou negativo, chamado razão.

$$\div 4 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 13 \cdot 16 \quad \mathbf{l} = a + (n-1) \cdot r$$

Os números 4,7,10, 13 e 16 formam uma progressão aritmética cuja razão é 3; lê-se como 4 para 7, para 10, para 13, para 16.

### 1.9. PROGRESSÃO GEOMÉTRICA

Progressão geométrica é uma sucessão de números, na qual cada um é igual ao precedente multiplicado por um número fixo, chamado razão.

$$\ddots \quad 8 : 4 : 2 : 1 \quad \mathbf{l} = aq^{n-1}$$

É uma P.G. de razão 0,5 que se lê: como 8 para 4 para 2 para 1

### 1.10. LOGARITMO

Sistema de logaritmos é o conjunto de duas progressões, uma geométrica e a outra aritmética, indefinidamente prolongadas nos dois sentidos, que se correspondem, termo a termo, de modo que a termo com valor 1 da progressão geométrica corresponda o termo de valor zero da progressão aritmética (visão aritmética).

$$\begin{aligned} \therefore & \frac{1}{9} : \frac{1}{3} : 1 : 3 : 9 : 27 : 81 : \dots (\text{razão } 3) \\ \div & -2 : -1 : 0 : 1 : 2 : 3 : 4 : \dots (\text{razão } 1) \end{aligned}$$

Os termos da progressão aritmética são os logaritmos dos termos correspondentes da progressão geométrica. Assim, no sistema formado por estas duas progressões, o logaritmo de  $\frac{1}{9}$  é  $-2$ , o de  $1$  é  $0$ , o de  $9$  é  $2$ .

Os termos da progressão geométrica são os antilogaritmos dos termos correspondentes da progressão aritmética. Assim, no exemplo considerado temos que, o antilogaritmo de  $-1$  é  $\frac{1}{3}$ , o de  $1$  é  $3$ , o de  $4$  é  $81$ .

Base de um sistema de logaritmos é o termo da progressão geométrica que corresponde ao termo de valor  $1$  da progressão aritmética. No sistema considerado a base é  $3$ .

Propriedades básicas:

- 1) O logaritmo de um é zero
- 2) O logaritmo da base é um
- 3) Todos os números positivos têm logaritmos
- 4) Os números negativos não têm logaritmos

Do ponto de vista algébrico, logaritmo de um número é o expoente da potência a que é preciso elevar um número fixo, chamado base do sistema, para obtê-lo.

Assim, sendo  $N$  o número,  $x$  seu logaritmo e  $a$  a base do sistema, temos, por definição

$$N = a^x \text{ ou } a^x = N \quad \log_a N = x$$

#### PROPRIEDADES GERAIS DOS LOGARITMOS

O logaritmo de um produto é igual à soma dos logaritmos dos fatores

$$\log_b (a_1 \cdot a_2) = \log_b a_1 + \log_b a_2$$

O logaritmo de um quociente ou fração é igual ao logaritmo do dividendo ou numerador menos o do divisor ou denominador

$$\log_b \frac{a_1}{a_2} = \log_b a_1 - \log_b a_2$$

O logaritmo de uma potência é igual ao expoente da potência multiplicado pelo logaritmo da base

$$\log_b a^n = n \log_b a$$

Cologaritmos

Cologaritmo de um número é o logaritmo do inverso deste número

$$\text{co } \log_b a = \log_b \frac{1}{a} = \log_b 1 - \log_b a = -\log_b a$$

Mudança de base



$$\begin{aligned}
 x = \log_a N & \quad \therefore \quad N = a^x & \quad y = \log_b N & \quad \therefore \quad N = b^y \\
 a^x = b^y & \quad \Rightarrow x \log_a a = y \log_a b & \quad \therefore x = y \log_a b \\
 \frac{y}{x} = \frac{1}{\log_a b} & \quad \therefore \quad \frac{\log_b N}{\log_a N} = \frac{1}{\log_a b}
 \end{aligned}$$

Exemplo complementar

Seja  $a^x = b^y$      $x \log_a a = y \log_a b$     ou     $x \log_b a = y \log_b b$

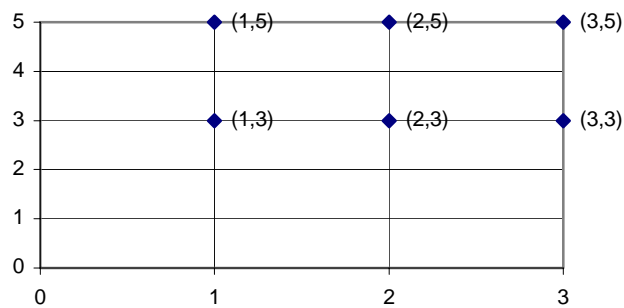
deduz-se que  $\frac{y}{x} = \frac{1}{\log_a b}$     ou     $\frac{y}{x} = \log_b a$      $\therefore \quad \log_b a = \frac{1}{\log_a b}$

### 1.11. PRODUTO CARTESIANO

Chama-se produto cartesiano A x B ao conjunto constituído de todos os pares ordenados de elementos  $(x_i, y_i)$  que se podem obter relacionando cada elemento  $x_i$  de A com todos elementos  $y_i$  de B

Exemplo     $A = \{1,2,3\}$      $B = \{3,5\}$

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \left\{ \begin{array}{ll} (1,3) & (1,5) \\ (2,3) & (2,5) \\ (3,3) & (3,5) \end{array} \right\} \quad \mathbf{B} \times \mathbf{A} = \left\{ \begin{array}{lll} (3,1) & (3,2) & (3,3) \\ (5,1) & (5,2) & (5,3) \end{array} \right\}$$



PRODUTO CARTESIANO A X B

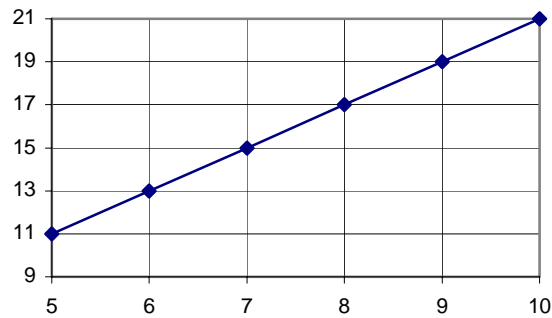
### 1.12. FUNÇÃO

Uma função de A em B é um conjunto de pares ordenados de elementos  $(X, Y)$  pertencentes ao produto cartesiano A x B, tal que para  $X_i$  está associado apenas um  $Y_i$

Exemplo     $A = \{1,2,3,4\}$      $B = \{4,6,7,8\}$   
 $f(1) = 6, \quad f(2) = 4, \quad f(3) = 7$

$$f: A \rightarrow B$$

$$y = 2x + 1 \quad 5 \leq x \leq 10$$



### 1.13. RELAÇÕES TRIGONOMÉTRICAS

Seja a **Figura (1)**

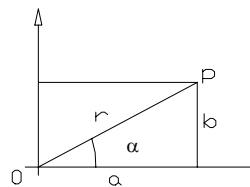


Figura 1

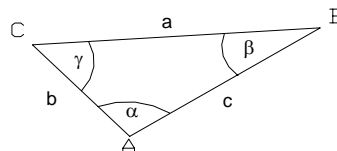


Figura 2

As relações básicas entre as medidas angulares são:

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{b}{r} \therefore b = r \operatorname{sen} \alpha$$

$$\operatorname{cos} \alpha = \frac{a}{r} \therefore a = r \operatorname{cos} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\operatorname{cos} \alpha}$$

$$\operatorname{sen}^2 \alpha + \operatorname{cos}^2 \alpha = 1$$

*Lei dos senos*

$$\frac{a}{\operatorname{sen} \alpha} = \frac{b}{\operatorname{sen} \beta} = \frac{c}{\operatorname{sen} \gamma}$$

### 1.14. PROPRIEDADES DOS SOMATÓRIOS

Para designar somatório utiliza-se a letra grega sigma ( $\Sigma$ ). Este operador facilita o uso de muitas operações desenvolvidas pela estatística.

Seja  $4 \times 3 = 3 + 3 + 3 + 3$   
 $3 \times 4 = 4 + 4 + 4$

No 1º caso, tem-se 4 parcelas iguais a 3 e, no 2º caso, tem-se 3 parcelas iguais a 4

mais genericamente,

$$1 + 1 + 1 + \dots + 1 = n \times 1 = n$$

Neste caso, tem-se n parcelas iguais a 1

Substituindo 1 por um valor arbitrário a, tem-se:

$$a + a + a + \dots + a = n \times a$$

Pode-se escrever na forma de somatório

$$\sum a = a + a + a + \dots + a = na$$

Se  $x_i$  é uma variável com  $i=1,2,3,\dots,n$ , então

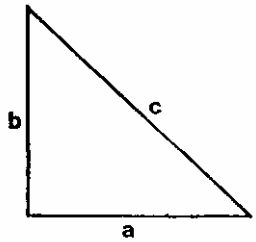
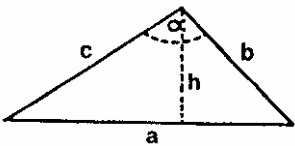
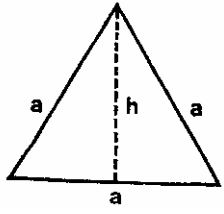
$$\sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \text{ lê-se: somatório de } x \text{ índice } i, i \text{ variando de } 1 \text{ a } n$$

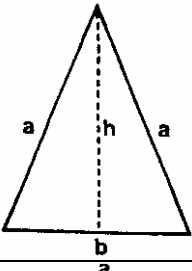
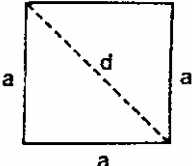
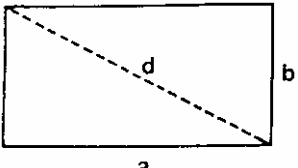
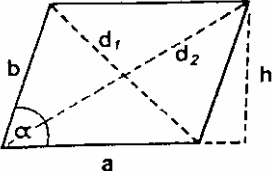
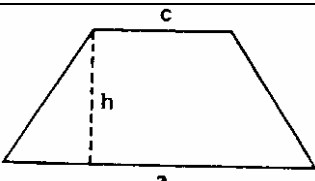
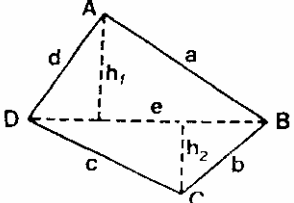
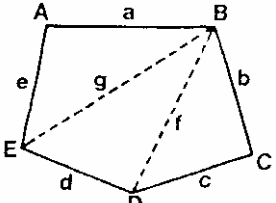
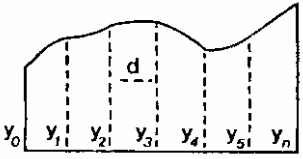
Agora, se  $x_i$  é uma variável e  $a$  é uma constante, então

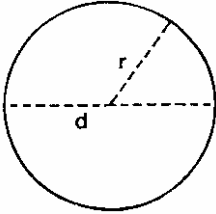
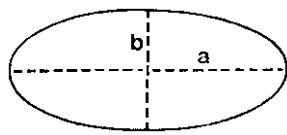
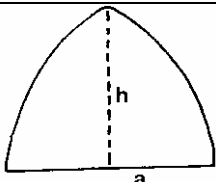
$$ax_1 + ax_2 + ax_3 + \dots + ax_n = \sum_{i=1}^n ax_i = a(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) = a \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\sum_{i=1}^n ax_i = a \sum_{i=1}^n x_i$$

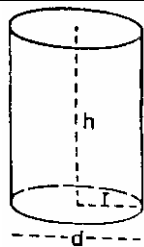
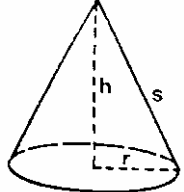
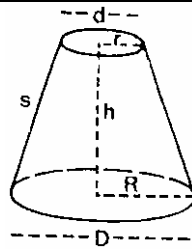
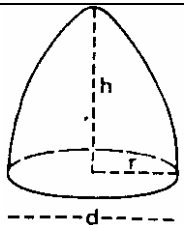
### 1.15. ÁREAS DE FIGURAS PLANAS

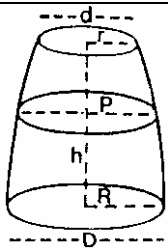
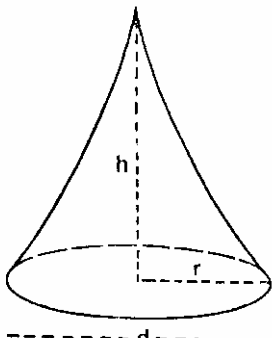
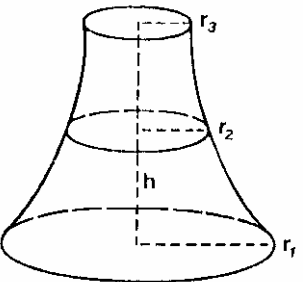
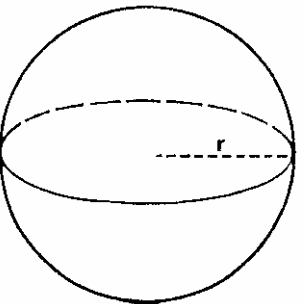
| Figuras Planas  | Fórmulas   |
|---|--|
|  | Triângulo Retângulo<br>$c = \sqrt{a^2 + b^2}$<br>$a = \sqrt{c^2 - b^2}$<br>$b = \sqrt{c^2 - a^2}$<br>$\text{área} = \frac{1}{2}ab$                               |
|  | Triângulo Oblíquo<br>$\text{área} = \frac{1}{2}ah$<br>$= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$<br>$= \frac{bc}{2} \text{sen } \alpha$<br>$s = \left( \frac{a+b+c}{2} \right)$ |
|  | Triângulo Equilátero<br>$\text{área} = \frac{1}{2}ah = 0,433a^2$<br>$= 0,577h^2$<br>$h = 0,866a$<br>$a = 1,155h$<br>$a = 1,520\sqrt{\text{área}}$                |

| Figuras Planas  | Fórmulas  |
|---|---|
|    | Triângulo Isósceles<br>$\text{área} = \frac{1}{2}bh$ $h = \sqrt{\left(a + \frac{b}{2}\right)\left(a - \frac{b}{2}\right)}$  |
|    | Quadrado<br>$\text{área} = a^2 = \frac{d^2}{2}$ $d = 1,414a = 1,414\sqrt{\text{área}}$  |
|    | Retângulo<br>$\text{área} = ab$ $d = \sqrt{a^2 + b^2}$  |
|   | Paralelogramo<br>$\text{área} = ah = ab \text{ sen } \alpha$ $d_1 = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha}$ $d_2 = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$  |
|  | Trapézio<br>$\text{área} = \frac{a+c}{2}h$  |
|  | Trapezóide<br>$\text{área} = \frac{e}{2}(h_1 + h_2)$ $= \frac{1}{2}(ad \text{ sen } A) + \frac{1}{2}(bc \text{ sen } C)$  |
|  | Pêntagono<br>$f^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos C$ $g^2 = a^2 + e^2 - 2ae \cos A$ $\text{área} = \Delta AEB + \Delta BED + \Delta BCD$ (vide área do triângulo oblíquo)  |
|  | Figura Irregular<br>Regra de Simpson's<br>$\text{área} = \frac{d}{3} \left( (y_0 + y_n) + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{n-1}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{n-2}) \right)$ Regra Trapezoidal<br>$\text{área} = d \left( \frac{1}{2}(y_0 + y_n) + y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} \right)$ |

| Figuras Planas  | Fórmulas  |
|---|---|
|  | <p>Círculo</p> $\pi = 3,14159265390$ $\text{área} = \frac{\pi d^2}{4} = \pi r^2$ $\text{circunferência} = \pi d = 2\pi r$ |
|  | <p>Elipse</p> $\text{área} = \pi ab$  |
|  | <p>Parábola</p> $\text{área} = \frac{2}{3} ah$  |

### 1.16. VOLUMES DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

| Sólidos Geométricos   | Fórmulas   |
|---|--|
|  | <p>Cilindro</p> $\text{volume} = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2 h}{4}$ $\text{área superfície} = 2(\pi rh + \pi r^2)$   |
|  | <p>Cone</p> $\text{volume} = \frac{\pi r^2 h}{3} = \frac{\pi d^2 h}{12}$ $\text{área superfície} = \pi rs + \pi r^2$   |
|  | <p>Tronco de Cone</p> $\text{volume} = \frac{\pi}{3}(R^2 + r^2 + Rr)h$ $= \frac{\pi}{12}(D^2 + d^2 + Dd)h$ $\text{área superfície} = \pi s(R + r) + \pi r^2 + \pi R^2$   |
|  | <p>Parabolóide</p> $\text{volume} = \pi r^2 \frac{h}{2} = \frac{\pi d^2 h}{8}$ $\text{área superfície} = \frac{2\pi r}{12h^2} \left( (r^2 + 4h^2)^{3/2} - r^3 \right) +$ |

| Sólidos Geométricos   | Fórmulas  |
|---|---|
|    | <p>Tronco de Parabolóide</p> $volume = \frac{\pi h}{2} (R^2 + r^2) = \frac{\pi h}{8} (D^2 + d^2)$ <p>área superfície = área Parabolóide(base h) - área Parabolóide(base r) + <math>\pi r^2</math></p> |
|    | <p>Neilóide</p> $volume = \frac{\pi}{4} r^2 h = \frac{\pi}{16} d^2 h$   |
|   | <p>Tronco de Neilóide</p> $volume = \frac{\pi h}{6} (r_1^2 + 4r_2^2 + r_3^2)$   |
|  | <p>Esfera</p> $volume = \frac{4\pi r^3}{3}$ $área superfície = 4\pi r^2$  |

## 2. ESTATÍSTICA BÁSICA

### 2.1. INTRODUÇÃO

Até há pouco tempo atrás a palavra Estatística era considerada pelo leigo como uma sucessão de tabelas e gráficos associadas a algum tipo de pesquisa. Isto se deve, em parte, à própria origem da palavra Estatística – com derivação do grego ESTADO – e era usada nos primórdios para representar dados coletados por órgãos governamentais.

A Estatística constitui um dos principais instrumentos de tomada de decisão e controle para qualquer atividade profissional. No caso da atividade florestal, a aplicação de métodos Estatísticos é de suma importância em razão dos tipos de variáveis que são analisadas e coletadas no campo.

A revisão de alguns tópicos em um curso básico de estatística para técnicos florestais, visa familiarizar o estudante com os conceitos de estatística básica e suas aplicações imediatas em vários campos do manejo florestal, sem contudo, exceder no aprofundamento das particularidades de cada assunto.

A Estatística constitui uma parte da Matemática aplicada e tem por objetivo tirar conclusões sobre uma população, a partir de dados observados em uma ou mais amostras dessa população. Através da Estatística pode-se analisar e interpretar dados provenientes de uma ou mais amostras, com o objetivo de se inferir características de populações.

### 2.2. POPULAÇÃO, ESPAÇO AMOSTRAL E AMOSTRA

População é o conjunto universo dos dados sobre quais se pretende tirar conclusões. Amostra é um subconjunto da população.

Exemplos:

1. Se estivermos interessados em conhecer o diâmetro médio de 1 ha de uma formação florestal, pode-se utilizar como amostra, os diâmetros dos indivíduos  $> 20$  cm.

Neste exemplo, a população é constituída pelo conjunto de todas as faixas diamétricas. É lógico que o número de elementos do conjunto universo não é conhecido ou não foi determinado, mas o número de elementos da amostra será determinado pela contagem.

2. Suponhamos agora que estejamos interessados em obter uma estimativa da altura média das árvores de uma formação florestal que possui 700 árvores/ha com  $dap > 15$  cm. Pode-se tomar uma amostra de 50 indivíduos sorteados ao acaso. Através das observações obtidas nessa amostra pode-se tirar conclusões sobre a população.

Mediante os exemplos anteriores, observa-se que nem sempre é possível utilizar todos os dados de uma população. Entretanto, ainda que seja possível ter acesso a todos os dados de uma população, como no segundo exemplo, isso nos conduziria a um trabalho bastante cansativo e o resultado seria pontual, válido apenas para aquele momento, uma vez que as médias após alguns anos já não seriam mais as mesmas, pois nesse intervalo de tempo é possível que ocorram transformações na floresta. Por essa razão devemos utilizar uma amostra para estimar a média da população.

### 2.3. ATRIBUTOS E VARIÁVEIS

Os elementos que pertencem a uma amostra e, portanto, à população que contém a amostra são denominados variáveis. As variáveis podem ser discretas ou contínuas. Diz-se que uma variável aleatória é discreta quando assume um número finito de valores num intervalo finito. Geralmente a variável discreta é identificada quando seus valores são obtidos através de contagem. Por outro lado,

uma variável aleatória é dita contínua quando seus valores são obtidos por mensuração, através de medição.

Variável pode ser definida como qualquer característica associada a uma população.

Exemplo de classificação de variáveis:

$$\text{Qualitativa} \begin{cases} \text{Nominal} \\ \text{Ordinal} \end{cases} \quad \text{Quantitativa} \begin{cases} \text{Discreta} \\ \text{Contínua} \end{cases}$$

Qualitativa Nominal    Sucupira amarela        Sucupira vermelha        Sucupira preta

Qualitativa ordinal    1=madeira leve 2=madeira moderada e 3=madeira pesada

Variáveis qualitativas são ainda chamadas de atributos

Exemplos de variáveis discretas

1. Conjunto de árvores com qualidade de fuste 1
2. Conjunto de árvores com sapopema

Exemplo de variáveis contínuas

1. O Conjunto das alturas das árvores de uma floresta constitui uma variável contínua, pois, no intervalo de 5 a 15m, a variável pode assumir uma infinidade de valores, uma vez que existem infinitas medidas entre 5 e 15m.

2. O conjunto dos volumes individuais das árvores ôcas de uma floresta

A estatística descritiva é a parte da estatística que descreve os dados observados da amostra. É a parte estática da estatística, que consiste no cálculo de valores representativos da amostra e na construção gráfica dos dados observados.

## 2.4. TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE DADOS

Ao tomarmos uma amostra de uma população adotamos um método de amostragem, de modo que se evite interferências pessoais sobre os dados a serem observados, isto é, devemos garantir a aleatoriedade dos dados.

Após definida a forma de coleta dos dados, bem como o seu tamanho, passamos a fazer o levantamento dos dados, que consiste na coleta, anotação, aferição e tabulagem dos dados.

A coleta dos dados consiste basicamente em descrever e anotar as características de certas variáveis que podem ser mensuradas ou classificadas em níveis ou categorias.

## 2.5. TABULAÇÃO DE DADOS

Após a aferição dados coletados, pode-se ordená-los em ordem crescente ou decrescente. E, em seguida, pode-se proceder à tabulação dados, ou seja, fazer o agrupamento dos dados em classes.

Exemplo:

Admitamos que durante um inventário florestal numa parcela de 1 ha (100 m x 100 m) foram medidos todas as árvores com DAP > 20 cm, sendo que o resultado de uma amostra de 10 m x 10 m, o seguinte:

A tabela constitui a distribuição simples dos dados observados

Na segunda fase, vamos ordenar os dados em ordem crescente ou decrescente e contar os valores repetidos. Como o menor valor observado foi 20 e o maior 50, escreveremos a sucessão dos



valores de 20 a 50, seguidos de sua frequência, ou seja, o número de vezes que ocorreu dentro da amostra.

A tabulação dos dados consiste em dividir a amplitude total (maior valor – menor valor) pelo número  $k$  de classes previamente fixadas, em intervalos de classes. Neste exemplo, os dados estão dispostos em classes de diâmetros de 5m em 5 cm, sendo o centro de classe a média entre os valores extremos de cada classe. Observe que 22,5 corresponde à média aritmética entre 20 e 25, extremos da classe de 20 cm a 25 cm.

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 20,1 | 21,0 | 34,6 | 45,8 | 21,5 |
| 22,0 | 26,6 | 37,5 | 45,3 | 32,7 |
| 23,5 | 28,3 | 38,6 | 46,7 | 33,9 |
| 24,0 | 31,2 | 33,9 | 48,9 | 48,3 |
| 26,8 | 32,5 | 39,2 | 49,6 | 49,5 |
| 28,9 | 36,8 | 35,1 | 50,3 | 50,0 |
| 35,3 | 35,5 | 38,9 | 23,0 | 44,6 |
| 30,4 | 34,4 | 42,0 | 24,0 | 48,6 |
| 27,5 | 37,8 | 43,5 | 27,0 | 46,8 |
| 28,9 | 38,9 | 44,6 | 29,0 | 47,5 |

Tabela com os centros de classes diamétricas e frequências simples e acumuladas

| CD (cm) | $d_i$ | $f_i$ | $d_j f_j$ | $f_a$ |
|---------|-------|-------|-----------|-------|
| 20 – 25 | 22,5  | 08    | 180       | 08    |
| 25 – 30 | 27,5  | 08    | 220       | 16    |
| 30 – 35 | 32,5  | 08    | 260       | 24    |
| 35 – 40 | 37,5  | 10    | 375       | 34    |
| 40 – 45 | 42,5  | 04    | 170       | 38    |
| 45 – 50 | 47,5  | 12    | 570       | 50    |
|         |       | 50    | 1775      |       |

## 2.6. REDUÇÃO DE DADOS

O termo redução de dados deve-se a Fisher, e consiste em substituir tabelas com dados, visando torná-las comparáveis com outras tabelas, por números que meçam as características mais importantes da distribuição.

### 2.6.1 MEDIDAS DE LOCAÇÃO OU POSIÇÃO (TENDÊNCIA CENTRAL)

As medidas de posição de uma distribuição são valores que representam as tendências de concentração de dados observados. As principais medidas de posição são: médias, moda e mediana

Nota: Podem ser representadas no mesmo sistema de coordenadas dos dados

#### Médias

As médias são medidas de tendência central que caracterizam uma distribuição

Vamos estudar os seguintes tipos de médias:

Média aritmética simples e ponderada

Média Geométrica

Média Harmônica

Média aritmética simples

Imaginemos que a medida de uma variável se repita  $n$  vezes, onde  $n$  é um dos números 1,2,3, ...,  $n$ . Sejam  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$   $n$  medidas de diâmetros provenientes de uma amostra. Então, A média aritmética simples é obtida somando-se os valores de uma distribuição simples e dividindo-se essa soma pelo número de valores.

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Ex.  $\bar{d} = \frac{20,1 + 22,0 + 23,5 + \dots + 47,5}{50} = \frac{1791,3}{50} = 35,8$

#### Média aritmética ponderada

A média aritmética ponderada é obtida somando-se os produtos  $d_j f_j$  de uma distribuição de frequências e dividindo-se essa soma pela soma das frequências.

$$\bar{d} = \frac{d_1 f_1 + d_2 f_2 + d_3 f_3 + \dots + d_n f_n}{f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n} = \frac{\sum_{j=1}^k d_j f_j}{\sum_{j=1}^k f_j} = \frac{\sum_{j=1}^k d_j f_j}{n}$$

Ex.  $\bar{d} = \frac{180 + 220 + 260 + \dots + 570}{8 + 8 + 8 + \dots + 12} = \frac{1775}{50} = 35,5$

#### Média geométrica

A média geométrica ( $M_g$ ) de  $n$  valores de uma variável é a raiz  $n$  ésima do produto desses valores

$$M_g = \sqrt[n]{d_1 \times d_2 \times d_3 \times \dots \times d_n}$$

Ex. 15, 20, 25 e 30

$$M_g = \sqrt[4]{15 \times 20 \times 25 \times 30} = 21,78 = 10^{1,34}$$

$$\log(M_g) = \frac{\log 15 + \log 20 + \log 25 + \log 30}{4} = \frac{1,18 + 1,30 + 1,40 + 1,48}{4} = 1,34$$

ou seja,  $M_g = \text{anti} - \log(1,34) = 21,78$

Observa-se que o logaritmo da  $M_g$  é igual a média aritmética dos logaritmos da variável. As propriedades de  $M_g$  não são tão simples e claras como a media aritmética. Recomenda-se utilizar quando as variáveis seguem progressão geométrica.

#### Média harmônica

A média harmônica ( $M_h$ ) de  $n$  valores de uma variável é o inverso da média aritmética dos inversos dos valores dados.

$$Mh = \frac{1}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} + \dots + \frac{1}{d_n}} = \frac{1}{\sum \frac{1}{d_i}} = \frac{n}{\sum \frac{1}{d_i}}$$

A aplicação da média harmônica será mostrada com um exemplo tipicamente florestal

Suponhamos que um trabalhador florestal deva abrir uma picada de 1000m. Nos 250 m iniciais o seu rendimento foi de 50 m / hora; nos 250 m seguintes o seu rendimento foi de 45 m / hora; para mais 250 m obteve um desempenho de 55 m / hora e, nos 250 m finais, seu desempenho foi de apenas 40 m /hora. Pergunta-se: Qual o rendimento médio do seu trabalho ?

A média aritmética de cada fase forneceria um resultado falso, conforme pode-se observar

$$\frac{50 + 45 + 55 + 40}{4} = 47,5 \text{ m / hora}$$

O resultado correto é fornecido pela média harmônica. Para isso, divide-se a extensão total trabalhada pelo número total de horas trabalhadas, o que deve fornecer o rendimento médio esperado.

$$\frac{250}{50} + \frac{250}{45} + \frac{250}{55} + \frac{250}{40} = 5 + 5,6 + 4,5 + 6,3 = 21,4 \text{ horas}$$

$$Mh = \frac{1000}{\frac{250}{50} + \frac{250}{45} + \frac{250}{55} + \frac{250}{40}} = \frac{1000}{250 \times \left( \frac{1}{50} + \frac{1}{45} + \frac{1}{55} + \frac{1}{40} \right)} = \frac{4}{\frac{1}{50} + \frac{1}{45} + \frac{1}{55} + \frac{1}{40}} = \frac{1000}{21,4} = 46,7 \text{ m / ha}$$

em que

4= número de observações, medições ou parcelas de trabalho

$\frac{1}{50}$ ,  $\frac{1}{45}$ ,  $\frac{1}{55}$ ...  $\frac{1}{40}$  são valores inversos dos dados de rendimento

**Moda:** É o ponto médio que consiste em tomar o valor da variável que tenha maior frequência.

**Mediana:** É o ponto médio que divide os valores da variável em duas partes, de tal forma que as somas das frequências em cada lado sejam iguais.

## 2.6.2 MEDIDAS DE DISPERSÃO

As medidas de locação descritas anteriormente fornecem uma visão limitada sobre o conjunto de dados, uma vez que não consideram o mais importante conceito em estatística: variabilidade. A quantificação da variabilidade utiliza as seguintes medidas.

**Amplitude**

Obtém-se pela simples diferença entre valor máximo e o valor mínimo observados.

**Desvio médio absoluto**

Uma idéia intuitiva de variabilidade de um conjunto de valores , , consistiria em verificar qual a distância que cada valor guarda com alguma medida de locação de tendência central, que pode ser a média ou a mediana.

A expressão  $(x_i - \bar{x})$  é considerada um desvio. A soma dos valores absolutos dos desvios  $\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$ , (pois a soma algébrica seria zero) fornece a variabilidade global dos dados, a qual

dividida pelo número de observações exprime o desvio médio absoluto  $D_m = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$ .

### Variância

Outra maneira de contornar a simples soma algébrica dos desvios é através da determinação da soma dos quadrados dos desvios a qual, dividida por n (ou n-1) produzirá a chamada variância ( $S^2$ ) que é a medida de dispersão mais utilizada na prática, devido à maior facilidade do trato algébrico com funções quadráticas.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 f_i}{n} \quad (\text{populacional}) \quad \text{ou} \quad \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 f_i}{n-1} \quad (\text{amostral})$$

### Desvio padrão

A partir desta medida é possível obter uma outra que seja dada na mesma unidade dos dados originais. O desvio padrão (s) atende a este requisito e é definido como a raiz quadrada positiva da variância.

$$S = \sqrt{S^2}$$

### Coefficiente de variação

O desvio padrão depende, de certo modo, da magnitude dos dados. Uma medida que controla esse efeito e permite que se compare 2 conjuntos de dados quanto à variabilidade é o coeficiente de variação, que é expresso pelo quociente entre o desvio padrão e a média aritmética de um conjunto de observações (adimensional).

$$CV\% = \frac{S}{\bar{d}} \times 100$$

## 2.7. GRÁFICOS

Vamos mostrar alguns gráficos usados na interpretação de dados, que podem envolver uma ou mais variáveis. O objetivo é mostrar os tipos comumente mais usados.

### Histograma de frequências

Este é um gráfico que parte de uma tabela de frequência, com classes de tamanhos não necessariamente iguais, formado por retângulos contíguos, mutuamente exclusivos e exaustivos, de base igual ao tamanho da classe correspondente e altura proporcional à sua frequência.

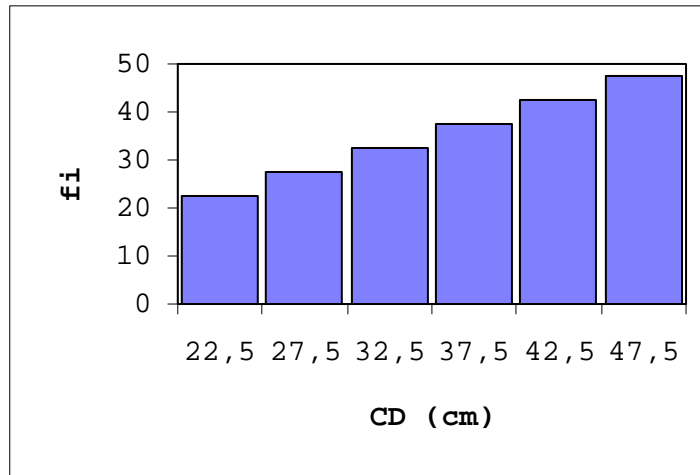
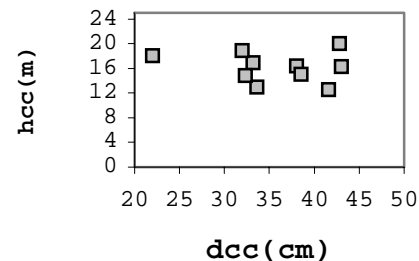


Diagrama de dispersão

Há situações em que existe o interesse em saber como uma variável quantitativa se comporta em função de outra também quantitativa. Isto pode ser feito através do diagrama de dispersão que é um gráfico de coordenadas cartesianas, onde em cada eixo temos uma das variáveis.

| Árv. N° | hc (m) | dcc  | Vcc    | Vrc (%) |
|---------|--------|------|--------|---------|
| 1       | 16,88  | 33,2 | 0,8811 | 15,90   |
| 2       | 13,00  | 33,6 | 1,1203 | 15,24   |
| 3       | 16,30  | 43,0 | 1,5980 | 13,76   |
| 4       | 12,60  | 41,6 | 1,8507 | 7,99    |
| 5       | 16,40  | 38,0 | 1,3343 | 13,95   |
| 6       | 18,00  | 22,0 | 0,3437 | 14,45   |
| 7       | 18,90  | 32,0 | 0,8242 | 6,73    |
| 8       | 15,00  | 38,5 | 1,1275 | 3,59    |
| 9       | 14,80  | 32,3 | 0,8860 | 13,91   |
| 10      | 20,00  | 42,8 | 1,8832 | 11,07   |



## 2.8. NOÇÕES DE CORRELAÇÃO E REGRESSÃO LINEAR

Nas várias áreas de aplicação da ciência florestal, com grande frequência, há interesse em relacionar variáveis, quer sejam quantitativas, quer qualitativas. Geralmente, não conhecemos a verdadeira função que relaciona duas variáveis mas, mesmo assim, pode-se ajustar algum modelo a uma tendência apresentada pelas variáveis, a fim de que tal relação possa ser melhor estudada.

Do ponto de vista prático existe diversas maneiras de se quantificar relações entre variáveis, sendo que a mais comum envolve o coeficiente de correlação linear, o qual, na verdade, quantifica quão linear é a relação.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y}$$

em que  $S_x$  e  $S_y$  são, respectivamente, os desvios-padrão amostrais de  $x$  e  $y$

$r=0,5$  exprime uma "fraca" relação linear entre as variáveis e  $r=0,80$  exprime uma "forte" relação linear entre as variáveis.

É oportuno lembrar que uma estimativa é um valor pontual e é preciso uma estimativa por intervalo para fazer inferências sobre o parâmetro populacional.

A fim de que possamos estabelecer de que forma pode-se ajustar a relação entre duas variáveis quantitativas, vamos comentar sobre os princípios da análise de regressão.

O termo regressão foi introduzido em fins do século 19, por Sir Francis Galton, provavelmente interessado em responder à seguinte indagação: é possível prever altura dos filhos com base nas alturas dos pais? Após coletar pares de alturas de pais e filhos, ele verificou que pais altos têm filhos altos, mas em média não tão altos, o mesmo acontecendo com pais baixos, o que deu a ele a impressão de que havia uma "regressão" das alturas para um valor médio de altura. Este termo passou, desde então a ter uso corrente, embora hoje tenha significado diferente.

Utilizar regressão, trata-se, na verdade, de fazer previsão, ou seja, determinar o valor de uma variável, conhecendo-se o valor de outra variável.

$$\text{Exemplo: } \text{volume} = -36,9 + 5,07d_i \quad \text{volume} = 1,05 + 2 \times 10^{-5} \times d \times h$$

### 3. DENDROMETRIA

#### 3.1. INTRODUÇÃO

Com a escassez dos recursos florestais em áreas nativas (regiões tropicais e temperadas) e a consequente redução da biodiversidade, torna-se cada vez mais importante melhorar os procedimentos de quantificação e avaliação dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros.

Desde a utilização da madeira na construção de casas, lenha, artefatos, móveis e objetos que o uso de métodos de quantificação da madeira vem sendo adotados para auxiliar na compra e venda.

Quando havia florestas em abundância, compradores e vendedores não exigiam que as medidas das quantidades de madeiras comercializadas fossem rigorosas. Com a crescente escassez de madeira provenientes de florestas nativas, os preços da madeira foram elevados, de tal modo que a relação vendedor/consumidor passou a exigir maior controle no dimensionamento dos produtos. Deste modo, os métodos existentes foram sendo cada vez mais aperfeiçoados e novos métodos foram sendo introduzidos visando a medição de produtos e sub-produtos florestais no processo de comercialização. Esses fatos mostram que, originalmente, a dendrometria, teve objetivos comerciais.

Com a intensificação da pressão sobre os maciços florestais produtores de madeira de florestas nativas para fins comerciais, houve uma valorização das florestas remanescentes, como fonte produtora de matéria-prima. Essas mudanças, fizeram com que fosse adotada a visão de que a floresta, além de ser um bem sócio-econômico, é capaz de oferecer rendimentos permanentes, desde que a produção econômica não comprometa o equilíbrio do estoque em crescimento em biodiversidade e volume comercialmente aproveitável.

A base técnica de projetos técnicos de manejo florestal é constituída, em grande parte, por variáveis dendrométricas, o que nos leva a concluir que a dendrometria também tem o papel de auxiliar no manejo florestal.


O conhecimento de certas variáveis florestais para fins de pesquisa, exige uma maior precisão nos métodos de medição e de cálculos. A pesquisa combinada com experiências práticas em dendrometria, permite o surgimento de novos aparelhos, metodologias, tipos de tabelas, ou seja, a dendrometria também possui objetivos de pesquisa.

A condução técnica de uma floresta para otimizar o aproveitamento dos recursos econômicos e ecológicos exige, como ponto de partida para a tomada de decisões, a disponibilidade de dados quali-quantitativos sobre as florestas, que resulte em informações sobre o volume de madeira por espécie por hectare, estoque da regeneração natural, dentre outros. Portanto, a dendrometria é de fundamental importância na geração de informações sempre que qualquer projeto ou atividade floresta venha a se estabelecer.

##### 3.1.1 SINONÍMIAS E ORIGEM DA PALAVRA DENDROMETRIA

Silvimensuração, Silvimetria, Dasometria, Medição florestal, Mensuração florestal

##### 3.1.2 CONCEITO

deriva do grego e significa 

♣ Dendron ⇒ árvore

♣ Metria ⇒ medida

É o estudo, a investigação e o desenvolvimento de métodos para:

- a) Determinação das dimensões de árvores em pé, submersa ou ao ar livre e de seus produtos;
- b) Determinação dos volumes de árvores individuais e de florestas e seus produtos;
- c) Determinação ou predição de relações de crescimento e incremento de árvores e florestas

É ainda o ramo da ciência florestal que trata de medidas e/ou estimativas de árvores e florestas, de seus produtos e de suas dinâmicas de crescimento.

### 3.1.3 OBJETIVO

Fornecer informações parcial ou total sobre uma floresta, mediante medidas ou métodos estimativos, que possibilite o conhecimento das potencialidades produtivas e protetivas, visando definir prioridades e estabelecer metas de condução e manejo florestal.

### 3.1.4 IMPORTÂNCIA E APLICAÇÃO

- |                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| a) Na profissão           | b) No curso      |
| compra e venda de madeira | Estágios         |
| Inventários florestais    | Projeto de curso |

É importante para subsidiar tomadas de decisões nas seguintes atividades:

- a) Comercialização
- b) Manejo Florestal
- c) Pesquisas

### 3.1.5 UNIDADES DE MEDIDAS

dcc ⇒ diâmetro com casca

dsc ⇒ diâmetro sem casca

$d_{0,1h}$  ⇒ diâmetro a 10 % da altura

$d_{0,3h}$  ⇒ diâmetro a 30 % da altura

$d_3$  ⇒ diâmetro a 3 metros de altura

$d_5$  ⇒ diâmetro a 5 metros de altura

PMD ⇒ ponto de medição do diâmetro

$d=DAP = DAP_{1,3m}$  ⇒ diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo

$c=CAP$  ⇒ circunferência à altura do peito, medida a 1,30 m do solo

cc ou L ⇒ comprimento de cubagem

f ⇒ fator de forma

K ⇒ quociente de forma

g ⇒ área transversal ( $m^2$ )

$g_{0,1}$  ⇒ g medido a 10% do comprimento de cubagem (cc ou L)

$g_{0,15}$  ⇒ g medido a 15 % do comprimento de cubagem (cc ou L)

$l_1, l_2$  ⇒ seções do fuste

$l_1 = l_2 = l$  seções do fuste de mesmo comprimento

$G$  ⇒ área basal = 
$$\frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n} = (m^2/ha)$$

h ⇒ altura total

hc ⇒ altura comercial

v ⇒ volume individual ( $m^3$ )

V ⇒ volume por unidade de área ( $m^3/ha$ )

ICA ⇒ incremento corrente anual



IP ⇒ incremento periódico  
 IPA ⇒ incremento periódico anual  
 IMA ⇒ incremento médio anual  
 I<sub>d</sub> ⇒ incremento do diâmetro  
 I<sub>h</sub> ⇒ incremento da altura  
 I<sub>g</sub> ⇒ incremento da área basal  
 I<sub>v</sub> ⇒ incremento do volume

Veja também:

Estéreo, Estére= 1 metro cúbico de madeira empilhada ou lenha (volume vazio+volume sólido). Por essa razão, o estére é maior do que o volume sólido de madeira.

Tabela auxiliar na conversão de medidas

| Sistema Inglês            | Sistema Métrico               |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1 Polegada (inch, in, 1") | 2,54 cm                       |
| 1 Pé (1', 12", foot, ft)  | 30,48 cm                      |
| 1 Jarda (yd, yard, 3 pé)  | 91,44 cm                      |
| 1 Acre                    | 0,4017 ha                     |
| 1 Are (a)                 | 100 m <sup>2</sup>            |
| 1 Milha (mile, mi)        | 1,6093 km                     |
| 1 Hectare (ha)            | 10.000 m <sup>2</sup>         |
| 1 Alqueire paulista       | 2,42 ha=24.200 m <sup>2</sup> |

### 3.1.6 ERROS E MEDIDAS

Tipos de erros

Erros sistemáticos: São causados por defeito do aparelho ou por inabilidade do operador. São erros que se repetem com certa frequência causadas por falhas de procedimentos ou por problemas nos aparelhos (Ex1. fitas métricas com emendas, Ex2. operador em posição inadequada).

Erros compensantes: São causados por arredondamento, não dependem do aparelho nem do operador.

Precisão: O aparelho que fornecer o menor erro padrão, será o mais preciso.

Tipos de medidas

Medidas diretas: são medidas ao nosso alcance, tomadas sobre a árvore

Medidas indiretas: São medidas que na maioria das vezes dependem do uso de métodos óticos

Estimativas: Baseiam-se em métodos estatísticos. Consiste em medir parte da população (amostras) visando obter estimativas sobre variáveis de interesse.

## 3.2. DIÂMETRO

### 3.2.1 IMPORTÂNCIA

O diâmetro é uma das variáveis mais importantes na quantificação volumétrica, avaliação de biomassa ou estudo de crescimento. Serve para diferenciar ainda que empiricamente árvores finas de árvores grossas.

A medida de qualquer diâmetro da árvore baseia-se sempre na hipótese de que, em cada ponto de medição, o diâmetro obtido aproxima-se do diâmetro de um círculo.

Em países que usam o sistema métrico, a medição do diâmetro de árvores em pé é feita a 1,30m acima do solo.

Nos trabalhos de medição, a circunferência e, por extensão, a variável diâmetro desempenha um papel importante no levantamento de informações sobre uma floresta. Dentre os pontos importantes, destacam-se:

É uma variável de fácil acesso e medição

É a medida mais importante por servir de base para muitos outros cálculos

Permite calcular a densidade da floresta em termos de área basal

Permite conhecer a estrutura expressa pela distribuição diamétrica

### 3.2.2 MEDIÇÃO DO DAP A 1,30 M DO SOLO

A medição do diâmetro de uma árvore em pé é feita sempre que possível à altura do peito do medidor, observada a referência de 1,30 m acima do solo. Esta regra é largamente difundida na atividade florestal e tem, basicamente as seguintes razões:

É uma posição que facilita o trabalho e manuseio dos instrumentos de medição

É mais fácil em caso de medição de sapopemas

É uma forma de padronização

Todavia, alguns países adotam suas próprias medidas de referência com base na altura média das pessoas, 1,29 m (4 pés e 3") no Reino Unido e 1,37 m (4 pés e 6") nos EUA.

### 3.2.3 CIRCUNFERÊNCIA, DIÂMETRO, ÁREA TRANSVERSAL E ÁREA BASAL

Diâmetro (d) é 2 vezes o raio de um círculo

Circunferência (c) é o comprimento da linha que envolve o círculo

Área transversal (g) refere-se à área da seção transversal (perpendicular ao eixo da árvore) no ponto de medição do diâmetro. A área transversal (g) em árvores em pé, geralmente, refere-se ao DAP. Calcula-se por uma das seguintes fórmulas:

$$g = \frac{\pi d^2}{4} \quad (\text{se } d = \text{cm} \rightarrow g = \text{cm}^2, \quad \text{se } d = \text{m} \rightarrow g = \text{m}^2)$$

$$g = \frac{\pi d^2}{40 \cdot 000} \quad (\text{fornece } g = \text{m}^2 \quad \text{para } d = \text{cm})$$

em que

g = área transversal

d = diâmetro considerado

$\pi = \text{Pi} = 3,1415\dots$

Veja como obter as fórmulas anteriores

para  $g = \frac{\pi d^2}{4}$ , temos

$$c = 2 \pi r \quad \therefore \quad d = 2r, \text{ ou seja, } d = \frac{r}{2}$$

substituindo - se  $2r$  por  $d$ , tem-se

$$c = \pi d \quad \therefore \quad d = \frac{c}{\pi}$$

da geometria plana, temos que

$$\text{área círculo} = g = \pi r^2$$

vimos que  $r = \frac{d}{2}$ , substituindo e transformando, resulta

$$g = \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 = \pi \frac{d^2}{2^2} = \pi \frac{d^2}{4} \therefore g = \frac{\pi d^2}{4}$$

Para  $g = \frac{\pi d^2}{40 \cdot 000}$ , temos

$$1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m, ex. } 50 \text{ cm} = \frac{50}{100} \text{ m} = \frac{1}{2} \text{ m} = 0,50 \text{ m (meio metro)}$$

substituindo - se  $d(\text{cm})$  por  $\frac{1}{100} d(\text{m})$ , tem-se

$$g = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \left( \frac{d}{100} \text{ m} \right)^2}{4} = \frac{\pi \frac{d^2}{100 \times 100} \text{ m}^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4 \times 10 \cdot 000} (\text{m}^2)$$

$$\text{portanto, } g(\text{m}^2) = \frac{\pi d^2}{40 \cdot 000} \text{ para } d = \text{cm}$$

Área basal (G) corresponde à soma das áreas transversais de árvores individuais a 1,30m, projetadas sobre o solo, numa parcela ou num hectare. É dada em m<sup>2</sup> por unidade de área e, mais comumente em m<sup>2</sup>/ha. Calcula-se pela seguinte fórmula:

$$G = \sum_{i=1}^n g_i$$

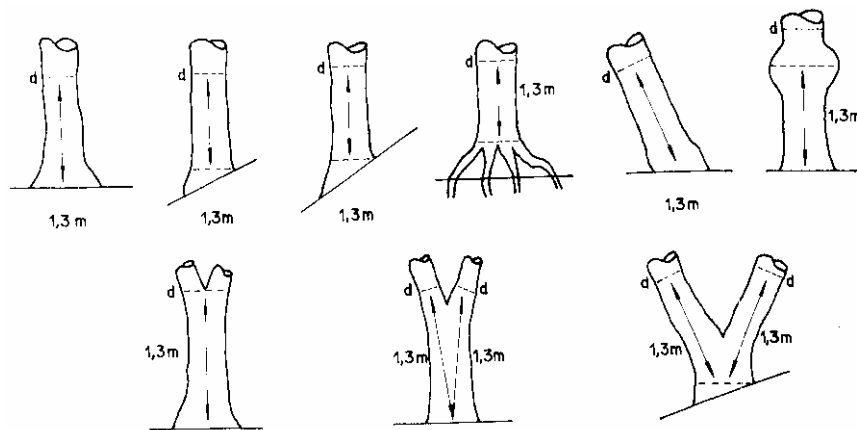
em que

$g_i$  = área transversal da árvore  $i$

$n$  = número de árvores consideradas

#### 2.4 Pontos de medição do DAP

A medição do DAP no local correto, em cada árvore, é importante, pois contribui para a diminuição dos erros sistemáticos (devidos ao operador ou ao aparelho), os quais são difíceis de serem quantificados e, por isso mesmo, devem ser controlados, a fim de que as informações sobre a floresta sejam consistentes e confiáveis.



### 3.2.4 DIÂMETRO SEM CASCA

A determinação do diâmetro sem casca, isto é, sem considerar a espessura de casca, muitas vezes é de interesse das medições florestais. Em algumas situações, o volume sem casca obtido a partir do diâmetro sem casca, permite avaliar de modo mais preciso o volume de madeira existente em determinada área.

Por exemplo, nas fábricas de polpa e papel e laminação, considera-se o volume de madeira sem casca. O diâmetro sem casca é obtido a partir do diâmetro com casca e da espessura média de casca, como segue:

$$d_{sc} = d_{cc} - 2 \times e$$

em que  $d_{cc}$  = diâmetro com casca

$d_{sc}$  = diâmetro sem casca

$e$  = espessura média de casca

Recomendações para a medição da espessura de casca

Madeira em pé  
deve ser usado medidores especiais

Nota: os medidores disponíveis no mercado não são adaptados para espécies da região. Recomenda-se recorrer a um bom ferramenteiro para fazer as adaptações necessárias.

Em cubagem  
pode-se utilizar com sucesso o paquímetro de precisão e um terçado, machadinha ou formão de carpinteiro para retirar a casca interna.

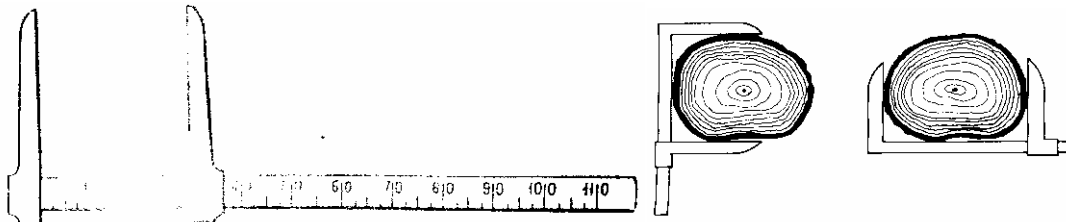
É mais rápido e prático, fazer as leituras das medidas em milímetros (mm)

### 3.2.5 INSTRUMENTOS MEDIDORES DE DIÂMETROS

#### 3.2.5.1 SUTA

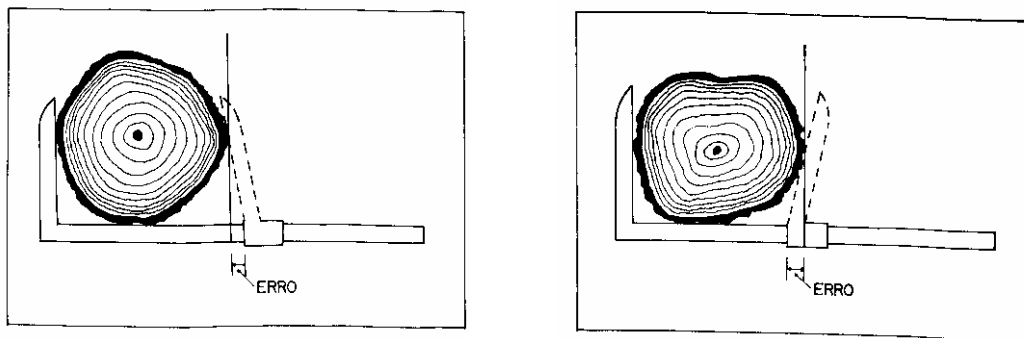
É um instrumento usado para medir diâmetro, principalmente de árvore em pé. Consiste de uma régua graduada, conectada a dois braços perpendiculares, sendo um fixo e o outro móvel. O braço fixo fica em uma extremidade e sua posição coincide com o zero da escala. A graduação da escala, normalmente é de 1 cm em 1 cm, com os submúltiplos em milímetros. Estando os braços juntos, ao deslocar o braço móvel na direção oposta, o mesmo afasta-se do zero e promove uma abertura cujo tamanho máximo é controlado pela escala da régua.

Condições de uso da suta  
 O braço fixo deve ser mantido perpendicular à régua graduada;  
 Os dois braços e a régua devem ser posicionados em único plano  
 O braço móvel, no ato da medição, deve estar paralelo ao braço fixo, sendo esta uma condição essencial para se fazer leituras de diâmetro corretamente.  
 Recomenda-se fazer 2 medidas em árvores com seção transversal irregular (elíptica), uma no sentido do eixo maior e outra no sentido do eixo menor.



#### Desvantagens da suta

Imprecisão quando os braços estão desajustados;  
 Árvores muito grossas, exigem o uso de sutas grandes, difíceis de serem carregadas e manejadas; pois, o peso e o tamanho da suta tornam-se um grande incômodo.



### 3.2.5.2 FITA MÉTRICA

Pode-se obter os diâmetros de uma árvore medindo-se circunferências com uma **fita métrica** comum (fita de costureira), através da relação:

$$d = \frac{c}{\pi}$$

em que

c = Circunferência lida na fita métrica

d = Diâmetro referente à circunferência lida

$\pi$  = Valor de Pi (3,1415...)

A **fita métrica** pode ser encontrada com facilidade no mercado. Geralmente, é feita de tecido especial (flexível), graduada em centímetros e é vendida com  $\pm 1,50$  m de comprimento (mas pode ser emendada com outra).

vantagens

Fácil aquisição e baixo custo

Oferece maior comodidade no transporte

A fita não apresenta desajustes, desde que, evite-se a formação de barrigas  
A fita só exige uma medida

### 3.2.5.3 FITA DIAMÉTRICA

Existem fitas já graduadas em intervalos de pi ( $\pi = 3,1415..cm.$ ) ou polegadas, que fornecem a medida direta do diâmetro, denominadas de fitas diamétricas. Geralmente, em um dos lados são gravados os valores das circunferências (cm) e do outro os valores dos diâmetros correspondentes (cm). São fabricadas de aço ou lona reforçada e com comprimentos apropriados. As fitas mais longas são providas de um gancho próximo da marca zero, com a finalidade de se fixar o gancho na posição do DAP, e em seguida, fazer o giro ao redor de árvores grossas.

### 3.2.5.4 COMPARAÇÃO DA FITA E SUTA

Em relação à suta, as fitas são mais cômodas para o transporte (podem ser levadas no bolso), não necessitando de ajustes constantes e, no caso de árvores irregulares, exigem apenas uma medição. Deve-se tomar cuidado para que a fita mantenha-se na horizontal, a fim de que não venha causar um erro ainda maior do que o produzido por possíveis desajustes da suta.

Como a fita diamétrica é graduada em intervalos de pi ( $\pi = 3,1415..cm.$ ), ela mede diretamente o diâmetro e esta medida só é realmente precisa, quando se trata de árvores com seções perfeitamente circulares (cilíndricas). Porque quando as árvores têm seções irregulares, as medidas tomadas com a fita diamétrica possuem um erro sistemático para mais, ou seja, o diâmetro medido será maior do que o real. Fato facilmente verificado em razão da elipse ter o perímetro menor do que a circunferência do círculo.

A medição do diâmetro com a fita diamétrica considera que todas as árvores são circulares, o que não ocorre na prática.

O mesmo acontece com os resultados obtidos com a suta, ou seja, quando as árvores têm seções elípticas, os diâmetros obtidos são superiores aos reais.

| Dados da elipse: |   | Comparação de resultado utilizando a suta e a fita diamétrica |                     |                     |        |
|------------------|---|---|---------------------|---------------------|--------|
|                  |   | Objeto  | diâmetro médio (cm) | g (m <sup>2</sup> ) | % erro |
| área             | 220 cm <sup>2</sup> = 0,0220 m <sup>2</sup> |   |                     |                     |        |
| diâmetro menor   | 14 cm                                       | Fita diamétrica   | 17,1                | 0,0229              | +3,96  |
| diâmetro maior   | 20 cm                                       | Suta  | 17,0                | 0,0227              | +3,21  |
| perímetro        | 53,6 cm                                     | Elipse  |                     | 0,0220              |        |

Conclusão: observa-se que para árvores com seções elípticas, a suta e a fita diamétrica fornecem resultados de g um pouco maiores do que o real, sendo que o erro causado pela suta é um pouco menor

### 3.2.5.5 APLICAÇÃO DAS FITAS E DA SUTA EM FUNÇÃO DE SEUS ERROS

Quando pessoas diferentes, usando a suta, medem uma mesma árvore irregular, é de se esperar uma certa diferença de leitura, pois os diâmetros (maior e menor) nem sempre são tomados nas mesmas direções. O uso da fita diamétrica evita essa possibilidade, pois, a leitura é tomada num só ponto.

Esta verificação leva a concluir o seguinte: o **erro sistemático da fita é constante** para uma mesma árvore, independente do operador. Esta propriedade é que torna indicado o seu uso em inventários florestais contínuos, onde o objetivo é estudar mudanças entre dois ou mais períodos, ou seja, o crescimento. Neste caso, até o uso de uma fita métrica comum é válido.

Recomendações:

Em levantamentos temporários, pode-se usar a fita ou a suta.

Na cubagem, deve-se usar a suta

Em inventários contínuos (parcelas permanentes), a fita é mais indicada. Se no momento do levantamento não dispusermos da fita, devemos adiar os trabalhos, ou seja, não devemos usar a suta.

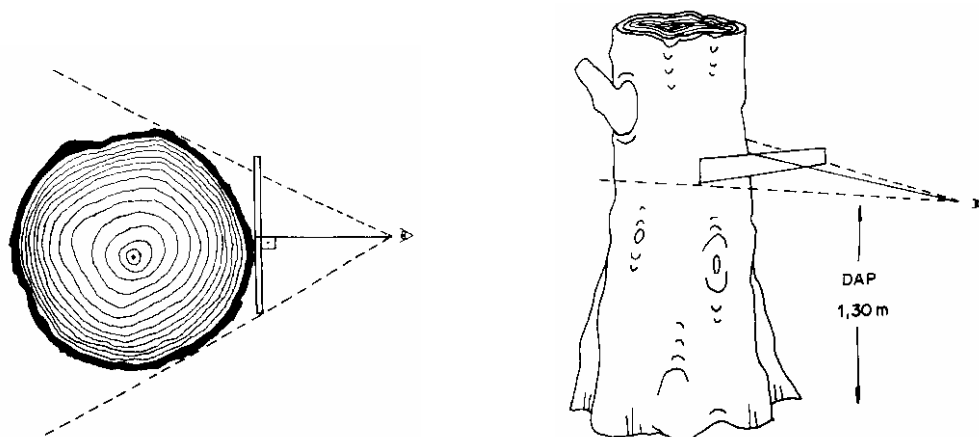
Nota: É preciso enfatizar que apesar do erro da suta ser um pouco menor na medição de diâmetros de árvores com seções elípticas, ele não é constante e, por este motivo, o seu uso **não é indicado em medições que objetivem estudar o crescimento**, e sim, nas medições onde o que se deseja conhecer é apenas o estoque atual.

### 3.2.5.6 RÉGUA DE BILTMORE

É usada para medir diâmetro de árvores em pé, mas somente em trabalhos grosseiros. Consiste de uma régua de comprimento variável e com graduação especial.

Ao medir-se o diâmetro a régua deve ficar encostada à árvore, observando-se ainda as seguintes condições:

- o olho do operador deve ficar a uma distância pré-fixada da régua
- a régua deve ser mantida em posição perpendicular ao eixo da árvore
- o operador deve visualizar a marca zero da régua.



Procedimento de uso:

- o operador deve manter a cabeça imóvel
- posicionar a marca zero da régua, com a linha de visada que deve tangenciar a árvore
- a leitura do diâmetro ( $d$ ) é feita na posição oposta a marca zero, coincidente com a linha de visada do operador

A graduação da régua é feita através da seguinte fórmula:

$$d = \frac{D}{\sqrt{1 + \frac{D}{L}}}$$

em que

$d$  = diâmetro graduado em cm na régua de Biltmore

$D$  = diâmetro da árvore

$L$  = distância do olho do operador até a régua

Diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ )

É a média aritmética dos diâmetros de uma parcela ou de uma floresta

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Diâmetro médio aritmético remanescente ( $\bar{d}_R$ )

Geralmente, é o diâmetro médio aritmético de uma floresta após a exploração

Diâmetro médio aritmético explorado ou retirado ( $\bar{d}_E$ )

É o diâmetro médio aritmético das árvores retiradas ou exploradas em uma determinada área

Exemplo de tabela preparada por meio desta fórmula, visando graduar três régua de Biltmore uma de L=50 cm, outra de L = 60 cm e, L=70 cm

| L = 50 cm                |                  |                 | L = 60 cm                |                  |                 | L = 70 cm                |                  |                 |
|--------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------------|-----------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| Classe<br>Diamétri<br>ca | D (cm)<br>árvore | d (cm)<br>régua | Classe<br>Diamétri<br>ca | D (cm)<br>árvore | d (cm)<br>régua | Classe<br>Diamétri<br>ca | D (cm)<br>árvore | d (cm)<br>régua |
| 1                        | 10               | 9,1             | 1                        | 10               | 9,3             | 1                        | 10               | 9,4             |
|                          | 15               | 13,2            |                          | 15               | 13,4            |                          | 15               | 13,6            |
| 2                        | 20               | 16,9            | 2                        | 20               | 17,3            | 2                        | 20               | 17,6            |
|                          | 25               | 20,4            |                          | 25               | 21,0            |                          | 25               | 21,5            |
| 3                        | 30               | 23,7            | 3                        | 30               | 24,5            | 3                        | 30               | 25,1            |
|                          | 35               | 26,8            |                          | 35               | 27,8            |                          | 35               | 28,6            |
| 4                        | 40               | 29,8            | 4                        | 40               | 31,0            | 4                        | 40               | 31,9            |
|                          | 45               | 32,6            |                          | 45               | 34,0            |                          | 45               | 35,1            |
| 5                        | 50               | 35,4            | 5                        | 50               | 36,9            | 5                        | 50               | 38,2            |
|                          | 55               | 38,0            |                          | 55               | 39,7            |                          | 55               | 41,2            |
| 6                        | 60               | 40,5            | 6                        | 60               | 42,4            | 6                        | 60               | 44,0            |
|                          | 65               | 42,9            |                          | 65               | 45,0            |                          | 65               | 46,8            |
| 7                        | 70               | 45,2            | 7                        | 70               | 47,6            | 7                        | 70               | 49,5            |
|                          | 75               | 47,4            |                          | 75               | 50,0            |                          | 75               | 52,1            |
| 8                        | 80               | 49,6            | 8                        | 80               | 52,4            | 8                        | 80               | 54,7            |
|                          | 85               | 51,7            |                          | 85               | 54,7            |                          | 85               | 57,1            |
| 9                        | 90               | 53,8            | 9                        | 90               | 56,9            | 9                        | 90               | 59,5            |
|                          | 95               | 55,8            |                          | 95               | 59,1            |                          | 95               | 61,9            |
| 10                       | 100              | 57,7            | 10                       | 100              | 61,2            | 10                       | 100              | 64,2            |
|                          | 105              | 59,6            |                          | 105              | 63,3            |                          | 105              | 66,4            |
| 11                       | 110              | 61,5            | 11                       | 110              | 65,3            | 11                       | 110              | 68,6            |
|                          | 115              | 63,3            |                          | 115              | 67,3            |                          | 115              | 70,7            |
| 12                       | 120              | 65,1            | 12                       | 120              | 69,3            | 12                       | 120              | 72,8            |
|                          | 125              | 66,8            |                          | 125              | 71,2            |                          | 125              | 74,9            |
| 13                       | 130              | 68,5            | 13                       | 130              | 73,1            | 13                       | 130              | 76,9            |
|                          | 135              | 70,2            |                          | 135              | 74,9            |                          | 135              | 78,9            |
| 14                       | 140              | 71,8            | 14                       | 140              | 76,7            | 14                       | 140              | 80,8            |
|                          | 145              | 73,4            |                          | 145              | 78,4            |                          | 145              | 82,7            |
| 15                       | 150              | 75,0            | 15                       | 150              | 80,2            | 15                       | 150              | 84,6            |

Observação: A régua de Biltmore é um instrumento obsoleto, e em crescente desuso. Recomendamos, o seu uso apenas em situações extremas.

### 3.2.5.7 RÉGUA COMUM

Em caso de árvores abatidas e seccionadas, os diâmetros podem ser facilmente tomados com uma régua comum.



### 3.2.5.8 GARFO DE DIÂMETRO

Esse instrumento serve para a medição de pequenos diâmetros. É usado somente quando se quer uma informação grosseira sobre os diâmetros. Serve apenas para classificar os diâmetros em classes.

Diâmetro médio aritmético ( $\bar{d}$ )

É a média aritmética dos diâmetros de uma parcela ou de uma floresta

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Diâmetro médio aritmético remanescente ( $\bar{d}_R$ )

Geralmente, é o diâmetro médio aritmético de uma floresta após a exploração

Diâmetro médio aritmético explorado ou retirado ( $\bar{d}_E$ )

É o diâmetro médio aritmético das árvores retiradas ou exploradas em uma determinada área

### 3.3. ALTURA

#### 3.3.1 IDENTIFICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA VARIÁVEL ALTURA

Depois do diâmetro, outra importante variável da árvore é a altura. Apesar de ser um pouco menos acessível do que o diâmetro, a altura apresenta os seguintes pontos que justificam o seu estudo, a sua medição:

A partir da altura pode-se ter o volume da árvore:  $v = f(d,h,f)$

O estudo do incremento em altura, no caso de florestas plantadas, auxilia no ordenamento da produção, já que muitas tabelas de produção bem como alguns tipos de prognose para o povoamento estão baseados também na variável altura;

A altura pode servir como indicador da qualidade do sítio. Em florestas plantadas, onde a **classificação de sítio** é um instrumento clássico de estudo da produção, a *altura dominante* é largamente empregada na construção de curvas de índice de sítio;

A altura pode subsidiar uma caracterização expedita do povoamento (ex. floresta alta, floresta baixa, floresta nova, etc.)

A variável altura participa em várias equações para estimativa de volumes individuais.

Determinação e utilização da relação hipsométrica.

#### 3.3.2 FORMAS DE MEDIÇÃO DA ALTURA

Árvore abatida: Consiste na medição da distância da base da árvore até a base de sua copa (altura comercial) ou até o seu topo (altura total). Uma trena pode ser utilizada e se obtém a altura de forma direta.

Árvore em pé: Consiste na obtenção da altura de árvores em pé. Pode ser feita de forma direta, indireta ou mesmo de forma expedita.

Forma direta: De forma direta, a obtenção da altura de árvores não é utilizada, pois, via de regra, deveria ser obtida trepando-se na árvore com uma trena. Em povoamento jovens ou que apresentem árvores não muito altas, as alturas poderão ser medidas com o emprego de uma régua graduada. Uma destas régua, de grande facilidade de transporte e de manuseio é a Régua Altimétrica Retrátil Durkon.

Forma indireta: De forma indireta, a obtenção da altura é feita através de instrumentos. Os instrumentos medidores da altura são chamados de HIPSÔMETROS e podem ser construídos com base na semelhança de triângulos ou em relações angulares de triângulos retângulos. Dentre os aparelhos existentes, muitos são semelhantes, quanto ao princípio de funcionamento, embora difiram quanto à forma. Mesmo com o grande número de instrumentos disponíveis, segundo FINGER (1992), nenhum reúne as características ideais: fácil manuseio, grande precisão, baixo custo, longa durabilidade.

Forma expedita: Trata-se de processos alternativos, usados quando não se tem instrumentos para a medição da altura. Geralmente o operador se apoia em sua habilidade pessoal, a fim de obter estimativas a olho desarmado e sem nenhum instrumento (FINGER, 1992). algumas vezes o operador recorre a uma vara graduada de comprimento variável, que é encostada à árvore e serve como referencial. Assim, o operador coloca-se a uma distância e efetua a estimativa da altura tendo a vara como unidade de medida. A precisão das leituras é função da distância entre o observador e a árvore. Quanto mais próximo, maior o

erro cometido. Este processo, entretanto, torna-se inviável, quando se trabalha com um grande número de árvores.

### 3.3.3 TIPOS DE ALTURA

Altura Total (h): Distância da base até o topo da árvore

Altura Comercial ( $h_c$ ) : É definida com a parte do fuste que pode utilizar para venda. É limitada pelo diâmetro comercial mínimo ou por defeitos ou bifurcações. É um conceito relativo, pois depende da finalidade a que se destina a madeira e, muitas vezes, tem caráter subjetivo.

Segundo FINGER (1992), é a distância vertical ao longo do eixo da árvore, e a porção utilizável do tronco. Esta porção é determinada por uma bifurcação, galhos de grande porte, tortuosidade, forma irregular, defeitos, ou por um diâmetro mínimo utilizável.

Altura média aritmética (h): É a média aritmética das alturas consideradas.

Altura da Copa: É a altura total menos a altura comercial, ou seja, o comprimento da copa.

Altura do Tôco: É a distância entre a superfície do solo e a porção do tronco deixada no campo após o corte da árvore.

Comprimento Comercial: É a distância, ao longo do eixo da árvore, e entre a altura do tôco e a última porção utilizável do tronco.

### 3.3.4 DIFICULDADES NA MEDIÇÃO DE ALTURAS

A medição de alturas, sobretudo em florestas tropicais é dificultada pelos seguintes aspectos:

Dificuldade de visualização do topo (ápice);

Dificuldade de encontrar uma direção/distância horizontal conveniente;

Tempo gasto

Erros que podem ser cometidos (necessita muita atenção)

Ocorrência de sub-bosque

Definição da altura comercial (subjetiva)

Com tanta dificuldade, quais alternativas na medição de alturas em inventários florestais?

### 3.3.5 CUIDADOS NA MEDIÇÃO DE ALTURAS

Evitar medir árvores inclinadas. Neste caso observar a projeção do topo;

Evitar medição em dias de vento;

Escolher pontos onde se possa ver tanto a base como o ápice;

Posicionar-se a uma distância horizontal superior à altura da árvore.

### 3.3.6 MEDIÇÃO DIRETA DA ALTURA

**Réguas graduadas:** São utilizadas na medição da altura de mudas, em viveiro, vasos ou estufas, ou nas medições de plantios recentes.

**Varas graduadas:** São empregadas na mensuração de árvores com altura inferior a 10 metros. Existem hastes em fibra de vidro, que permitem um fácil manuseio e são leves. Algumas são telescópicas. Pode-se utilizar também varas de bambu ou similar, com graduação bem visível para leitura. Tais varas tem uso restrito e podem ser utilizadas em medições onde o porte das árvores não é grande (plantios jovens, arborização urbana, etc.).

**Trenas:** poderiam ser utilizadas, com a subida de um auxiliar de um auxiliar às árvores, suspendendo o início da trena ao nível do ponteiro, com o auxílio de uma vara. Mas o serviço, além de arriscado, torna-se impraticável se é grande o número de medições (VEIGA, 1984).

### 3.3.7 HIPSÔMETROS BASEADOS NO PRINCÍPIO GEOMÉTRICO

Hipsômetros (altímetro ou dendrômetro) são instrumentos utilizados na medição da altura das árvores. Os hipsômetros baseados no princípio geométrico são aqueles que possuem graduação obtida ou construída a partir da relação entre triângulos semelhantes.

#### 3.3.7.1 HIPSÔMETRO DE CHRISTEN

É constituído de uma haste de metal ou madeira, graduada, com duas saliências nas extremidades (figura). Sua construção é simples e seu manuseio é fácil. Apesar de não depender da distância horizontal e nem da distancia do observador até a árvore, o hipsômetro de Christen necessita de uma vara auxiliar, de aproximadamente 2 m (depende da elaboração de ua graduação).

Durante a medição, um auxiliar deverá posicionar-se junto ao fuste da árvore, com vara auxiliar, para que a leitura possa ser feita. Sua graduação é decrescente, tendo para as grandes alturas uma maior dificuldade de leitura, bem como uma maior imprecisão.

É de fácil construção e pode ser utilizado em casos onde não se disponha de outro instrumento. Uma outra vantagem deste instrumento é a necessidade de apenas uma leitura

#### 3.3.7.3 MEDINDO A ALTURA SEM INSTRUMENTO

Na necessidade de uma medição expedita da altura de uma árvore, pode-se lançar mão de uma vara qualquer, de comprimento aproximado de 1 m, afinando uma das extremidades, para tornar mais fácil a visão através da mesma. Segura-se então a vara verticalmente de modo que o comprimento da porção acima da mão seja igual à distância do olho do observador até a essa vara. Segurando a vara em frente à vista e movimentando-se para a frente e para trás, até que a imagem da árvore coincida com o comprimento da vara. Nessas condições a distância do operador à base da árvore será igual à altura da mesma.

#### 3.3.7.4 MEDINDO A ALTURA PELA SOMBRA

No caso de árvores isoladas, em dias de sol e, para uma medição expedita da altura, pode-se medir a altura da árvore através de sua sombra...

#### 3.3.7.5 HIPSÔMETROS BASEADOS NO PRINCÍPIO TRIGONOMÉTRICO

São os hipsômetros construídos com base nas relações trigonométricas entre triângulos retângulos. Em todos esses instrumentos se faz necessário duas leituras; uma visando a base ( $l_1$ ) e outra visando o ápice da árvore ( $l_2$ ). É necessário conhecer a distância horizontal, entre a árvore e o observador.

Três casos podem ocorrer na medição da altura, relativos às posições do observador em relação à árvore, de acordo com a figura.

No caso a, o nível do olho do observador está numa posição intermediária entre a base da árvore e o ponto superior a ser considerado, enquanto que em b e c aquele nível situa-se acima ou abaixo dos referidos pontos de leitura. Deve ser observado que no caso a distancia medida é sempre horizontal (VEJA DESENHOS)

*Os hipsômetros construídos pelo princípio trigonométrico são baseados nas relações angulares entre triangulos retangulos. Atualmente são os instrumentos mais utilizados na atividade florestal, principalmente por são mais precisos, fáceis de manusear e modernos. No Brasil, o grande problema ainda é a aquisição de tais instrumentos.*

*Atualmente, os hipsômetros de princípio trigonométrico mais utilizados são:*

*Hipsômetro de Haga*

*Hipsômetro ou Clinômetro de Suunto*

*Hipsômetro de Blume-Leiis*

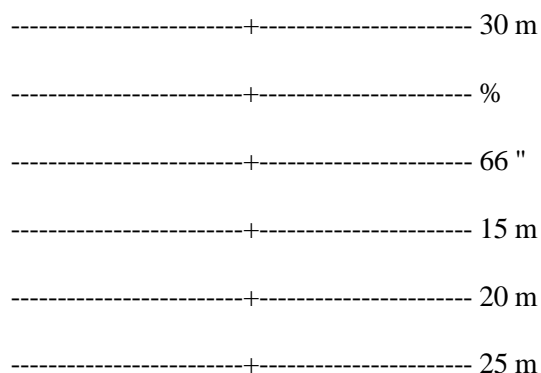
**HIPSÔMETRO DE HAGA**

Baseado no princípio trigonométrico de construção de hipsômetros, o Haga é bastante utilizado no meio florestal brasileiro. É de fabricação alemã e difícil de ser encontrado no Brasil.

Utiliza um pêndulo oscilante e que se estabiliza por gravidade. Possui escalas graduadas para diferentes distâncias, montadas em uma peça semelhante a uma caneta esferográfica comum de seção hexagonal, sendo que cada face comporta uma escala. Estas escalas são visíveis apenas uma de cada vez e são mudadas através de um parafuso de rosca sem fim.

O aparelho depende da distância horizontal (distância entre o operador e a árvore), e por isso vem equipado com escalas para medição a 15, 20, 25 e 30 metros de distância. Possui também escalas para 66 pés e medição da declividade.

**ESQUEMA DAS ESCALAS DO APARELHO**



Acompanha o aparelho uma mira com duas plaquetas brancas, sendo uma fixa na marca zero e a outra móvel, podendo ser colocada a uma das distancias acima mencionadas. O aparelho possui ainda, acoplado ao seu corpo, um dispositivo para determinação de distâncias horizontais, chamado Telêmetro, que se baseia num prisma de dupla refração (dióptro). Trata-se de um sistema ótico, composto de prismas, capaz de determinar a distância horizontal (do aparelho até a árvore), com o auxílio de uma mira (preta com plaquetas brancas), como mostra o desenho abaixo:

**Procedimento de medição:**

1. Escolher a distância horizontal conveniente (recomenda-se uma distância maior ou igual a altura da árvore);
2. Escolher uma posição de medição (posição onde se possa visualizar o ápice e a base da árvore);
3. Fixar a mira na árvore, e, observando através do telêmetro, afastar-se um aproximar-se até obter coincidência (sobreposição das plaquetas);
4. Visar a base da árvore e apertar o "gatilho" de fixação do pêndulo. Fazer a 1ª leitura, observando o seu valor e o seu sinal (À esquerda do zero, negativa. À direita do zero, positiva). Anotar ou memorizar as leituras.
5. Somar ou subtrair conforme os sinais das leituras.

Exemplo.

Leitura 1: +10 (ápice)

Leitura 2: -2 (base)

Para conservação do aparelho, deve-se prender o movimento do pêndulo quando não se esta operando. O aparelho quando não estiver em uso, deve ser guardado em bolsa apropriada.

### HIPSÔMETRO OU CLINÔMETRO DE SUUNTO

#### Características:

Pendulo oscilante

Graduações internas para 15m, 20m e %

Possui telêmetro idêntico ao de Blume-Leiss

Pode vir equipado apenas com escalas de declividade (%) ou de graus.

#### Procedimennto de medição:

idêntico aos demais

Operador inexperiente deve identificar as escalas (0. e extremidades)

Visar o topo e a base da árvores, observando através da ocular e com o outro olho o ponto de medição.

Quando as escalas estiverem imóveis o operador deve fazer a leitura no ponto desejado, que estará coincidente com a linha de medida, fixa no aparelho.

### CLINÔMETROS DIVERSOS

Os clinômetros são instrumentos que medem a inclinação e geralmente apresentam escalas em graus (de 0° a 90°) e/ou em tangentes multiplicadas por 100.

Da mesma forma que os hipsômetros, na medição de alturas são feitas duas leituras (uma visando a base e outra visando o ápice da árvore). É também necessário que se conheça a distancia horizontal (do observador à árvore). Dentre os clinômetros utilizados, merece destaque o Nível de Abney, que além de apresentar estimativas de altura, com alta precisão, tem a vantagem de poder ser encontrado no mercado nacional, com maior facilidade que os hipsômetros.

## **Relação Altura e Diâmetro**

A relação altura/diâmetro de uma árvore é, comumente, simbolizada por "h/d" e denominada de "*Relação Hipsométrica*".

No inventário florestal, esta relação é usada para fornecer as alturas de árvores que tiveram apenas o diâmetro medido, a partir de pequena subamostra de alturas e diâmetros mensurados.

### **Características da relação hipsométrica**

A relação "h/d" depende da posição sociológica da árvore no povoamento e difere para árvores de classes sociológicas diferentes.

Em florestas equiâneas a diferenciação inicia quando o povoamento atinge o ponto de estado denso (ponto de entrelaçamento das copas) e aumenta com o desenvolvimento das árvores (aumento da competição). Desta forma, pequenos diâmetros são relacionados com pequenas alturas.

Em sítios bons o maior crescimento favorece a formação de classes sociológicas. Em consequência, povoamentos jovens em sítios bons mostram uma curva de altura íngreme, enquanto que em sítios pobres as curvas são mais achatadas. Deve ser considerado ainda, que o ângulo da curva de altura é uma característica da espécie.

Com o aumento da idade, as diferenças entre as curvas tendem a diminuir gradativamente pois, quando a árvore atingir o seu clímax no crescimento, o qual é uma característica da espécie e do sítio, terá crescimento em diâmetro e altura reduzidos e como consequência mudanças na relação "h/d" serão muito pequenas.

Em florestas tropicais, onde heterogeneidade existe tanto em termos de idade como de espécies, a relação "h/d" não apresenta bons resultados. As próprias características do comportamento das espécies ou árvores, no processo de competição pela luz, determinam que nem sempre as árvores finas são as árvores mais baixas ou vice-versa. Assim, os modelos de relação hipsométrica não apresentam boa precisão no ajuste. Por outro lado, a estimativa volumétrica deve sempre levar em conta a relação "h/d" para ser mais confiável. Assim, o ideal é que se tenha um grande número de pares (DAP,h) para a construção de uma curva "h/d". Na necessidade de um detalhamento maior, havendo disponibilidade de meios (tempo, dinheiro), a determinação da relação "h/d" pode ser feita para espécies ou grupos de espécies, ou ainda para cada classe diamétrica.

### 3.4. VOLUMETRIA

#### 3.4.1 IMPORTÂNCIA DA VARIÁVEL VOLUME

Com os conhecimentos adquiridos sobre a medição do diâmetro e da altura das árvores, pode-se determinar o volume de árvores. O volume é a variável mais utilizada no diagnóstico do potencial madeireiro de uma floresta, sendo por isso uma variável de muita importância na Dendrometria. Além de ser uma variável de uso corrente no manejo florestal, é também a mais utilizada na comercialização e na indústria.

É aprendendo a calcular o volume de **uma** árvore que chegar-se à determinação do volume de uma floresta.

#### 3.4.2 FATOR DE FORMA

As variações na forma do tronco são devidas à diminuição sucessiva dos diâmetros da base ao topo da árvore. Esta diminuição do diâmetro da árvore é conhecida como "forma da árvore". Após o diâmetro e altura, o fator de forma constitui-se em variável importante na determinação volumétrica. O crescimento em altura é o elemento que mais influencia o fator de forma. Deste modo sabe-se que duas árvores geometricamente idênticas, porém, com alturas diferentes, têm diferentes fatores de forma artificial.

O fator de forma é definido como uma constante que deve ser multiplicado pelo produto da área transversal ( $g$ ) com altura ( $h$ ) para se ter o volume de uma árvore em pé.

$$v = g \times h \times f$$

$$f = \frac{V_{(real), cubagem}}{V_{cilindro}}$$

À medida que o fator de forma se aproxima de 1, mais cilíndrica é a árvore. Fatores iguais a 1 não são obtidos, porque a árvore apresenta sempre um afilamento ao longo do tronco.

O fator de forma médio é calculado sobre um número de árvores representativo da população para aproximações rápidas do volume as árvores. Para a estimativa de volumes individuais, apesar de ter sido utilizado em alguns levantamentos no passado, não deve ser o método preferido nas condições da floresta tropical (diversidade de formas, dimensões e espécies). Segundo o processo de cálculo, os fatores de forma podem ser divididos em:

fator de forma artificial  
fator de forma natural

Todo Técnico Florestal, deve aprender os métodos de determinação (coleta de dados e cálculos) do volume de árvores e de florestas.

#### 3.4.3 PRINCIPAIS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO VOLUME

Existem vários métodos de se determinar o volume de uma árvore, tora ou torete:

Deslocamento de água  
Peso  
Xilômetro



Cubagem

## 3.4.1 DESLOCAMENTO DE ÁGUA

Baseia-se no princípio de Arquimedes que diz "a perda aparente de peso de um corpo imerso ou flutuante em um líquido é igual ao peso do líquido que ele desloca".

Apesar de ser a maneira mais precisa de se obter o volume de um torete, é usado apenas para pequenas amostras.

Exemplo

$$P_1 = \text{recipiente} + \text{água} \quad P_2 = P_1 + P_{\text{água deslocada}} \quad \Rightarrow \quad V = P_2 - P_1 = P_{\text{água deslocada}}$$

$$D = \frac{P}{V} \quad \therefore \quad V = \frac{P(g)}{D(g/cm^3)} \quad \rightarrow \quad V = cm^3$$

$$D_{\text{água}} = 1, \quad \log o, \quad V = P$$

em que

D=densidade

P = peso

V=volume

**Xilômetro**

Consiste em um tanque especialmente construído para medir o volume de peças de madeira através de imersão. O tanque deve ser preferencialmente cilíndrico e possuir uma graduação idêntica à graduação de liquidificador doméstico. O tanque é parcialmente preenchido com água estabelecendo-se um nível de referência inicial. Após a colocação da peça de madeira ocorre o deslocamento da água para outro nível, o qual, através da diferença entre as leituras entre os nível final e inicial, determina-se o volume.

## 3.4.2 PESO

Conhecendo-se a densidade da madeira a ser cubada, pode-se chegar ao volume através da relação

$$v = \frac{p(kg)}{D(kg/m^3)} = m^3$$

$$\text{Ex. Assacu} \quad D = 0,42 g/cm^3 = 420 kg/m^3$$

$$\text{Uma tora pesando } 750 kg \Rightarrow v = \frac{750}{420} = 1,7857 m^3$$

Entretanto, tem-se as seguintes dificuldades:

A densidade é um parâmetro que varia de espécie para espécie, umidade, posição do tronco, idade, etc.). É usado em grandes empresas, através do uso de balanças especiais.

É necessário pesar a madeira, o que em alguns casos é inviável para as atividades rotineiras que dependem da determinação do volume.

## 3.4.3 CUBAGEM

É o método mais utilizado na prática  
Refere-se aos métodos (baseados em fórmulas matemáticas) para determinação do volume de toras, através de medições de diâmetros e alturas.

A cubagem refere-se a determinação rigorosa do volume de uma árvore. Na atividade florestal, a cubagem de madeira é uma prática constante, e tem as seguintes finalidades:

Calcular o volume real de espécies valiosas  
Ordenar as operações de compra e venda de madeira

Os troncos das árvores não são perfeitamente regulares, e por isso, costuma-se subdividi-los em seções menores, em seguida, cuba-se cada seção individualmente, e através da soma dos volumes parciais, chega-se ao volume da árvore. A divisão em seções não implica em efetuar cortes, é apenas a marcação dos pontos para a coleta dos diâmetros ou circunferências. Em geral, as medições diamétricas são efetuadas a partir da extremidade superior dos tocos, sendo que para uma maior precisão devem ser o menor possível. Assim sendo, essas posições variam desde 0,10m, 0,30m, 1,30m e, a partir daí, de 2,0m em 2,0m ou 1,0m em 1,0m para cada seção. Outros níveis poderão ser estabelecidos dependendo da precisão desejada e da regularidade do tronco.

O volume da tora é obtido pelo somatório dos volumes parciais das seções e, quanto menor o comprimento da seção, tanto mais próximo será o volume calculado do volume verdadeiro.

O seccionamento do tronco pode ser feito através de comprimentos absolutos (método analítico) ou através de comprimentos relativos.

Reafirmamos que, o termo seccionamento não implica no corte do tronco em partes, mas apenas a marcação ao longo do tronco das posições de medição.

### 3.4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O FUSTE DE UMA ÁRVORE

Nem sempre é cilíndrico  
Não tem uma forma necessariamente constante  
Possui ao longo de sua extensão, o formato de um ou mais sólidos geométricos  
Não se identifica a transição entre uma e outra forma geométrica  
Existe grande variabilidade de uma árvore para outra

Considerando as dificuldades mostradas devido aos aspectos inerentes à forma das árvores, o procedimento usual é lançar mão de métodos aproximativos de cubagem de madeira.

Tais métodos consideram que a árvore seja composta de *vários cilindros* e cada método tem uma maneira peculiar de se obter o volume de cada cilindro.

Os métodos de cubagem de árvores, a serem estudados são os seguintes:

Volume por seccionamento em comprimentos absolutos (previamente fixados)

1. *Método de SMALIAN*
2. *Método de HUBER*
3. *Método de Newton*

Volume por seccionamento em comprimentos relativos (dependem do comprimento de cubagem)

4. *Método de Hohenadl*

Métodos comercialmente empregados

1. Volume pelo método geométrico

2. Volume pelo método Francon
3. Volume de madeira em jangadas
4. Volume comercial de toras com redução por face

Os métodos são utilizados em função da precisão desejada no cálculo do volume, bem como de fatores com a facilidade de operação, rapidez e objetivos a alcançar.

A árvore é constituída de quatro partes principais: raíz, tronco, fuste e copa. A parte mais importante, em termos de uso geral, é o fuste. Na utilização e/ou manejo da floresta para produção de madeira o conhecimento do volume do fuste é de muita importância. O volume é a principal variável na expressão do potencial de uma floresta, visto que a maior parte das indústrias e sistemas de comércio de madeira o utilizam como unidade padrão.

*1. Método de SMALIAN*

$$v = \frac{g_1 + g_2}{2} \times l = \frac{\pi/4 \times (d_1^2 + d_2^2)}{2} \times l$$

*2. Método de HUBER*

$$v = g_m \times l$$

*3. Método de Newton*

$$v = \frac{g_1 + 4g_m + g_2}{6} \times l$$

*4. Método de Hohenadl*

Este método apresenta duas variações, a saber:

Hohenadl, aplicando Huber, com a divisão em 5 ou 10 seções (Tradicional)

Hohenadl,5seções

$$v = 0,2 \times L \times (g_{0,1} + g_{0,3} + g_{0,5} + g_{0,7} + g_{0,9})$$

Hohenadl,10seções

$$v = 0,1 \times L \times (g_{0,05} + g_{0,15} + g_{0,25} + g_{0,35} + g_{0,45} + g_{0,55} + g_{0,65} + g_{0,75} + g_{0,85} + g_{0,95})$$

Hohenadl, aplicando Smalian, com a divisão em 5 ou 10 seções (pouco usado)

Hohenadl,5seções

$$v = 0,2 \times L \times (g_{0,2} + g_{0,4} + g_{0,6} + g_{0,8} + \frac{g_0 + g_{1,0}}{2})$$

Hohenadl,10seções

$$v = 0,1 \times L \times (g_{0,1} + g_{0,2} + g_{0,3} + g_{0,4} + g_{0,5} + g_{0,6} + g_{0,7} + g_{0,8} + g_{0,9} + \frac{g_0 + g_{1,0}}{2})$$

Método geométrico

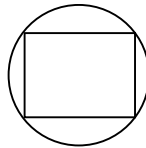
$$d_{\text{base}} \Rightarrow d_1 \perp d_2 d_{\text{pontafina}} = d_3 \perp d_4$$

$$d_i = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4}$$

$$v = \frac{\pi d_i^2}{40 \cdot 000} \times L$$

Método Francon

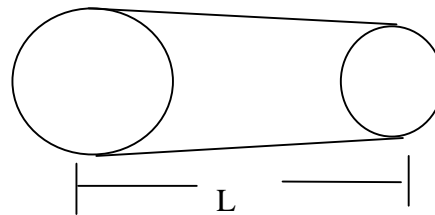
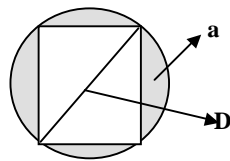
Baseia-se na quadratura do círculo, ou seja, converter a área do círculo para a área de um quadrado.



$$v = \left(\frac{c}{4}\right)^2 \times L \text{ ou } v = \left(\frac{c}{5}\right)^2 \times L$$

em que

c = circunferência no meio da tora



Cubagem de madeira em jangadas

A cubagem de madeiras agrupadas em jangadas é uma prática comum nas várzeas da Amazônia, donde provém grandes quantidades de madeiras que abastecem as indústrias locais, como serrarias, laminadoras, instaladas às margens dos rios de maior volume de água, com posição de embarque e desembarque privilegiada.

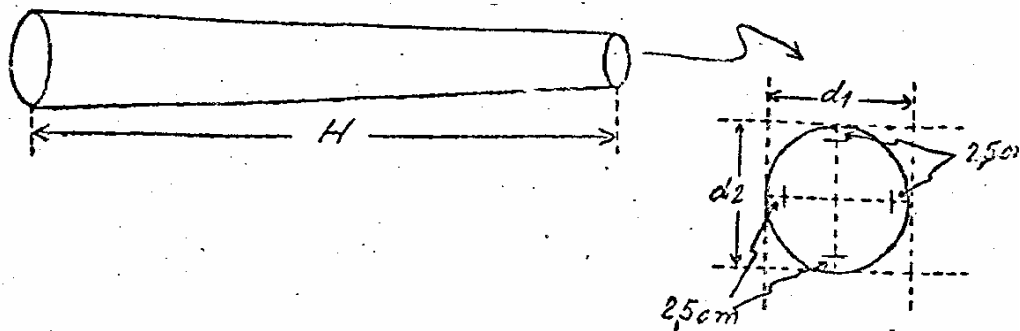
O procedimento consiste em se medir com uma trena o comprimento da árvore e com uma escala especial mede-se o diâmetro na ponta fina.

Após a medição das árvores a serem comercializadas, recorre-se a um conjunto de tabelas contendo diâmetros e comprimentos de toras, as quais, fornecem os volumes correspondentes aos diâmetros e comprimentos de toras. O comprimento das árvores é fracionado em toras de menor comprimento, de tamanho variável e os diâmetros são acrescidos de 5 cm para cada comprimento de tora correspondente.

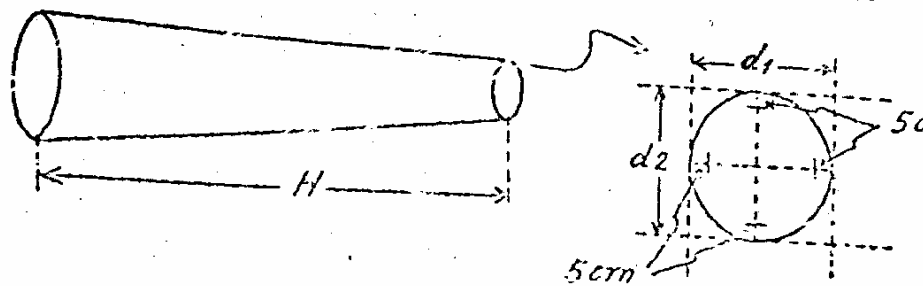
A forma de se fixar o comprimento das toras é que fornece maior ou menor precisão ao volume a ser calculado. Geralmente, toras menores fornecem resultados mais precisos. Assim, para comprimentos longos nas primeiras toras originadas a partir da ponta fina, verifica-se que ocorre a tendência de se obter valores subestimados para os diâmetros. Se pretendermos melhorar a precisão do volume devemos dividir a árvore em toras de comprimentos menores. Melhores informações podem ser obtidas, consultando a seguinte tabela que simula duas alternativas de subdivisão da árvore, o que resultada em diferenças significativas na determinação do volume.

| divisão em toras que favorece quem vende |       |        |        |        |        | divisão em toras que favorece quem compra |       |        |        |        |        |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|---|-------|--------|--------|--------|--------|
| dp_fina<br>(cm)                          | cc(m) | Toras  |        |        |        | dp_fina<br>(cm)                           | cc(m) | Toras  |        |        |        |
|  |       | Tora a | Tora b | Tora c | Tora d |   |       | Tora a | Tora b | Tora c | Tora d |
| 35                                       | 12    | 4      | 4      | 4      |        | 35  | 12    | 7      | 5      |        |        |
| 45                                       | 16    | 4      | 4      | 4      | 4      | 45  | 16    | 7      | 5      | 4      |        |
| 55                                       | 15    | 5      | 5      | 5      |        | 55  | 15    | 6      | 5      | 4      |        |
| 65                                       | 18    | 4      | 4      | 5      | 5      | 65  | 18    | 7      | 7      | 4      |        |
| 70                                       | 21    | 5      | 5      | 5      | 6      | 70  | 21    | 7      | 6      | 4      | 4      |

**Volume de madeira comercial com redução de face**



$$v = \left(\frac{d_1 - 5}{100}\right) * \left(\frac{d_2 - 5}{100}\right) * L \quad \therefore d_1, d_2 = cm \quad L = m$$



$$v = \left(\frac{d_1 - 10}{100}\right) * \left(\frac{d_2 - 10}{100}\right) * L \quad \therefore d_1, d_2 = cm \quad L = m$$

Nos trabalhos práticos, os descontos em faces deve-se ao fato do alburno não ter interesse comercial para as serrarias. A razão das medidas dos diâmetros serem tomadas na ponta fina é que do seu desdobramento resultam as "costaneiras" que também não apresentam interesse comercial.

No primeiro caso, tomam-se as medidas dos diâmetros na extremidade da ponta fina da tora, descontando-se 2,5 cm em cada face ou 5 cm por medida. No segundo caso, tomam-se as medidas dos diâmetros também nas extremidades, descontando-se 5 cm por face ou 10cm por medida, é uma situação mais indicada para espécies que apresentam comprovadamente grande quantidade de alburno,

**Volume de madeira esquadrejada**

$$v = a^2 \times L$$

em que

D = menor diâmetro

a<sup>2</sup> = área do quadrado

Se ainda não foi esquadrejada, acha-se o  $v$  com base no  $D$

$$v = \frac{D^2}{2} \times L$$

$$D^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \quad \therefore \quad a^2 = \frac{D^2}{2}$$

Esquadrear é retirar as costaneiras, isso ocorre apenas nas serrarias.

### Volume de madeira laminada

$$v_L = \left[ \frac{\pi}{40000} \times D^2 - \frac{\pi}{40000} \times d^2 \right] \times L = \frac{\pi}{40000} \times (D^2 - d^2) \times L, D = \text{cm}, L = \text{m} \rightarrow v_L = \text{m}^3$$

### Quantidade de laminado

$$Q = \frac{\frac{\pi}{400} \times (D^2 - d^2)}{e(\text{cm})} \times L, D, d = \text{cm} \rightarrow Q = \text{m}$$

### Área do laminado

$$S = Q(\text{m}) \times L(\text{m}) \Rightarrow S = \text{m}^2$$

em que

$D$  = Diâmetro menor (ponta fina) da tora

$d$  = diâmetro mínimo laminável, ou seja, diâmetro do torete

$e$  = espessura do laminado

### Fator de Empilhamento

A madeira, muitas vezes é seccionada em toretes e comercializada ou controlada (contabilizada) em pilhas. Nestas condições o volume é, na maioria das vezes, expresso em metros estères ( $\text{m}^{\text{st}}$ ), que representa o volume aparente contido em uma pilha com as dimensões de 1,0 x 1,0 x 1,0 m.

Para se conhecer o volume sólido existente em um metro estère é necessário calcular um fator de cubicação ou de conversão, denominado de **Fator de Empilhamento**. Este fator é variável de acordo com a espécie, classe de diâmetro, tortuosidade e comprimento dos toretes.

Dependendo da finalidade da madeira ou mesmo por interesse da empresa ou atividade florestal em andamento, o comprimento da madeira pode variar. Entretanto, nas atividades regulares de exploração florestal (derrubada e traçamento), a madeira geralmente é seccionada em toretes com um comprimento médio pré-determinado, por exemplo, 1,00 m (lenha). Nessas operações de exploração florestal, a madeira geralmente é empilhada ao longo das estradas e ramais da propriedade, onde são medidas (controle) e transportadas por caminhões até a indústria ou centro consumidor.

O Fator de Empilhamento é o instrumento utilizado pelo Engenheiro florestal para controlar, isto é, fazer estimativas do volume sólido de madeira existente em pilhas. Pode ser interpretado como um fator de forma para a pilha, pois reduz o volume aparente, fazendo uma aproximação para o volume sólido. A partir da medição das dimensões das pilhas pode-se chegar ao volume sólido de madeira ali contido.

## Determinação do Fator de Empilhamento

Sequência das operações de campo:

1. Selecionar uma pilha de madeira, feita de acordo com os procedimentos adotados pela empresa ou pela forma usual adotada na região (característica dos trabalhadores rurais da região, por exemplo);

2. Calcular o volume aparente da pilha:

medir largura média da pilha (m)

medir altura média da pilha (m)

medir a profundidade média da pilha (m)

Volume da pilha = largura x altura x profundidade

Este é o volume aparente da pilha. Neste volume estão incluídos os espaços vazios deixados pela forma arredondada dos toretes, bem como pela sua tortuosidade;

3. Calcular o volume sólido de madeira;

Calcular o volume sólido de cada torete separadamente, pelo método de Smalian

Somar os volumes dos toretes existentes na pilha

Este será o volume sólido (real) de madeira existente na pilha

4. Calcular o Fator de Empilhamento para a pilha

$Fe = \text{Volume sólido} / \text{Volume da pilha}$

5. Realizar este procedimento para várias pilhas (amostras da população) e determinar um fator de empilhamento médio;

6. A partir da determinação do fator de empilhamento médio, o volume de Madeira sólida, existente numa determinada pilha poderá facilmente ser estimado pela seguinte relação:

$$V_{\text{sólido}} = f_e \times V_{\text{pilha}}$$

Exemplo: Numa empresa produtora de carvão, a Madeira é cortada com 2,0m de comprimento e colocada na boca dos fornos em pilhas de 3m de comprimento por 1,5m de altura. Sabendo-se que o fator de empilhamento utilizado é de 0,7, calcule o volume aproximado de Madeira contido em cada pilha.

Solução:  $V_{\text{sólido}} = 0,7 \times 2 \times 1,5 \times 3 = 6,3 \text{ m}^3$

A determinação do fator de empilhamento pode ser feita pela cubagem individual de todos os toretes de cada pilha de Madeira tomada como amostra no floresta em estudo.

O somatório dos volumes individuais dos toretes fornece o volume sólido de Madeira empilhada ( $V_{\text{sólido}}$ ). O volume de cada torete deve ser calculado pelo método de Smalian.

O volume aparente ( $V_{\text{aparente}}$ ) é obtido pela medição das pilhas (altura, largura e comprimento). O Fator de empilhamento ( $f_e$ ) é dado pela razão entre o volume sólido da pilha (a soma dos volumes de todos os toretes da pilha) e o seu respectivo volume aparente empilhado (volume da pilha), ou seja:

$$f_e = \frac{V_{\text{sólido}}}{V_{\text{pilha}}}$$

A partir da determinação do fator de empilhamento de várias pilhas selecionadas como amostras representativas do floresta, obtém-se um fator médio, que poderá ser utilizado para a estimativa do volume sólido de Madeira existente em pilhas colocadas ao longo das estradas, volume sólido de Madeira em carrocerias de caminhões, etc. Este pode ser um método de controle da produção em diversos pontos da propriedade, controlando o estoque, a remuneração pela mão de obra, a produção diária/semanal, etc.

### **Considerações sobre o Fator de Empilhamento**

1. O fator de empilhamento deve ser determinado para atividades florestais onde o empilhamento da Madeira é prática usual e obedece a padrões mais ou menos uniformes (comprimento dos toretes, diâmetro dos toretes, por exemplo);
2. O fator de empilhamento é sempre menor do que 1;
3. Pode ser determinado para classes diamétricas, ou para determinada espécie.





## CRESCIMENTO

Crescimento é o aumento gradual das dimensões do indivíduo ou do floresta. É resultante da atividade meristemática e tem como consequência o alongamento (h) e engrossamento (d) de raízes, galhos e tronco, causando alterações no peso, volume e forma da árvore. A soma dos crescimentos individuais reflete no crescimento do floresta.

### Crescimento em Diâmetro

É resultante da atividade fisiológica do câmbio. Depende de fatores como o genótipo (espécie, procedência), do sítio e do espaçamento.

### Crescimento em Altura

No crescimento em altura as fases são mais curtas. O crescimento é resultado da atividade fisiológica do meristema apical.

## INCREMENTO

O incremento de uma árvore ou floresta é o aumento das dimensões por unidade de tempo. É o acréscimo de um dos elementos dendrométricos (DAP, h, g, v, peso, etc) dentro de determinado intervalo de tempo.

*Os incrementos são aplicados para árvores individuais ou para florestas e para qualquer variável dendrométrica (DAP, h, g, G, V, etc), sendo expresso em **cm, m, m<sup>2</sup>, m<sup>2</sup> / ha, m<sup>3</sup>**. dependendo da variável considerada.*

De acordo com o período envolvido pode-se diferenciar os seguintes incrementos:

### 1. Incremento Corrente Anual (ICA)

Expressa o crescimento ocorrido entre o início e o fim da estação de crescimento, em um período de 12 meses (1 ano).

$$ICA = \frac{vf - vi}{(n + 1) - n}$$

em que

vf = valor final da variável

vi = valor inicial da variável

### 2. Incremento Periódico (IP)

Expressa o crescimento em um período de tempo determinado

$$IP = v_f - v_i$$

onde

**IP** = Incremento periódico

$v_f$  = valor da variável no final do período (ex. 1990)

$v_i$  = valor da variável no início do período (ex. 1985)

Neste caso, 1990 1985, ou seja, o incremento em um período de 5 anos

### **3. Incremento Periódico Anual (IPA)**

Expressa a média anual de crescimento. É o quociente entre o valor acumulado da variável ou produção acumulada pela idade de referência.

$$IMA = \frac{vf}{n}$$

onde

vf = Valor da variável na idade n;

n = Idade

### **4. Incremento Periódico Anual (IPA)**

Dependendo da velocidade de crescimento do floresta, torna-se difícil o incremento em período curto de tempo. O incremento periódico anual é obtido pela média do crescimento para um determinado período de anos.

$$IPA = \frac{vf - vi}{n}$$

em que

IPA = Incremento periódico anual

vf = Valor da variável no final do período

vi = Valor da variável no início do período

n = Período de tempo

## **4. INVENTÁRIO FLORESTAL**

### **4.1. INTRODUÇÃO**

Nos levantamentos florestais é prática usual selecionar uma ou mais amostras que consiste em pequenas frações da população que se deseja obter a informação. O verdadeiro valor de uma característica ou variável é denominado parâmetro e só existe na natureza. Entretanto, através da observação de um certo número de unidades amostrais pode-se estimar sua estatística correspondente.

Quaisquer estimativas dos parâmetros estão sujeitas a erros de amostragem, oriundos de procedimentos de seleção e operação das unidades amostrais.

Em florestas tropicais, onde existe alta heterogeneidade de espécies e tipos florestais, os critérios de seleção das amostras é decisivo em termos de consistência e precisão dos resultados. Na maioria das situações, é necessário estratificar os ambientes de trabalho, por categoria tipológica, ecossistema predominante, topografia.

Os inventários florestais são instrumentos básicos utilizados para se avaliar estatisticamente as reais potencialidades e capacidades produtivas dos recursos florestais de determinada área.

#### **4.1.1 CONCEITO**

A grosso modo, o inventário é um instrumento de "contagem de árvores" existente em determinada área. Com a evolução tecnológica e a crescente necessidade de melhorar a qualidade das informações a serem incorporadas aos projetos de manejo florestal, os inventários florestais diversificaram as suas estratégias de coletas de dados que já não se limitam a simples quantificação de volume de madeira total ou por espécie de determinada área. Os inventários florestais reúnem técnicas de coleta de dados dos recursos florestais de determinada área, visando fornecer informações qualitativas e quantitativas, ou seja, o que tem e quanto tem, e outros aspectos.

#### **4.1.2 IMPORTÂNCIA**

Os inventários florestais são importantes ferramentas utilizadas no diagnóstico do potencial produtivo ou protetivo de florestas. É através dos resultados dos inventários florestais que se apóiam decisões importantes acerca da viabilidade de empreendimentos florestais, que exigem investimentos de alguns milhões de dólares.

#### **4.1.3 APLICAÇÕES**

Inventários florestais são utilizados em vários tipos de levantamentos para fins de reconhecimento, diagnóstico e avaliações no campo florestal. Avaliação de estoque de madeira em estudos de viabilidade, planejamento e preparação de talhões de exploração, bem como, diagnóstico pós-exploratórios, exigem inventários específicos.

Os inventários florestais devem ser executados periodicamente para permitir ao proprietário ou ao gerente florestal a planificação das atividades em função das mudanças ocorridas em determinados períodos de tempo considerado. Avaliar o crescimento, as mudanças ocorridas após a exploração florestal, planejar a produção e os tratamentos silviculturais visando o equilíbrio e a recuperação das florestas, exigem trabalhos de campo com inventários florestais.

## 4.2. PARCELAS E UNIDADES AMOSTRAIS

As parcelas são uma parte da população objeto de estudo. Dentro das parcelas são estabelecidas subamostras visando facilitar as operações e fornecer um melhor nível de detalhe das informações requeridas.

## 4.3 FORMA E TAMANHO DE UNIDADES AMOSTRAIS

As parcelas podem apresentar a forma circular, quadrada ou retangular. Os tipos mais usuais são as quadradas e retangulares.

As dimensões das parcelas variam de acordo com a categoria do levantamento e a técnica de amostragem. São usuais subparcelas de 50 m x 50m em inventário a 100%. Parcelas de 10m x 100m são bastante utilizadas em levantamentos que utilizam sentido de caminhamentos em transectos, ou seja, em faixas. As parcelas em conglomerados são 20m x 250m, 10m x 250m. As parcelas permanentes são 100m x 100m, 50 m x 200m. As subparcelas podem ser de 10m x 10m, em análise da regeneração natural. Em amostragem simples, podem ser usadas parcelas de 20 m x 100 m, ou outro tamanho, variável com o objetivo e tipo de floresta em questão.

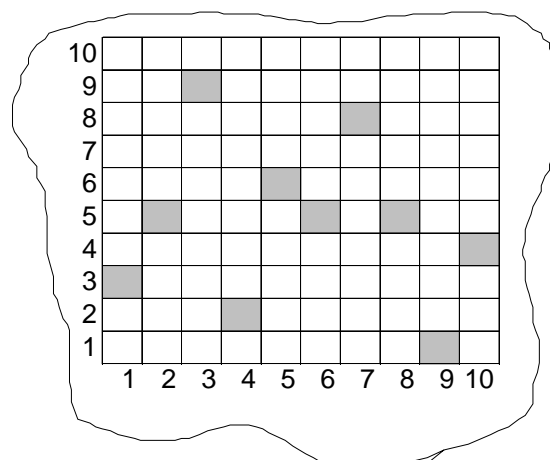
## 4.4 TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM

### 4.4.1 AMOSTRAGEM ALEATÓRIA SIMPLES

Uma amostra aleatória simples é selecionada de uma população, considerando que cada indivíduo da população tem a mesma chance de ser sorteado como elemento da amostra, ou seja, cada elemento tem a mesma chance de ser escolhido independentemente dos demais.

Seleciona-se aleatoriamente, mediante sorteio, as unidades amostrais. Na prática, a área total é subdividida em áreas menores com dimensões definidas, digamos, 20 m x 50 m e, posteriormente, faz-se a numeração das unidades em ordem crescente de 1 a n, exemplo, de 1 a 100.

É um método bastante eficiente em termos de cálculos das estimativas por apresentar um nível de erro aceitável. A maior desvantagem é o caminhamento entre as unidades de amostras, em virtude da possibilidade do sorteio, fazer com que as amostras apresentem uma distribuição bastante irregular das amostras no interior da área de trabalho. É um método mais indicado para pequenas áreas com características mais ou menos homogêneas.



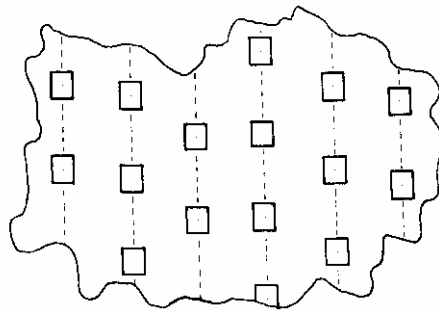
#### 4.4.2 AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

A amostragem sistemática é bastante utilizada em levantamentos florestais, principalmente pela praticidade e rapidez na coleta de dados, com reflexos positivos sobre os custos finais.

Os trabalhos de campos são simplificados, os custos são reduzidos e obtém-se alta precisão. É um método indicado principalmente quando os elementos amostrais são heterogêneos. Todavia, a precisão é bastante influenciada pelo tamanho e forma das unidades amostrais. Deve-se ter o cuidado de definir corretamente o número e dimensões das unidades amostrais, a fim de se evitar erros acima dos limites aceitáveis.

##### Exemplo de aplicação

Define-se aleatoriamente uma linha base de caminhada dentro da floresta por devermos iniciar o levantamento, em seguida, instala-se a unidade amostral padrão para a coleta de dados com dimensões amostrais e distâncias entre faixas, fixas.

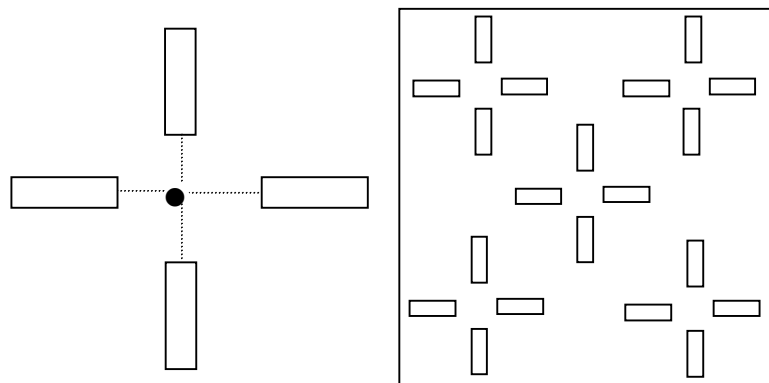


#### 4.4.3 AMOSTRAGEM EM CONGLOMERADOS

É aplicado em inventários florestais de extensas áreas cuja variável de interesse apresente razoável heterogeneidade. A sistematização das subunidades amostrais dentro das unidades primárias oferece grande vantagem de instalação, localização e medição, uma vez que o tamanho e a disposição das subunidades são previamente fixadas.

É um método com larga tradição em levantamento de florestas tropicais.

A estrutura do conglomerado consiste de um formato em cruz com quatro subunidades cada uma com 1/4 de ha, ou seja, medindo 10m x 250m. Embora não seja ainda possível afirmar que esse formato do conglomerado é o ideal, pois necessita-se de mais pesquisas nesse campo, a estrutura atualmente utilizada vem demonstrando bons resultados.



## 4.5. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

### 4.5.1 INVENTÁRIO PILOTO

É um levantamento expedito que serve de base para se definir a intensidade amostral, ou seja, o número de parcelas ou unidades amostrais a serem utilizadas no inventário definitivo. Apesar de importante, é pouco utilizado na prática, em função da limitação de fatores como a necessidade de formação de equipe com a missão de coletar os dados em campo, a fim de que as decisões sobre custo e número de unidades amostrais sejam bem definidas na planificação do inventário. Necessita-se de recursos humanos, materiais e financeiros a fim de fornecer a logística necessária ao acesso à floresta a ser inventariada.

### 4.5.2 ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação faz-se necessária sempre que exista vários tipos florestais dentro de uma mesma área. Os estratos são extensões de florestas com características similares. Logo, dependendo da configuração de uma área em termos de mosaicos, pode-se ter um estrato para cada tipologia florestal particular.

A estratificação é importante porque reduz a variância dentro de cada estrato, e permite diferenciar as variâncias entre estratos. Em termos de florestas tropicais, a melhor forma de estratificar deve combinar biodiversidade botânica com estoque volumétrico.

### 4.5.3 INVENTÁRIO A 100%

As populações florestais são geralmente extensas e uma abordagem a 100 % dos seus indivíduos torna-se difícil e bastante onerosa. Este tipo de abordagem denomina-se "completa enumeração".

É uma prática adotada em inventários pré-exploratórios, visando a produção de mapas das espécies a serem exploradas e a serem deixadas para cortes futuros.

Este tipo de inventário é um dos requisitos indispensáveis ao planejamento de estradas, trilhas de arraste, locação de pátios e seleção das árvores destinadas ao corte.

### 4.5.4 PARCELAS TEMPORÁRIAS

São parcelas onde realiza-se apenas uma medição e abandona-se. Tem o objetivo de informar sobre a situação de uma floresta na ocasião do levantamento. A menos que ocorram mudanças ou alterações significativas na floresta, as informações permanecem válidas por longos períodos de tempo. É uma prática usual em inventários diagnósticos, onde objetiva-se analisar o potencial madeireiro visando traçar estratégias de implantação, caso seja confirmada a viabilidade econômica do projeto.

#### 4.5.4.1 MÉTODOS DE MEDIÇÃO

Mede-se todos os diâmetros, digamos,  $dap \geq 20$  cm e mede-se apenas algumas alturas com aparelhos, digamos, uma por classe diamétrica a cada 15 a 20 diâmetros e recolhe-se material botânico por amostragem para montar as exsicatas que serão usadas no herbário para fazer a identificação do nome científico das espécies. Lembre-se de que Inventário Florestal sem coleta de material botânico não tem credibilidade de técnicos e pesquisadores, os chamados especialistas em

taxonomia botânica. É preciso ressaltar que o trabalho de bons mateiros com experiência e treinamento é fundamental para ajudar a melhorar a qualidade da identificação das espécies, requisito essencial para que os planejamentos de corte e comercialização atinjam seus objetivos, com o mínimo de erro e improvisação.

#### 4.5.5 PARCELAS PERMANENTES

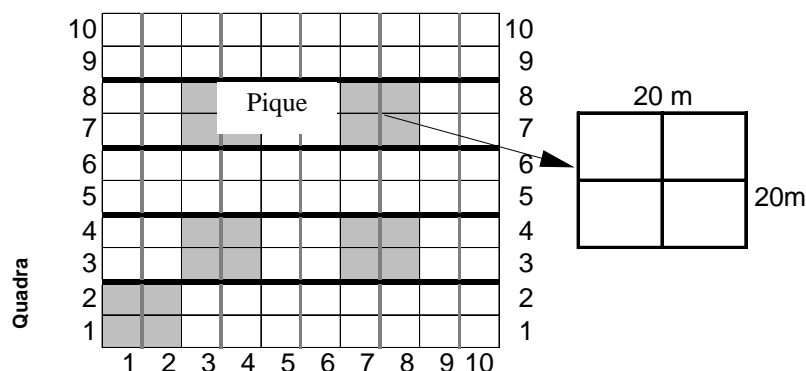
São parcelas, geralmente, medindo 100 m x 100m, instaladas a cada 200 ha (definido pelo IBAMA), de floresta explorada. Objetiva analisar as alterações e os impactos causados pela exploração, bem como, servir de base para o monitoramento da recuperação e crescimento da floresta remanescente. Ao invés de se medir a área explorada, recorre-se às medições realizadas na parcela permanente para se avaliar as condições e as prescrições de tratamentos silviculturais, visando conduzir a floresta para estágios mais avançados de recuperação e produção.

##### 4.5.5.1 MÉTODOS DE INSTALAÇÃO E MEDIÇÃO

Escolhe-se a locação em função de parâmetros técnicos de domínio do Engenheiro florestal. A instalação é feita mediante a definição de rumos azimutais, a partir de vértices esquadrejados, ou seja, partindo-se de uma linha base de 100m de comprimento, gira-se 90° em relação ao ponto estacionário e, define-se os 100m da outra linha de referência. A seguir, o bloco de 100m x 100m é construído com 100 subparcelas de 10m x 10m. São necessárias 2 trenas e 4 pessoas. Partindo-se de 10m de cada lado, um auxiliar fica no vértice oposto, onde esticando-se ambas as trenas procura fazer coincidir os 10m de cada lado. O processo se repete até completar o bloco.

O passo seguinte consiste em se marcar o ponto de medição dos diâmetros, com tinta em cor adequada. As plaquetas de alumínio são numeradas com 6 dígitos. Os 2 primeiros referem-se ao ano de instalação; o 3° e 4°; ao pique e quadra e os 2 últimos à numeração de 1 a 99. Exemplo, 981101.

|     |   |       |        |         |   |
|-----|---|-------|--------|---------|---|
| 9   | 8 | 1     | 1      | 0       | 1 |
| ano |   | pique | quadra | árv. nº |   |



#### 4.6. TÉCNICAS DE ARMAZENAMENTO DE DADOS

##### 4.6.1 FICHAS DE CAMPOS E FORMULÁRIOS

É necessário dispor de Fichas de campo e formulários especialmente desenvolvidos para cada tipo de levantamento em função dos objetivos e das variáveis e demais fatores considerados importantes no trabalhos de coleta de dados no campo. Recomenda-se utilizar fichas e formulários reproduzidos por fotocopiadoras (xerox) ou por impressoras a laser, uma vez que as reproduções com impressoras jato de tinta, são mais sensíveis ao surgimento de manchas quando em contato com umidades elevadas.

#### 4.6.2 TRANSFERÊNCIA DE DADOS PARA PLANILHAS ELETRÔNICAS

Após concluído os trabalhos de coleta de dados, surge o momento de submetê-los às mãos de Engenheiros Florestais especialistas em processamento, análise e interpretação de dados de inventários florestais. Para que essa fase seja realizada, os dados necessitam ser armazenados em planilhas eletrônicas do tipo Excel ou similar, a fim de se que faça todas as análises que se fizerem necessárias. Para que isso ocorra com sucesso, a entrada de dados deve ser antecipadamente estruturada no interior das linhas e colunas que formam a planilha eletrônica, só então é que se procede à digitação dos dados, devendo-se ter o cuidado de manter sempre em lugar seguro, uma cópia dos originais, ou seja, não devemos confiar toda a sorte aos milagres da informática que, de vez em quando, pode nos reservar surpresas nada agradáveis como perda irreparáveis de arquivos.







## APÊNDICE A

### COSIDERAÇÕES SOBRE OS MÉTODOS ABSOLUTOS DE CUBAGEM

1. Nos métodos absolutos, a última seção da árvore deve sempre ser abordada de maneira diferente ao método que se está trabalhando
2. Para seções de mesmo comprimento a fórmula de NEWTON é a mais precisa
3. Para seções menores do que 1,20 m, os resultados obtidos por SMALIAN ou HUBER, não diferem significativamente
4. O método de HUBER é mais indicado para seções acima de 2,50 m
5. O método de HUBER subestima enquanto o método de SMALIAN superestima o volume
6. As seções mais utilizadas variam de 1 a 2 m e, são fixadas de acordo com a mudança da forma do fuste
7. As seções devem iniciar na base ( 0,0 m, 0,10 m, 0,30 m, 0,7m, 1,0 m, 1,30 m, 2,0 m, 4,0 m e, assim em diante)
8. Recomenda-se medir sempre o DAP, porque ele participa diretamente da construção da tabela de volume
9. Recomenda-se usar seções curtas nos primeiros 2 m da árvore, porque nessa faixa o tronco apresenta múltiplas variações de forma
10. O comprimento do cone ou tronco de cone é sempre menor ou igual ao comprimento da última seção

### SEQUÊNCIA PARA A CUBAGEM DE ÁRVORES

1. Selecionar árvores cujos DAPs recubram uma ampla faixa de variação diamétrica da floresta
2. Fazer uma marca no DAP da árvore, antes de derrubá-la
3. Fazer a medição do DAP com casca
4. Derrubar a árvore e individualizar o fuste da copa
5. Marcar as posições onde serão feitas as medidas
6. Justapor 1,30 m da trena com 1,30 m do DAP, assinalado antes da derrubada
7. Medir a altura comercial, altura total
8. Medir os diâmetros ao longo do fuste juntamente com a espessura de casca

## EXERCÍCIOS DE VOLUMETRIA

1. Uma árvore com 8,5 m de altura total, foi medida em vários pontos do fuste. Considerando-se que na Exploração Florestal, perde-se em média 50 cm de toco, qual é o seu volume pelo método de Huber ?. Calcule também o seu fator de forma comum.

NOTA: A 1ª seção tem comprimento de 1,0 m e as demais 2,0 m

|                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>h (m)</b>    | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,8 | 1,3 | 2,3 | 3,3 | 4,3 | 5,3 | 6,3 | 7,3 | 8,5 |
| <b>CAP (cm)</b> | 80  | 75  | 70  | 65  | 60  | 55  | 50  | 40  | 35  | 30  | 25  | —   |

2. Calcule o volume total sem casca pelo Método de Smalian e o fator de forma comum sem casca da árvore cuja altura total é de 7,5. Considere-se que a 1ª seção tem comprimento de 1,7 m a partir de 0,50 m, e as demais seções têm 2,0 m de comprimento.

|                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>h (m)</b>    | 0,0 | 0,3 | 0,7 | 1,3 | 1,7 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 6,5 | 7,0 |
| <b>CAP (cm)</b> | 85  | 80  | 70  | 60  | 55  | 50  | 45  | 40  | 35  | 30  | 25  | 20  |
| <b>e (mm)</b>   | 22  | 20  | 18  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 10  | 9   | 8   | 7   |

3. Calcule o volume sem casca da árvore a seguir, cuja altura é de 10 m. Aplique o Método de Hohenadl.

|                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| <b>h (m)</b>    | 0,0 | 0,3 | 1,0 | 1,3 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| <b>CAP (cm)</b> | 100 | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 25  | 20  | 15  | 10  | 8    |
| <b>e (mm)</b>   | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 15  | 14  | 12  | 10  | 8   | 7   | 5   | 5    |

## TRABALHO PRÁTICO SOBRE VOLUME

### SEQUÊNCIA PARA A CUBAGEM DE ÁRVORES

1. Selecionar árvores cujos DAPs recubram uma ampla faixa de variação diamétrica da floresta
  2. Fazer uma marca no DAP da árvore, antes de derrubá-la
  3. Derrubar a árvore e individualizar o fuste da copa
  4. Justapor 1,30 m da trema com 1,30 m do DAP, assinalado antes da derrubada
  5. Marcar as posições onde serão feitas as medidas
  6. Medir os diâmetros ao longo do fuste juntamente com a espessura de casca
- Opcional:
- a. Fazer a medição do CAP ou DAP com casca
  - b. Medir a altura comercial, altura total (quando for o caso)

### MÉTODO DE SMALIAN

FAZER DESENHO ESQUEMÁTICO COM A MARCAÇÃO DAS SEÇÕES A SEREM MEDIDAS

|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| h <sub>i</sub> (m) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| c (cm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| d (cm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| e (mm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### MÉTODO DE HOHENADL PARA 5 SEÇÕES, APLICANDO HUBER

FAZER DESENHO ESQUEMÁTICO COM A MARCAÇÃO DAS SEÇÕES A SEREM MEDIDAS

|                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| h <sub>i</sub> (m) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| c (cm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| d (cm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| e (mm)             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Utilize este quadro para desenhar a disposição dos toretes na pilha e anotar as dimensões da pilha de madeira

Utilizando os dados coletados, pede-se desenvolver os seguintes cálculos:

- a) Volume real com casca
- b) Volume real sem casca
- c) Fator de forma comercial
- d) Volume de casca
- e) Volume Francon
- f) Fator de empilhamento
- g) Volume de madeira empilhada