

# Gestão de Recursos Florestais

Revisão parcial de inventário florestal  
Exercício simples de estimação biométrica

Luiz Carlos Estraviz Rodriguez



# Revisão parcial de inventário florestal



Luiz Estraviz

# INVENTÁRIO FLORESTAL

Um trabalho completo de inventário, para efeito de produção madeireira, disponibiliza as seguintes informações: estimativas de área, dados topográficos, titulação de posse, disponibilidade e qualidade das vias de transporte, estimativas de quantidade, qualidade, crescimento e volume total de madeira produzido. Eventualmente, oferece também dados sobre recursos recreacionais e de fauna.

Os dados são obtidos através da mensuração direta das árvores e de outras características existentes na área. Quando a mensuração é feita em toda a área e de todas as árvores, o inventário é um censo. Quando a mensuração é feita em uma ou mais amostras na área, o inventário é amostral.

Seria muito difícil medir diretamente no campo o volume ou o peso das árvores em pé. Para isso utilizam-se equações pré-ajustadas que estabelecem uma relação adequada entre certas características mensuráveis no campo e a informação desejada.



# INVENTÁRIO FLORESTAL

O acompanhamento das mudanças em uma floresta ao longo do tempo exige inventários periódicos ou ***contínuos***. O processo de inventário contínuo permite acompanhar características como mortalidade e mudanças na composição (florestas não homogêneas) e na distribuição das árvores em classes de diâmetro, qualidade e altura.

Vários fatores afetam o custo total ou por hectare de um inventário florestal. Os principais são: tipo de informação desejada, nível de precisão, tamanho da área a ser inventariada e da unidade mínima para a qual se deseja fazer as estimativas.



# INVENTÁRIO FLORESTAL

O planejamento de um inventário deve considerar as seguintes fases:

- Levantamento de dados e informações previamente coletados
- Definição das informações (variáveis) que precisam ser estimadas
- Tempo e recursos financeiros disponíveis
- Padronização de rotinas para efeito de comparação no futuro
- Escolha do processo amostral que será usado
- Estratificação (classificação) da floresta
- Obtenção de fotografias aéreas, imagens e outros recursos de SIG
- Mapeamento
- Escolha dos modelos biométricos
- Seleção de equipes e treinamento
- Suporte logístico
- Condução dos procedimentos de campo
- Cálculo e análise dos dados coletados



# INVENTÁRIO FLORESTAL

Para a definição das informações (variáveis) que precisam ser estimadas é fundamental a participação de todas as pessoas que farão uso dessas informações. Uma descrição detalhada dessas variáveis, das unidades de medida, dos respectivos erros aceitáveis e intervalos de confiança são essenciais.

***Precisão maior do que a necessária é puro desperdício de dinheiro !***

Já na fase inicial de planejamento do inventário é aconselhável a elaboração de um esboço das tabelas que apresentarão os resultados. Esse esboço deve conter títulos e nomes das colunas, limites de classes, unidades de medida etc.



# INVENTÁRIO FLORESTAL

## **Antes de partir para o inventário no campo, deve-se:**

- Conhecer perfeitamente os limites da área a ser inventariada.
- Definir: variáveis a serem calculadas (vol cc/sc, peso seco etc.); tamanho de classes e limites (DAP, H, forma, no. árv. etc.); limites comerciais de diâmetro; erro amostral admissível (p.ex.: média mais ou menos 5%) e probabilidades (p.ex.: probabilidade de 0,95 significa que entre os limites de confiança o verdadeiro valor da média ocorre 95 vezes em 100); mapas; se será calculada a mortalidade e o crescimento; quais unidades de medida serão usadas (preferir sistema métrico) e *layout* das tabelas de resultados.
- Padronização de rotinas, informações e relatórios para efeito de comparação com outras organizações e entre inventários.
- Estudar o melhor esquema de estratificação da floresta.



# INVENTÁRIO FLORESTAL

## Estratificação

O número de parcelas (unidades amostrais) que deverão ser medidas em uma determinada população, para que boas estimativas, com uma determinada precisão, sejam alcançadas, depende da variabilidade (variância) da característica sendo medida. Se a variância é grande, o número de parcelas necessárias e o custo do inventário também poderão ser altos. Se a variância é pequena, esse número e custo poderão ser significativamente reduzidos.

**SE** a população com alta variabilidade puder ser subdividida em sub-populações (estratos) com menor variabilidade, é então possível obter estimativas satisfatórias para cada estrato com um número total de parcelas menor.



# INVENTÁRIO FLORESTAL

## Variáveis normalmente encontradas em um relatório final

Altura média ( $m$ )

Altura dominante ( $m$ )

DAP médio ( $cm$ )

Número de árvores/ha/classe de DAP

Área basal ( $m^2$ )

Volume total com casca ( $m^3/ha$ )

Volume total sem casca ( $m^3/ha$ )

Volume comercial com casca até  $x^*$  cm ( $m^3/ha$ )

Volume comercial sem casca até  $x^*$  cm ( $m^3/ha$ )

Volume do ponteiro com casca a partir de  $x^*$  cm ( $m^3/ha$ )

Volume do ponteiro sem casca a partir de  $x^*$  cm ( $m^3/ha$ )

*\* Por exemplo: 6 e 13 cm*

*Os dados acima devem ser apresentados por estrato, se tiver havido estratificação*



# Amostragem Aleatória Estratificada

## (revisão)

Exemplo - Volumes medidos em três estratos (em m<sup>3</sup>/ha):

### Eucaliptos semente

570	510	600
640	590	780
480	670	700
	560	

Soma: 6100 m<sup>3</sup>

### Eucaliptos clone

520	630	810
710	760	580
770	890	860
	840	

Soma: 7370 m<sup>3</sup>

### Pinus

420	540	320
210	180	270
290	260	200
	350	

Soma: 3040 m<sup>3</sup>

**1o. Passo:** volume médio amostral em cada estrato

$v_1 = 6100/10 = 610$  m<sup>3</sup>/ha na área de Eucaliptos semente

$v_2 = 7370/10 = 737$  m<sup>3</sup>/ha na área de Eucaliptos clone e

$v_3 = 3040/10 = 304$  m<sup>3</sup>/ha na área de Pinus

**2o. passo:** estimativa do volume do povoamento:  $\bar{V} = \frac{\sum_{h=1}^L A_h \bar{v}_h}{A}$

onde:

$L$  = Número de estratos

$A_h$  = Tamanho do estrato em hectares

$v_h$  = volume médio no estrato  $h$

$A$  = Área total em hectares



# Amostragem Aleatória Estratificada

## (revisão)

Supondo as seguintes áreas em cada estrato:

$N_1 = 320$  ha de Eucaliptos semente

$N_2 = 140$  ha de Eucaliptos clone e

$N_3 = 340$  ha de Pinus

temos um total de 800 hectares, e a estimativa da média da população fica:

$$V_{estrato} = \frac{(320 \cdot 610) + (140 \cdot 737) + (340 \cdot 304)}{800} = 502,175 m^3 / ha$$

**3o. passo:** variância em cada estrato  $h$  :

onde:

$v_h$  = volume  $j$  no estrato  $h$

$n_h$  = número de observações no estrato  $h$

$$s_h^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_h} v_j^2 - \frac{\left(\sum_{j=1}^{n_h} v_j\right)^2}{n_h}}{(n_h - 1)}$$



# Amostragem Aleatória Estratificada

## (revisão)

$$s_1^2 = \frac{(570^2 + 640^2 + \dots + 700^2) - \frac{6100^2}{10}}{(10-1)} = \frac{3.794.000 - 3.721.000}{9} = 8.111,11$$

**4o. passo:** erro padrão da amostragem estratificada:  $s = \sqrt{\frac{1}{A^2} \sum_{h=1}^L \left[ \frac{A_h^2 s_h^2}{n_h} \left( 1 - \frac{n_h}{A_h} \right) \right]}$

$$s = \sqrt{\frac{1}{800^2} \left[ \frac{320^2 8111,11}{10} \left( 1 - \frac{10}{320} \right) + \dots + \frac{340^2 12204,44}{10} \left( 1 - \frac{10}{340} \right) \right]} = \sqrt{383,920659} = 19,594$$

Podemos concluir que é de aproximadamente 95% a chance da média do povoamento estar no intervalo **502,175** mais ou menos **2(19,594)**. Ou seja no intervalo de **463** a **541 m<sup>3</sup>/ha**.



# Exercício simples de estimação biométrica

# Ajuste da Schumacher “log inverso da idade”

Considere os seguintes dados:

Volume por hectare estimado em inventários anuais realizados em seis diferentes povoamentos de eucaliptos

Povoamento	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8	
	$t_1$	$v_1$	$t_2$	$v_2$	$t_3$	$v_3$	$t_4$	$v_4$	$t_5$	$v_5$	$t_6$	$v_6$	$t_7$	$v_7$	$t_8$	$v_8$
1	2	36	3	99	4	164	5	223	6	273	7	315	8	352	9	383
2	2	27	3	72	4	142	5	202	6	255	7	302	8	342	9	414
3	2	27	3	72	4	157	5	182	6	230	7	302	8	376	9	339
4	2	22	3	87	4	157	5	222	6	255	7	302	8	342	9	377
5	2	27	3	72	4	128	5	182	6	281	7	271	8	308	9	377
6	2	25	3	87	4	142	5	202	6	281	7	332	8	308	9	377

$t_i$ : idade  $i$  (anos)

$v_i$ : volume ( $m^3/ha$ ) na idade  $i$



# Ajuste da Schumacher “log inverso da idade”

Considere o modelo

$$V = B_0 * e^{B_1 * 1/t}$$

*para ajuste dos dados apresentados.*

*Faça o ajuste usando a planilha MS Excel,  
e interprete a tabela de análise de variância resultante.*