

# Prova 2 – Inventário Florestal

Raissa Sartori Martins dos Santos – 10755881

A tabela abaixo apresenta os dados referentes a parcelas de 540 m<sup>2</sup> de um inventário florestal em floresta de eucalipto com 510 ha. Os dados de volume (em m<sup>3</sup>) se referem ao volume comercial de madeira encontrado na parcela.

Estrato	Volume Comercial (m <sup>3</sup> )	Estrato	Volume Comercial (m <sup>3</sup> )
A	6,8705	B	17,2024
A	9,0305	B	17,5395
A	9,6286	B	18,6532
A	9,9753	B	17,5090
A	10,1298	B	15,9948
A	9,2576		
A	9,0190		
A	9,3418		

**QUESTÃO 1:** Analise os dados ignorando a informação de estrato tomando o método de amostragem como amostragem aleatória simples em toda a floresta. Considera que a floresta é grande o suficiente para se ignorar a correção para populações finitas. Encontre:

- a) O volume comercial médio da floresta em m<sup>3</sup>/ha, com seu respectivo intervalo de confiança de 95%.

Para o cálculo da questão, é necessário, primeiramente, encontrar os números de parcelas e de arvoredos. O  $n$  (número de parcelas) é dado pela quantidade de amostras dadas, ou seja, 13 amostras. Já o  $N$  (número de arvoredos) pode ser entendido como a quantidade de parcelas possíveis na área total, calculado por:

$$N = \frac{\text{Área total}}{\text{Tamanho das parcelas}}$$

Com base nos dados passados, é necessário transformas a área total de hectares para m<sup>2</sup> e então utilizá-las na fórmula, como pode ser representado abaixo:

$$N = \frac{510 \cdot 10000}{540} = 9444 \text{ parcelas "disponíveis"}$$

Com ambos os dados, é possível calcular a fração amostrada e o quanto ela pode ser representativa. Como representado abaixo, é possível ver que de 9444 parcelas possíveis, apenas 13 foram mensuradas, representando apenas 0,14% da área total.

$$\text{Fração Amostrada} = \frac{n}{N} = \frac{13}{9444} = 0,0014 \text{ ou } 0,14\%$$

Para o cálculo do volume médio pedido na questão, é importante iniciar o cálculo com a média aritmética dos valores de volume ( $m^3$ ) ( $\mu$ ) e a variância amostral ( $\sigma$ ) dos dados, que resultaram em  $12,319 m^3$  e  $18,235 m^3$ , respectivamente. Como a média do volume é demonstrada em  $m^3$ , é necessário dividir o valor pela área da parcela, transformada em hectares, para então encontrar o volume médio em  $m^3/ha$ .

$$\text{Volume médio} \left( \frac{m^3}{ha} \right) = \frac{12,319}{0,054} = 228,137 \frac{m^3}{ha}$$

Como resposta parcial da questão, o volume médio da amostragem é de  $228,137 m^3/ha$ . A partir deste valor é possível calcular a variância da média, demonstrada pela equação abaixo e encontrar o valor do teste T de Student para o cálculo do intervalo de confiança, sendo  $t_{(0,975;n-1)}$ , que é igual a 2,179.

$$V(\mu) = \frac{\sigma^2}{n} \cdot \left( 1 - \frac{n}{N} \right) = 1,401$$

Por fim, o intervalo de confiança é calculado através da fórmula:

$$I.C. = t_{(0,975,12)} \cdot \sqrt{V(\mu)} = 2,579$$

Como resposta final, o volume médio, em  $m^3/ha$ , é de  $228,137 m^3/ha$  e o intervalo de confiança é de 1,401. Em termos percentuais, o intervalo de confiança é calculado pela divisão do intervalo de confiança pela média amostral, que resultou em 20,932%.

#### **b) O tamanho da amostra necessário para um erro amostral de 5%.**

Para calcular o tamanho da amostra necessário com erro de 5% é preciso calcular o coeficiente de variação e então seguir a fórmula representada abaixo e refazer até que o coeficiente T de Student fique estável.

$$n^* = N \cdot \frac{(t \cdot V\%)^2}{N \cdot E\%^2 + (t \cdot V\%)^2}$$

Em que:

$$V\% = \frac{\sqrt{\sigma}}{\mu} \cdot 100$$

Após o cálculo do V% e a substituição dos valores na fórmula de n\* utilizando o T student apresentado antes ( $t_{(0,975;12)} = 2,179$ ) e realizar repetições até que os números se estabilizassem, é possível concluir que o tamanho amostral necessário para um erro de 5% é de 184 parcelas, como demonstra a tabela abaixo.

1º	n* = 222,773 n* arredondado = 223
2º	t student = 1,971 n* = 183,035 n* arredondado = 184
3º	t student = 1,973 n* = 183,455 n* arredondado = 184

**QUESTÃO 2: Considerando que a área dos estratos são: Estrato A: 321 ha; Estrato B: 189 ha; analise os dados pelo método da amostragem estratificada com amostragem aleatória simples nos estratos. Encontre:**

- a) **O volume comercial médio da floresta em m<sup>3</sup>/ha, com seu respectivo intervalo de confiança de 95%.**

Para encontrar o volume comercial médio da floresta a partir dos estratos, o primeiro passo é encontrar o valor de N para cada um, sendo calculado a partir da divisão da área total pelo tamanho da parcela, como foi feito na questão 1. Além disso, é importante realizar a contagem e encontrar o número (n) de parcelas mensuradas. Obtiveram-se os valores:

	N	n
Estrato A	5944	8
Estrato B	3500	5
<b>Total</b>	<b>9444</b>	<b>13</b>

Então, no segundo passo, foi calculado o índice dos estratos a partir da fórmula:

$$a_h = \frac{N_h \cdot (N_h - n_h)}{n_h}$$

O terceiro passo é calcular a variância ( $\sigma$ ) e as médias de volume ( $\mu$ ) (em  $m^3$  e em  $m^3/ha$ ) para cada estrato, da mesma forma da questão 1. Considerando que o volume é dado em  $m^3$ , foi feita a média e dividida pela área da parcela ( $540 m^2$  ou  $0,054 ha$ ). Com essas informações, é necessário calcular a média total do inventário, para isso é necessário multiplicar as médias de cada estrato pelo N e então somá-los. A média total se dá pela divisão da soma pelo N total (9444).

	N	n	a	Variância	Média volume ( $m^3$ )	Média Volume ( $m^3/ha$ )	Média Volume ( $m^3$ ) * N	Média Volume ( $m^3/ha$ ) * N
<b>Estrato A</b>	5944	8	4411108,025	1,021	9,157	169,567	54431,123	1007983,758
<b>Estrato B</b>	3500	5	2446500,000	0,903	17,380	321,848	60829,230	1126467,222
<b>Total</b>	9444	13					115260,353	2134450,980

Dividindo-se o total pelo N, temos que:

$$Média Volume (m^3) = \frac{115260,353}{9444} = 12,204 m^3$$

$$Média Volume (m^3/ha) = \frac{2134450,980}{9444} = 226,001 m^3/ha$$

O quarto passo é o cálculo da variância total da média para cada estrato, necessária para o cálculo do intervalo de confiança pode ser calculado através da fórmula:

$$Variância total (VT) = N^2 \cdot \frac{\sigma}{n}$$

Após a soma das variâncias totais calculadas para cada estrato, a variância média é calculada pela fórmula:

$$Var (\mu) = \frac{\sum VT}{N} = 0,075$$

Então, será calculado o tamanho efeito das amostras através da fórmula:

$$n_E = \frac{(\sum_{h=1}^L a \cdot \sigma)^2}{\sum_{h=1}^L \left( \frac{(a \cdot \sigma)^2}{n-1} \right)} = 10,944$$

O tamanho efetivo da amostra é utilizado para encontrar a estatística T de Student, utilizada no cálculo do intervalo de confiança, por isso seu valor será arredondado para baixo e o valor de t é igual a  $t_{(0,975;10-1)}=2,262$ .

Por fim, o intervalo de confiança de 95% é:

$$I.C. = t_{(0,975;9)} \cdot \sqrt{Var(\mu)} = 2,262 \cdot \sqrt{0,075} = 0,621$$

Em porcentagem, dividindo-se o intervalo de confiança de 95% pela média amostral, resultou em 5,089%, número menor que o primeiro tipo de amostragem.

**b) O tamanho da amostra necessário para um erro amostral de 5%, realizando alocação proporcional das parcelas nos estratos.**

Para o cálculo desta questão, foi utilizada, como base, a fórmula demonstrada no livro escrito pelos professores “Quantificação de Recursos Florestais”. O cálculo já considera a alocação proporcional entre os estratos pelo seu tamanho. Neste caso, o sistema de repetições também é realizado, utilizando o t de student encontrado na questão 2.a),  $t_{(0,975;10-1)} = 2,262$  e depois com base no  $n^*$  encontrado, como pode ser observado abaixo.

$$n^* = \frac{\sum_{h=1}^L N^2 \cdot V\% / W}{N^2 \cdot E\%^2 / t^2 + \sum_{h=1}^L N \cdot V\%^2}$$

Em que:

$$V\% = \frac{\sqrt{\sigma}}{\mu} \cdot 100 \text{ e } W = \frac{S_h}{S}$$

V%	N <sup>2</sup>	V% <sup>2</sup>	W	N <sup>2</sup> * V% <sup>2</sup> / W	N * V% <sup>2</sup>
11,148	35336419,753	124,288	0,629	6977766534,124	738822,339
5,198	12250000,000	27,017	0,371	893053826,683	94558,640
			<b>Soma</b>	7870820360,807	833380,979

1º	t student = 2,262 n* = 18,028 n* arredondado = 18,000
2º	t student = 2,110 n* = 15,685 n* arredondado = 15
3º	t student = 2,145 n* = 16,209 n* arredondado = 16
4º	t student = 2,131 n* = 16,008 n* arredondado = 16

Assim, o resultado é que o tamanho ideal de amostragem é de 16 parcelas, já considerando a alocação proporcional.

**QUESTÃO 3: Calcule a seguinte razão:**

$$\frac{\text{Variância da Média da Amostragem Estratificada}}{\text{Variância da Média da Amostragem Aleatória Simples}} \cdot 100$$

O que pode ser dito a respeito da eficiência da estratificação com base na razão calculada? Explique.

A razão é igual a:

$$\frac{0,075}{1,401} \cdot 100 = 5,35\%$$

Com base na razão apresentada e nos dados utilizados, é possível notar que a variância na amostragem aleatória simples é maior do que a variância da amostragem estratificada. Assim, pode-se afirmar que a amostragem estratificada é 5,35% mais exata do que a aleatória simples, sendo um método mais recomendado para este conjunto de dados, pois variou menos.

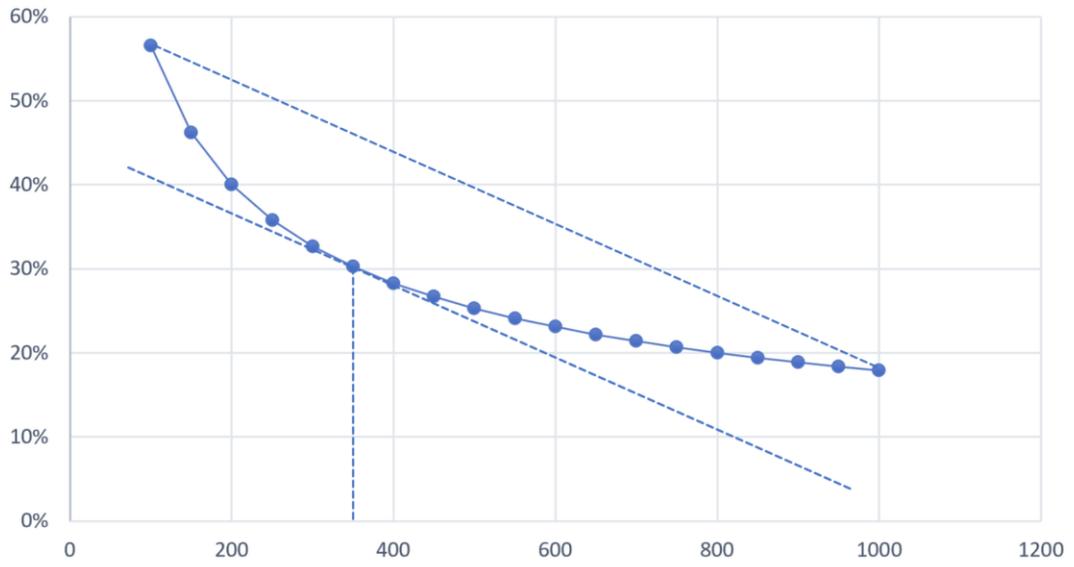
**QUESTÃO 4: Levantamento piloto em floresta ombrófila com parcelas de 200 m<sup>2</sup>, apresentou coeficiente de variação de 40% para área basal e de 35% para a densidade de estande (número de árvores por hectare). Utilizando o método gráfico de Freese, encontre o tamanho adequado de parcela para esses dois atributos.**

A partir da fórmula de aproximação de Freese, utilizando os dados disponibilizados, pode-se observar nas tabelas e imagens abaixo que o tamanho adequado de parcela, tanto para a área basal e como para a densidade de estande é de 350 m<sup>2</sup>.

$$V\% = V\%* \cdot \sqrt{\frac{T*}{T}}$$

Área Basal		Densidade de estande	
T	V%*	T	V%*
100	57%	100	49%
150	46%	150	40%
200	40%	200	35%
250	36%	250	31%
300	33%	300	29%
<b>350</b>	<b>30%</b>	350	26%
400	28%	400	25%
450	27%	450	23%
500	25%	500	22%
550	24%	550	21%
600	23%	600	20%
650	22%	650	19%
700	21%	700	19%
750	21%	750	18%
800	20%	800	18%
850	19%	850	17%
900	19%	900	16%
950	18%	950	16%
1000	18%	1000	16%

### Área Basal



### Densidade de Estande

