

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESALQ-USP**

Departamento de Ciências Florestais  
LCF510 – Inventário Florestal

**Docente:** João Luís Ferreira Batista

**Discente:** [Marcus Vinicius Stenico da Silva 10822131](#)

**2º Avaliação**

**1)**

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	6.9827	B	17.5343
A	6.8334	B	16.2176
A	10.1892	B	17.2635
A	9.6397	B	17.3733
A	9.0825	B	14.4514
A	8.7951		
A	7.5099		
A	9.2231		

**QUESTÃO 1.** Analise os dados ignorando a informação de estrato tomando o método de amostragem como amostragem aleatória simples em toda a floresta. Considere 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%.
- B) O tamanho da amostra necessário para um erro amostral de 5%.

**R:**

**a)** O volume comercial médio da floresta é de **(Vol.comer.méd = 215,23m<sup>3</sup>/ha)** com intervalo de confiança de **(+/- 46,7359)** e coeficiente de variação de **(36,5472)**.

**b)** Tamanho da amostra necessário com erro amostral de 5% é de **(n = 146)**.

Segue abaixo a planilha para eventual consulta.

	n Parcelas (540m <sup>2</sup> )	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	Volume comercial por parcela (m <sup>3</sup> /ha)	(xi - μ) <sup>2</sup>	(xi - μ) <sup>2</sup> parcela (m <sup>3</sup> /ha)
A1		6,9827	129,3093	21,5300	7383,412
A2		6,8334	126,5444	22,9378	7866,199
A3		10,1892	188,6889	2,0551	704,7512
A4		9,6397	178,5130	3,9325	1348,584
A5		9,0825	168,1944	6,4529	2212,912
A6		8,7951	162,8722	7,9956	2741,969
A7		7,5099	139,0722	16,9155	5800,927
A8		9,2231	170,7981	5,7583	1974,726
B9		17,5343	324,7093	34,9465	11984,39
B10		16,2176	300,3259	21,1127	7240,289
B11		17,2635	319,6944	31,8181	10911,56
B12		17,3733	321,7278	33,0689	11340,49
B13		14,4514	267,6185	8,0013	2743,924
<b>Somatória =</b>	<b>13</b>	<b>151,0957</b>	<b>2.798,0685</b>	<b>216,5250</b>	<b>74254,13</b>
<b>Desvio padrão =</b>		<b>4,2478</b>	<b>78,6629</b>		
<b>Média populacional (μ) =</b>		<b>11,6227</b>	<b>215,2360</b>		
<b>Variância populacional (α<sup>2</sup>) =</b>		<b>18,0438</b>	<b>6.187,8440</b>		
<b>Fração Amostrada =</b>		<b>0,0014</b>	<b>*Sem corr. Finita</b>		
<b>Variância da média (V(μ)) =</b>		<b>1,3526</b>	<b>463,8550</b>	<b>m<sup>3</sup>/Hectare</b>	
		<b>2,5237</b>	<b>46,7359</b>	<b>t = 2,17</b>	
<b>Intervalo de confiança da média (95%) t[0,05;n-1]</b>		11,6227 +/- 2,5237	215,2360+/- 46,7359		
<b>Coefficiente de variação (V) =</b>		<b>36,5472</b>	<b>36,5472</b>		
<b>1° interação Erro amostral aceitável (5%) (13-1)</b>		3207738,92	<b>t = 2,17</b>		
		19.039,6842			
<b>n*</b>		<b>168,4765</b>	<b>168</b>		
<b>2° interação Erro amostral aceitável (5%) (168-1)</b>		2616927,48	<b>t = 1,96</b>		
		17881,2304			
<b>n*</b>		<b>146,3505</b>	<b>146</b>		
<b>3° interação Erro amostral aceitável (5%) (146-1)</b>		2616927,48	<b>t = 1,96</b>		
		17881,2304			
<b>n*</b>		<b>146,3505</b>	<b>146</b>		
<b>4° interação Erro amostral aceitável (5%) (∞)</b>		2616927,48	<b>t = 1,96</b>		
		17881,2304			
<b>n*</b>		<b>146,3505</b>	<b>146</b>		

Para um erro amostral aceitável de (5%) meu tamanho amostral deve ser de => **n\* = 146**  
 Já o tamanho amostral realizado foi de => **n = 13**

2)

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  $m^3/ha$ , com seu respectivo intervalo de confiança de 95%.
- B) O tamanho da amostra necessário para um erro amostral de 5%, realizando alocação proporcional das parcelas nos estratos.

R:

a) Estrato A

	n Parcelas	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	Volume comercial por parcela (m <sup>3</sup> /ha)
A      321 Hect	1	6,9827	129,3093
	2	6,8334	126,5444
	3	10,1892	188,6889
	4	9,6397	178,5130
	5	9,0825	168,1944
	6	8,7951	162,8722
	7	7,5099	139,0722
	8	9,2231	170,7981

Área total = 321 ha

N = 5944 m<sup>2</sup>

n = 8

$\mu = 157,9991 m^3/ha$

$\sigma^2 = 546,41 m^3/ha$

$$\text{Volume Comercial} = \frac{546,4169}{8} * \left[ 1 - \frac{8}{546,4169} \right]$$

Volume Comercial = **67,30 (m<sup>3</sup>/ha)**

Intervalo de confiança de 95%:  $t_{[0,05;8-1]} = 2,365$

$$\text{Volume} = 157,99 \pm 2,365 \sqrt{67,30}$$

$$\text{Volume} = 157,99 \pm 19,401$$

$$\text{Volume} = \mathbf{157,99 \pm 19,40 m^3}$$

## Estrato B

	n Parcelas	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	Volume comercial por parcela (m <sup>3</sup> /ha)	
	9	17,5343	324,7093	
	10	16,2176	300,3259	
B	189 Hect	11	17,2635	319,6944
		12	17,3733	321,7278
		13	14,4514	267,6185

Área total = 189 ha

N = 3500 m<sup>2</sup>

n = 5

$\mu = 306,8152$  m<sup>3</sup>/ha

$\sigma^2 = 571,7369$  m<sup>3</sup>/ha

$$\text{Volume Comercial} = \frac{571,7369}{5} * \left[ 1 - \frac{5}{571,7369} \right]$$

Volume Comercial = **113,3474 (m<sup>3</sup>/ha)**

Intervalo de confiança de 95%:  $t_{[0,05;5-1]} = 2,776$

$$\text{Volume} = 306,81 \pm 2,776 \sqrt{113,3474}$$

$$\text{Volume} = 306,81 \pm 29,554$$

$$\text{Volume} = \mathbf{306,81 \pm 29,554 m^3}$$

**Resposta:** O intervalo de confiança de 95% do volume comercial médio é **157,99 ± 19,40m<sup>3</sup>** para os estratos A e para os estratos B é de **306,81 ± 29,55**.

**b)**

### Estrato A

Erro amostral aceitável = 5%

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \frac{\sigma}{\mu} * 100$$

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \frac{\sqrt{546,41}}{157,999} * 100$$

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \mathbf{15,13\%}$$

$$\text{Erro Amostral Relativo: } n^* = \frac{N(t \alpha; n-1 V\%)^2}{N E^2\% + (t \alpha; n-1 V\%)^2}$$

$$\text{Processo Iterativo - Erro Amostral Relativo: } n^* = \frac{5944 * (2,365 * (15,13365))^2}{5944 * 5^2 + (2,365 * (15,13365))^2}$$

$$\text{Processo Iterativo - Erro Amostral Relativo: } n^* = 50$$

$$\text{Segunda Iteração - } t_{50-1} = 2,02$$

$$\text{Segunda Iteração - } n^* = 37$$

$$\text{Terceira Iteração - } t_{37-1} = 2,04$$

$$\text{Terceira Iteração - } \mathbf{n^* = 37}$$

### Estrato B

Erro amostral aceitável = 5%

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \frac{\sigma}{\mu} * 100$$

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \frac{\sqrt{571,7369}}{306,81} * 100$$

$$\text{Coeficiente de Variação Amostral: } V\% = \mathbf{7,79\%}$$

$$\text{Erro Amostral Relativo: } n^* = \frac{N(t \alpha; n-1 V\%)^2}{N E^2\% + (t \alpha; n-1 V\%)^2}$$

$$\text{Processo Iterativo - Erro Amostral Relativo: } n^* = \frac{3500 * (2,776 * (7,7932))^2}{3500 * 5^2 + (2,776 * (7,7932))^2}$$

$$\text{Processo Iterativo - Erro Amostral Relativo: } n^* = 18$$

$$\text{Segunda Iteração - } t_{18-1} = 2,11$$

$$\text{Segunda Iteração - } n^* = 10$$

$$\text{Terceira Iteração - } t_{10-1} = 2,26$$

$$\text{Terceira Iteração - } n^* = 12$$

$$\text{Quarta Iteração - } t_{12-1} = 2,20$$

$$\text{Quarta Iteração - } n^* = 11$$

$$\text{Quinta Iteração - } t_{11-1} = 2,22$$

$$\text{Quinta Iteração - } \mathbf{n^* = 11}$$

**Resposta:** O tamanho da amostra necessário para um erro amostral de 5% deve ser **37** amostras para estratos A e **11** amostras para estratos B.

3)

QUESTÃO 3. Calcule a seguinte razão:

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

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

**R:**

Var(Est) em (%)                      12,5 %

Var(A.Simp) em (%)                135,3 %

Var(Est) =	0,124695	x	100	=	9,218934 %
Var(A.Simp) =	1,352601				

O resultado apresentado é referente a falta de precisão em cada tipo de amostragem, as variâncias e as respectivas precisões são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a variância, menor se torna a precisão. Desta forma, pode-se obter ao interpretar estes resultados que a amostragem Aleatória Simples é cerca de 9,21% menos precisa que a Amostragem Estratificada, podendo então concluir que a amostragem Estratificada é mais precisa em seus cálculos.

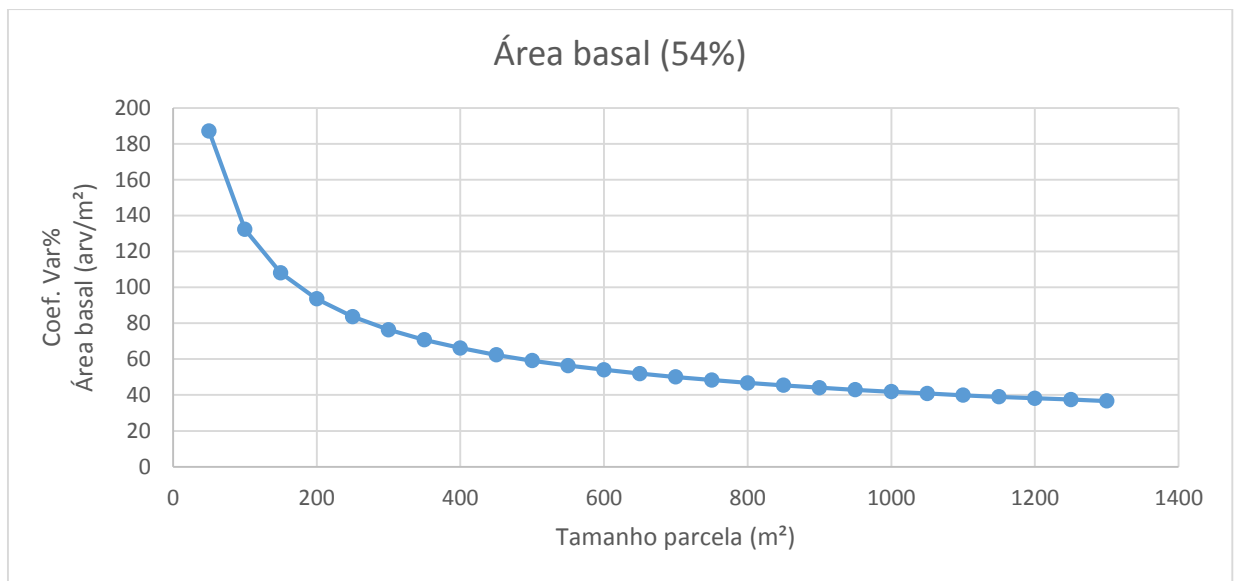
O que nos remete a pensar que para determinado levantamento ou execução de um inventário florestal, precisamos entender os objetivos do levantamento e delimitar a amostragem correta para cada abordagem. Dentro da diferença de precisão e variância vemos que para aumentar a precisão da amostragem é necessário obter um número de amostragem (n) suficientemente grande e representativo, para que assim a variação dentro dos valores obtidos vá se tornando cada vez menor, aumentando consequentemente o nível de confiança do levantamento e credibilidade dos dados obtidos.

4)

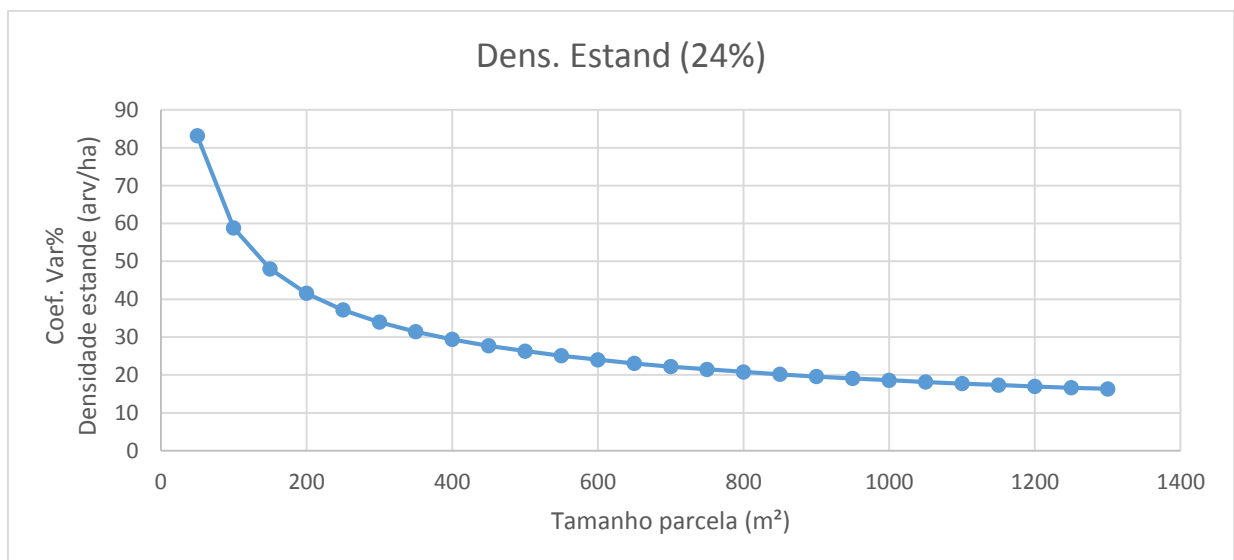
**QUESTÃO 4.** Levantamento piloto em florestal ombrófila com parcelas de  $600\text{ m}^2$ , apresentou coeficiente de variação de 54 % para a área basal e de 24 % para a densidade de estande (número de árvores por hectare). Utilizando o método gráfico de Freese, encontre o tamanho adequado de parcela para esses dois atributos.

**R:**

Para o gráfico representando o coeficiente de variação da área basal, o tamanho adequado da parcela ficou no intervalo entre **T.ideal = {400 a 500}**, ver o gráfico abaixo (método visual pelo gráfico de Freese).



Para o gráfico representando o coeficiente de variação da densidade de estande, o tamanho adequado da parcela ficou no intervalo entre **T.ideal = {450 a 550}**, ver o gráfico abaixo (método visual pelo gráfico de Freese).



Para consulta ver tabela abaixo:

	n Parcelas	Volume comercial (m <sup>3</sup> )	Volume comercial por parcela (m <sup>3</sup> /ha)	Tamanho da parcela	V%	Área basal (54%)	Dens. Estand (24%)
A	321 Hect	1	6,9827	129,3093	50	126,6034	83,1384
		2	6,8334	126,5444	100	89,5221	58,7878
		3	10,1892	188,6889	150	73,0945	48,0000
		4	9,6397	178,5130	200	63,3017	41,5692
		5	9,0825	168,1944	250	56,6188	37,1806
		6	8,7951	162,8722	300	51,6856	33,9411
		7	7,5099	139,0722	350	47,8516	31,4234
		8	9,2231	170,7981	400	44,7611	29,3939
B	189 Hect	9	17,5343	324,7093	450	42,2011	27,7128
		10	16,2176	300,3259	500	40,0355	26,2907
		11	17,2635	319,6944	550	38,1724	25,0672
		12	17,3733	321,7278	600	36,54725	24,0000
		13	14,4514	267,6185	650	35,11346	23,0585
Média		<b>11,6227</b>	<b>215,2360</b>	700	33,8362	22,2197	
Desv.Pad Coef.		<b>4,2478</b>	<b>78,6629</b>	750	32,6889	21,4663	
Var%		<b>36,5472</b>	<b>36,5472484</b>	800	31,6508	20,7846	
Coef. Var% (AB)		<b>54,0000</b>		850	30,7058	20,164	
Coef. Var% (Dens.Est)		<b>24,0000</b>		900	29,8407	19,5959	
				950	29,0448	19,0733	
				1000	28,3094	18,5903	
				1050	27,6271	18,1423	
				1100	26,9919	17,7252	
				1150	26,3986	17,3356	
				1200	25,8428	16,9706	
				1250	25,3207	16,6277	
				1300	24,8290	16,3048	