

# **Inventário Florestal**

## **Medição e avaliação de variáveis da árvore**

**Licenciatura Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais  
2º ano, 2º semestre**

**Paula Soares  
Ano letivo 2021-22**

## Variáveis da árvore (Paula Soares)

25/2, 6ª feira, 14:30-**18:00** h (compensar a aula do dia 22)

4/3, 6ª feira, 14:30-**18:00** h (compensar a aula do dia 22)

8/3, 3ª feira, 11:00 – 13:30 h

11/3, 6ª feira, 14:30-17:00 h

15/3, 3ª feira, TESTE; 11:00-13:30

paulasoares@isa.ulisboa.pt

fevereiro		março		abril		maio		junho	
1		1	Carnaval	1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4	PS - fim: 18 h	4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	exames
7		7		7		7		7	
8		8	PS	8		8		8	
9		9		9		9		9	
10		10		10		10		10	
11		11	PS	11		11		11	
12		12		12		12		12	
13		13		13	férias	13		13	exames
14		14		14		14		14	
15		15	PS - Teste	15		15		15	
16		16		16		16		16	
17		17		17	Páscoa	17		17	
18		18		18	férias	18		18	
19		19		19		19		19	
20		20		20		20		20	exames
21		21		21		21		21	
22	PS - não há	22		22		22		22	
23		23		23		23		23	
24		24		24		24		24	
25	PS - fim: 18 h	25		25	feriado	25		25	
26		26		26		26		26	
27		27		27		27		27	exames
28	férias	28		28		28	Fim aulas	28	
		29		29		29		29	
		30		30		30		30	
		31				31			

# Variável dendrométrica

**Qualquer variável dendrométrica pode ser obtida:**

**Medição direta – ex. diâmetro medido a 1.30 m de altura**

**Medição indireta – ex. altura (obtida com o hipsómetro)**

**Estimação – ex. volume (obtido com uma equação de volume total)**

# Copa da árvore

**As variáveis da copa muitas vezes não são registadas nos inventários florestais por serem de difícil medição.**

**As variáveis da copa mais importantes são:**

- ✓ **Altura da base da copa**
- ✓ **Raios ou diâmetros da copa**
- ✓ **Área da copa**
- ✓ **Área foliar**

**COMO?**



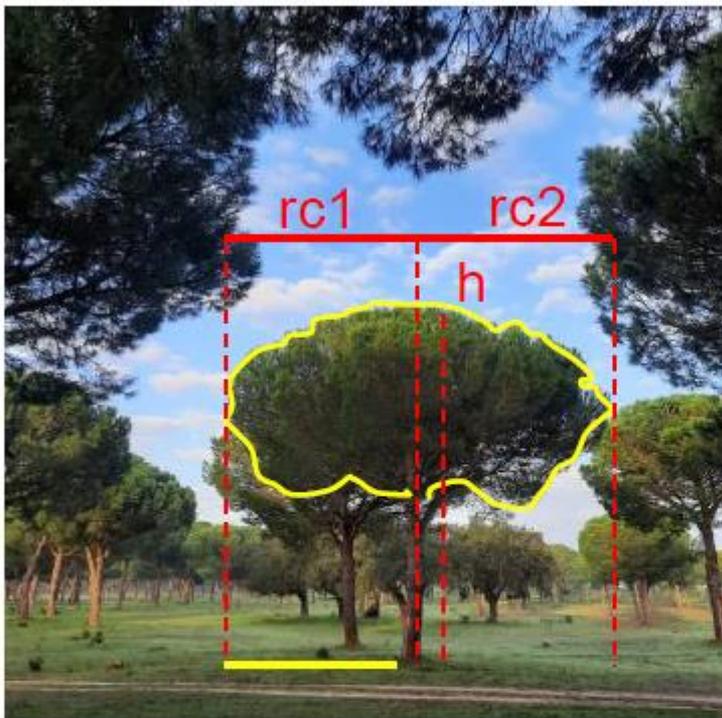


# Altura da base da copa, profundidade da copa e proporção de copa

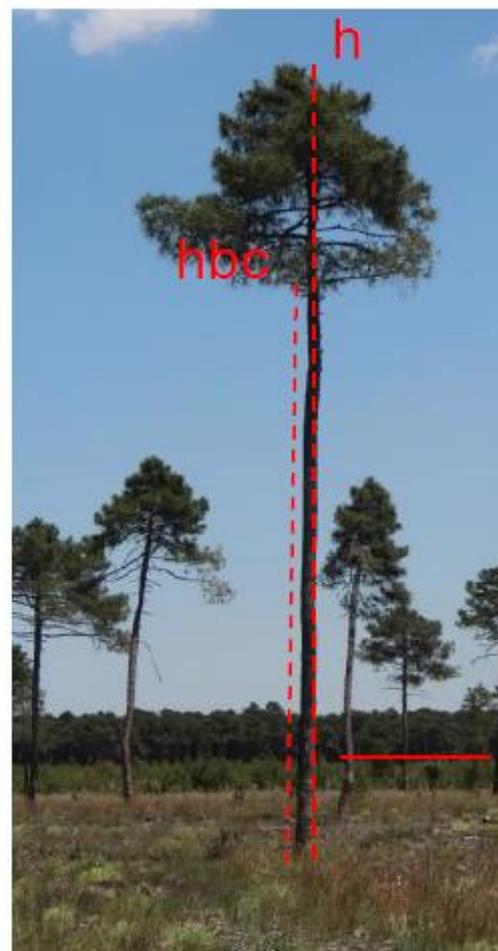
## Métodos para avaliar a altura da base da copa

A medição direta e indireta da altura da base da copa faz-se com os aparelhos já descritos para a altura total: vara telescópica e hipsómetros

## O que se mede na árvore?



Diâmetros  
Perímetro  $\text{Área circ} = 3.14/4 \times \text{dcopa}^2$   
Alturas (total, base da copa, bifurcação....)  
Raios de copa  
Contorno da copa (área de projeção)



$h =$   
1.30 m

# Altura da base da copa, profundidade da copa e proporção de copa

## Métodos para avaliar a altura da base da copa

### Estimação:

- da altura da base da copa
- da proporção de copa

$$pc = \frac{1}{1 + e^{-\left(-5.76111 + 12.33413 \frac{1}{t} - 0.27179 \frac{N}{1000} - 0.17543 \text{ hdom} + 0.20559 d\right)}}$$

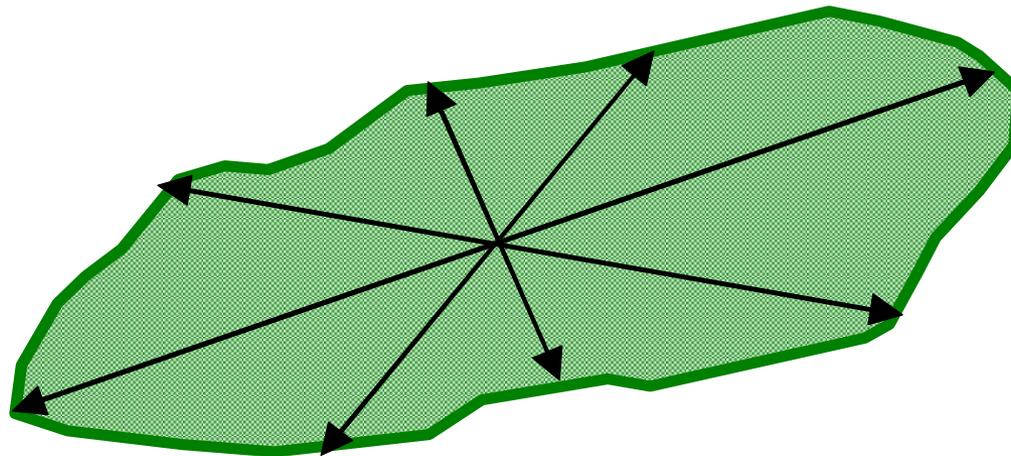
# Raios da copa e área da copa

A copa das árvores pode ser de contorno bastante irregular



há que medir os raios em mais do que uma direção

4 raios, segundo os pontos cardeais ou, no caso de copas bastante irregulares, 8 raios, segundo os pontos cardeais e colaterais



# Raios da copa e área da copa

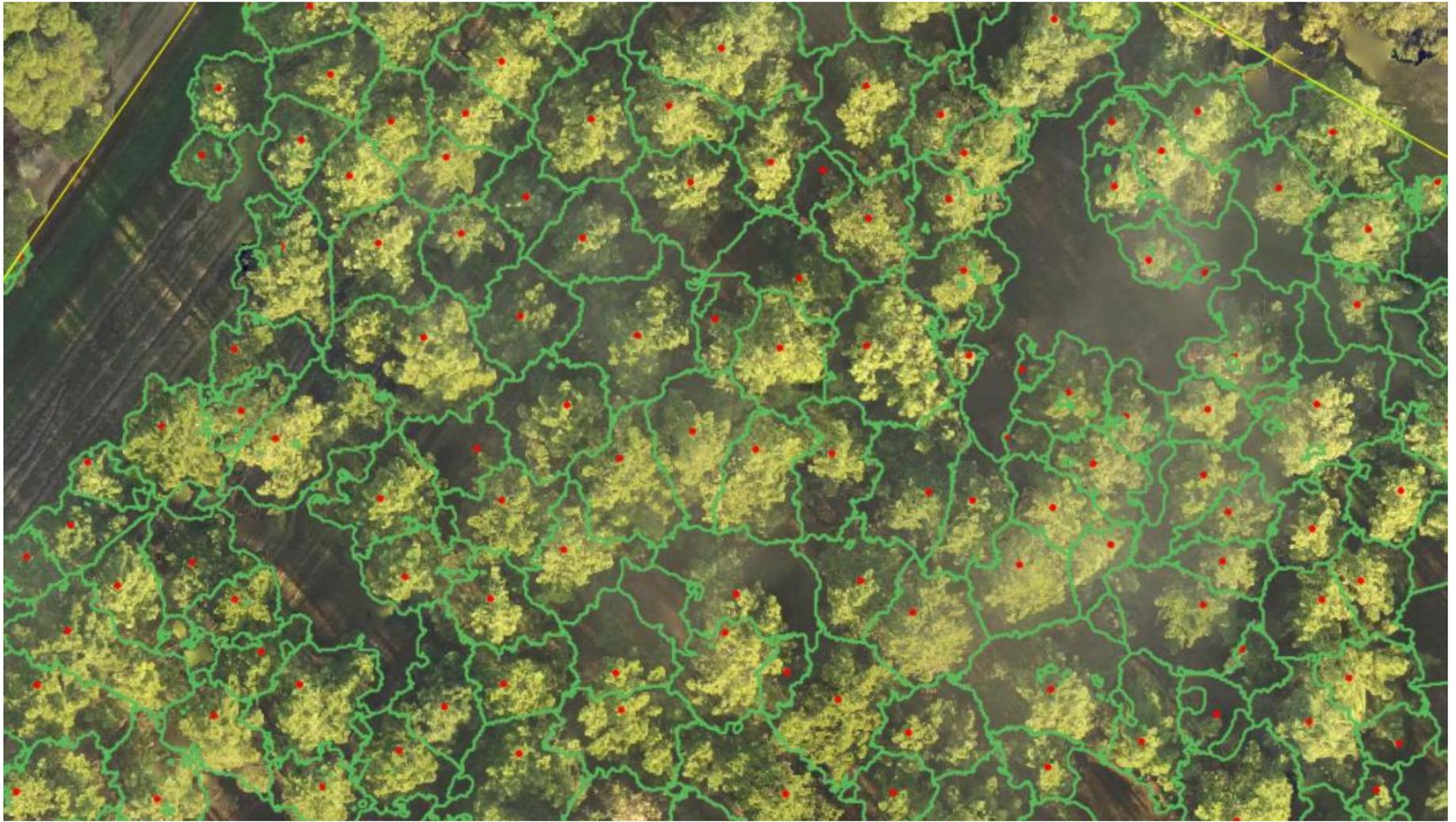
**No caso das árvores bastante tortas, nas quais a copa se encontra de tal modo deslocada que não “cobre” o diâmetro a 1.30 m de altura, há que encontrar um centro “fictício” localizado aproximadamente no centro da copa, na direção que une o centro da árvore (a 1.30 m) a um dos pontos cardeais**

**Mede-se a distância entre o verdadeiro centro e o centro fictício, toma-se nota da direção segundo a qual se procedeu ao deslocamento do centro da copa e medem-se os raios a partir do centro “fictício”**







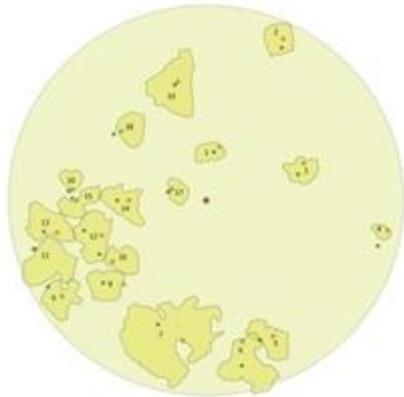


Carta de copas – povoamento de pinheiro-bravo

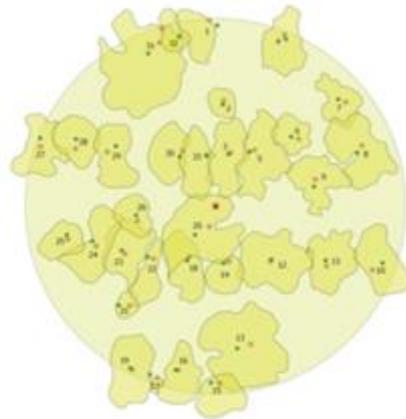


Carta de copas – povoamento de pinheiro-manso

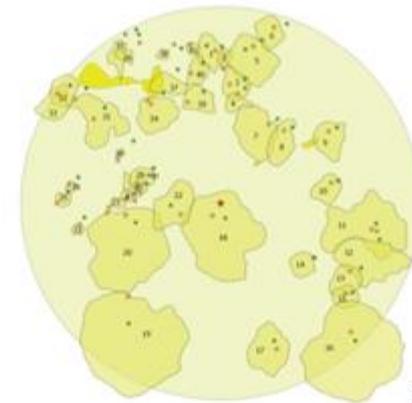
## Resultados – número de árvores



n=19

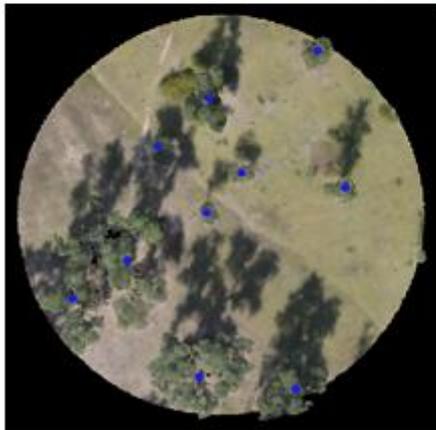


n=33



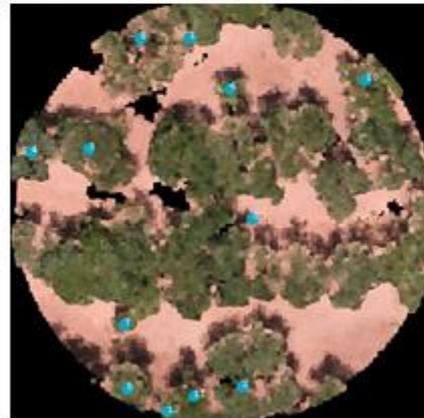
n=40

Ortomosaico e contagem de árvores a partir do processamento de fotografia aérea



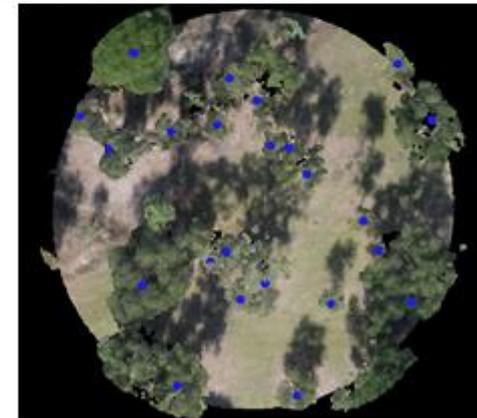
n=10

Parcela de montado esparso;  $n$ , número de árvores da parcela



n=12

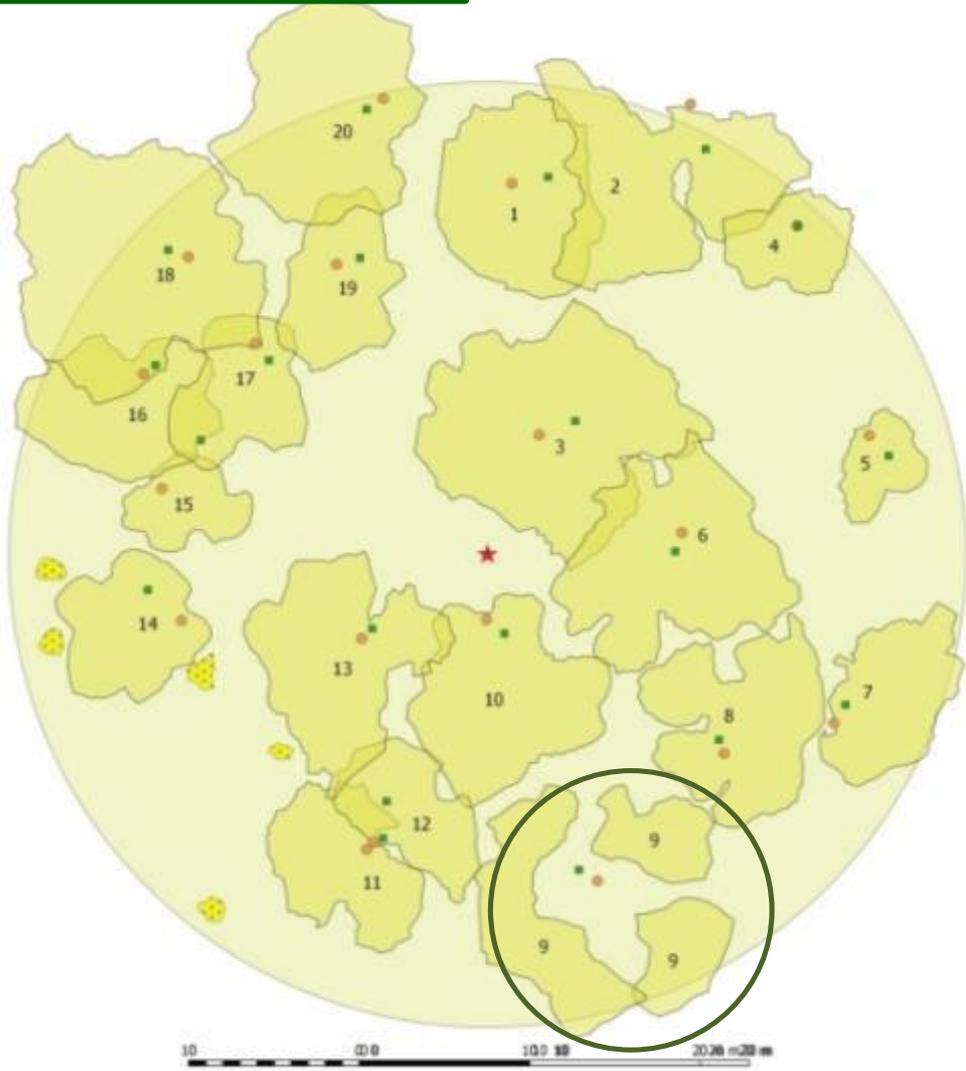
Parcela de montado plantado;  $n$ , nº de árvores da parcela



n=23

Parcela de montado denso;  $n$ , número de árvores da parcela

# Resultados – número de árvores



# Raios da copa e área da copa

A partir dos raios da copa ( $r_i$ ), podem-se calcular diversas variáveis:

**Diâmetro da copa (2 x raio médio):**

$$d_{\text{copa}} = 2 \frac{\sum_{i=1}^{n_r} r_i}{n_r}$$

( $n_r$  é o número de raios medidos)

**Área da copa:**

$$a_{\text{copa}} = \frac{\pi d_{\text{copa}}^2}{4}$$

# Raios da copa e área da copa

## Avaliação por estimação

- diâmetro ou área da copa, variáveis dependentes
- diâmetro e variáveis do povoamento relacionadas com a densidade (ex. G, N), variáveis independentes mais utilizadas

Ex.:

Povoamentos jovens de sobreiro:

$$d_{\text{copa}} = 17.317 \left( 1 - e^{-\left( 0.01678 \text{ dcc} - 0.09756 \frac{\text{dcc}}{\text{dcc}_g} + 0.03023 \frac{N}{1000} \right)} \right)$$

Povoamentos adultos de sobreiro:

$$d_{\text{copa}} = 29.927 \left( 1 - e^{-\left( 0.006444 \text{ dsc} + 0.062943 \frac{\text{dsc}}{\text{dsc}_g} \right)} \right)$$



# Área foliar

**A área foliar da árvore é a soma das áreas de cada folha; é uma medida da superfície fotossintetizadora**

**É uma variável considerada importante, mas a sua avaliação é difícil**

**Pode-se avaliar:**

**Indiretamente - por pesagem**

**indiretamente - pela medição da luz interceptada**

**estimando-se**

# Área foliar

## avaliação indireta por pesagem

**A avaliação indireta desta variável implica o abate da árvore:**

- após o abate da árvore separam-se todas as folhas dos respectivos ramos e raminhos**
- pesa-se, no campo, a totalidade das folhas da árvore, obtendo-se o peso verde das folhas**
- retira-se uma amostra de folhas que seja representativa da totalidade das folhas da árvore**



# Área foliar

## avaliação indireta por pesagem

- obtém-se o peso fresco da amostra de folhas ( $wl_{amostra}$ ), no campo ou em laboratório
- no laboratório, separam-se os limbos dos pecíolos e procede-se à medição das áreas dos limbos das folhas da amostra com aparelho próprio para a medição de áreas foliares ou após digitalização das folhas no scanner, obtendo-se assim a área foliar das folhas da amostra ( $la_{amostra}$ )

# Área foliar

## avaliação indireta por pesagem

- a área foliar da árvore é então obtida por:

$$\frac{W_{vf\_amostra}}{W_{vf}} = \frac{la\_amostra}{la}$$

$$la = w_{vf} \frac{la\_amostra}{W_{vf\_amostra}}$$

# Área foliar avaliação indireta por pesagem

**Se a árvore for grande, esta sequência de operações deve ser realizada separadamente para cada um dos 3 terços da árvore: superior, médio e inferior**

**A área foliar da árvore será obtida por soma das áreas foliares de cada terço da copa**

# Área foliar estimação

estimação da área foliar (*la* – *leaf area*) de eucaliptos em 1ª e 2ª rotação:

$$la = (2189.527 + 99.037 G) d^2 h_{bc}^{(0.0494 - 0.0300 G)}$$

Ex.,

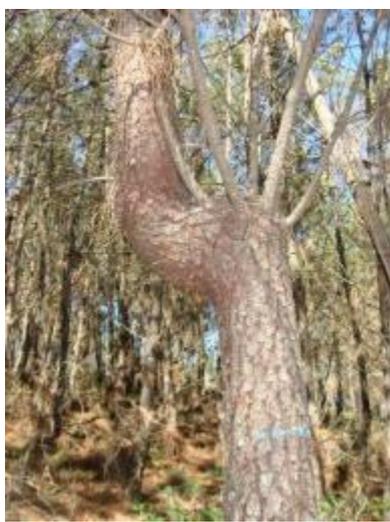
eucalipto,  $d=25$  cm,  $h_{bc}=14.5$  m,  $G=24.5$  m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>

estimativa da área foliar: 43.7 m<sup>2</sup>

# Forma

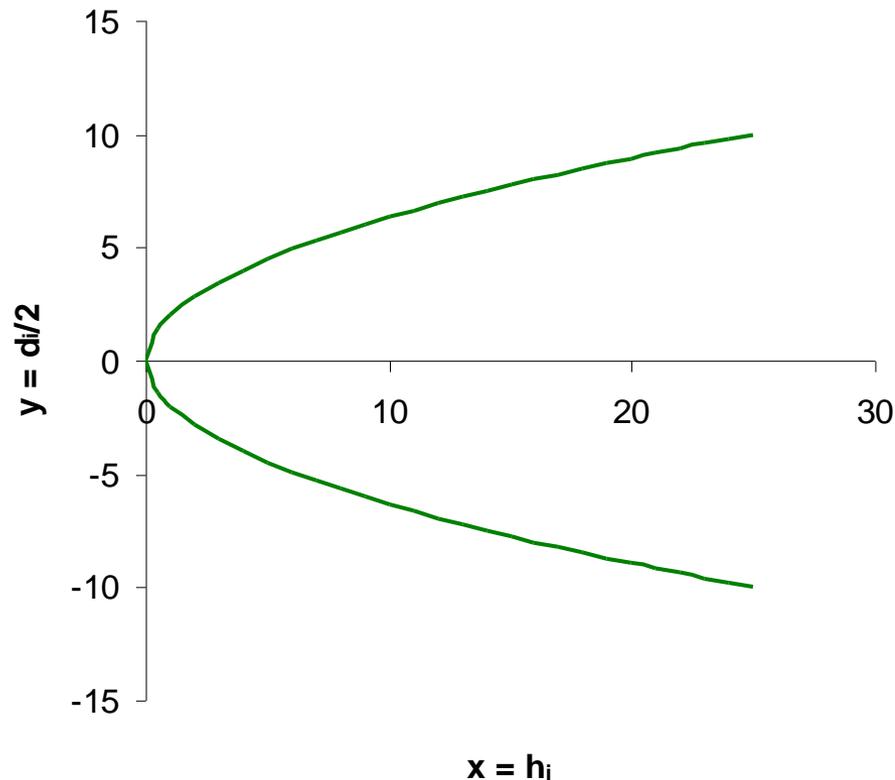
**A forma dos troncos das árvores varia com:**

- **espécie**
- **dentro da mesma espécie, de árvore para árvore**
- **com a idade da árvore**
- **em função das características da estação**
- **em função das tratamentos silvícolas**
- **em função da densidade dos povoamentos**



# Forma

## Equação da parábola ordinária



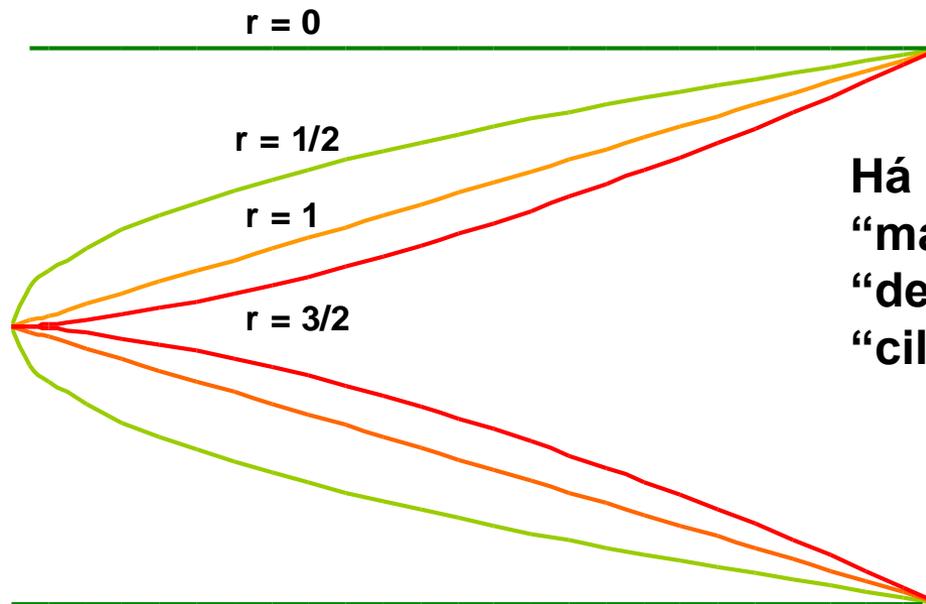
Muitas árvores apresentam perfis longitudinais que se ajustam à curva parabólica

$$y = \pm b x^{1/2}$$

com b real

# Forma

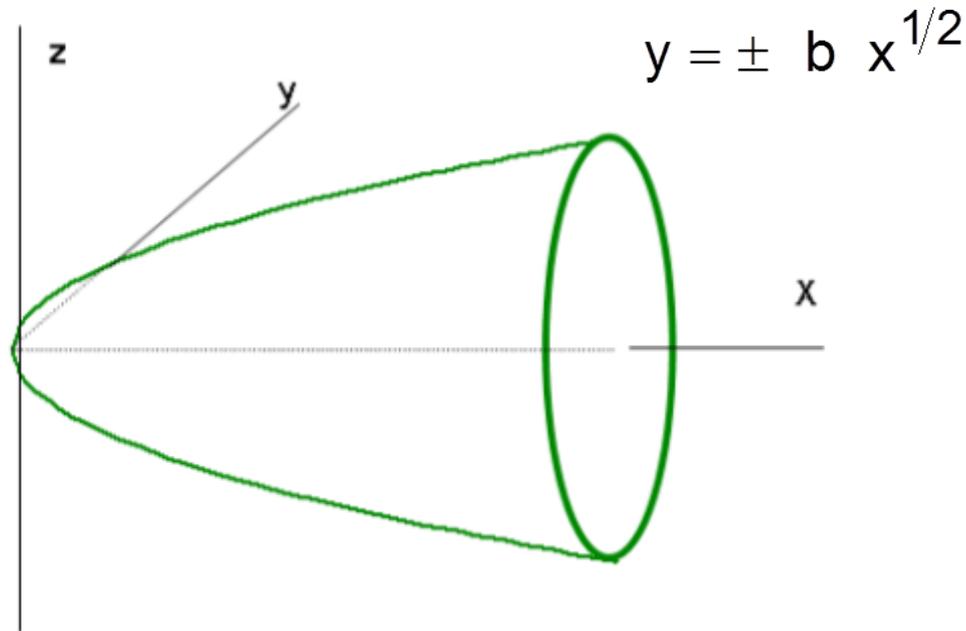
Família das parábolas generalizadas  $y = \pm b x^r$



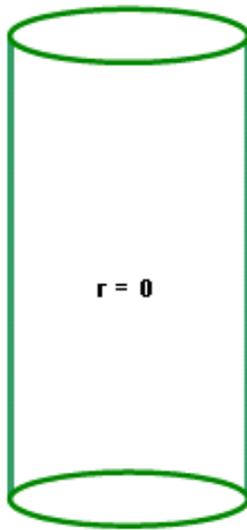
Há árvores com perfis  
“mais cheios”, mais  
“delgados”, mais  
“cilíndricos”

# Forma

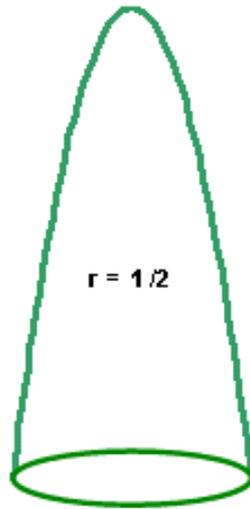
**Parabolóide de revolução (gerado pela rotação de um ramo de uma parábola)**



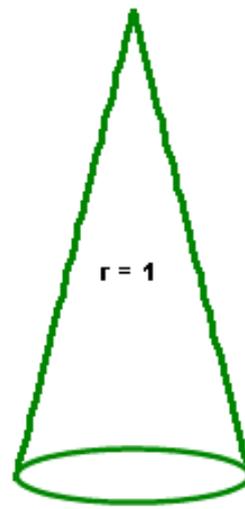
# Forma – parabolóides de revolução



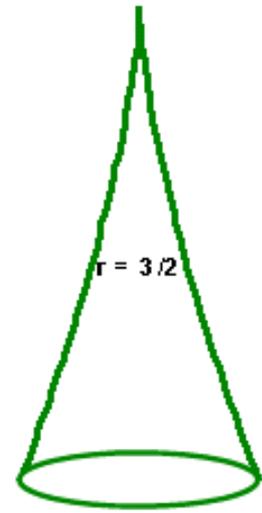
cilindro



parabolóide  
ordinário



cone



neilóide

# Forma – coeficientes de forma

## Coeficiente de forma

razão entre o volume da árvore e o volume de um cilindro padrão com a mesma altura do que a árvore e com um diâmetro selecionado para referência

Qualquer que seja o diâmetro de referência, quanto  for o coeficiente de forma mais cilíndrica é a árvore

# Forma – coeficientes de forma

Em função do diâmetro de referência utilizado tem-se:

**Coeficiente de forma absoluto ( $f_0$ )**

**diâmetro referência: diâmetro da base da árvore**

**Coeficiente de forma ordinário ( $f$ )**

**diâmetro referência: diâmetro a 1.30 m**

**Coeficiente de forma verdadeiro ( $f_{0.10}$ )**

**diâmetro referência: diâmetro a 10% da altura árvore**

**Só o  $f_0$  e o  $f_{0.10}$  caracterizam realmente a forma da árvore, mas o  $f$  é o mais utilizado**

# Forma – coeficientes de forma

2 troncos com a mesma forma, mas tamanhos diferentes, não têm o mesmo valor de  $f_{\text{ordinário}}$ . O uso de  $d$  como diâmetro de referência não conduz a um mesmo valor do  $f$ , embora as duas árvores tenham exatamente a mesma forma.

## ÁRVORE MENOR

$$h = 10 \text{ m}$$

$$\text{dap} = 15 \text{ cm}$$

$$V_{\text{árvore}} = 0.0811 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cilindro padrão}} = 0.177 \text{ m}^3$$

$$f = 0.459$$

## ÁRVORE MAIOR

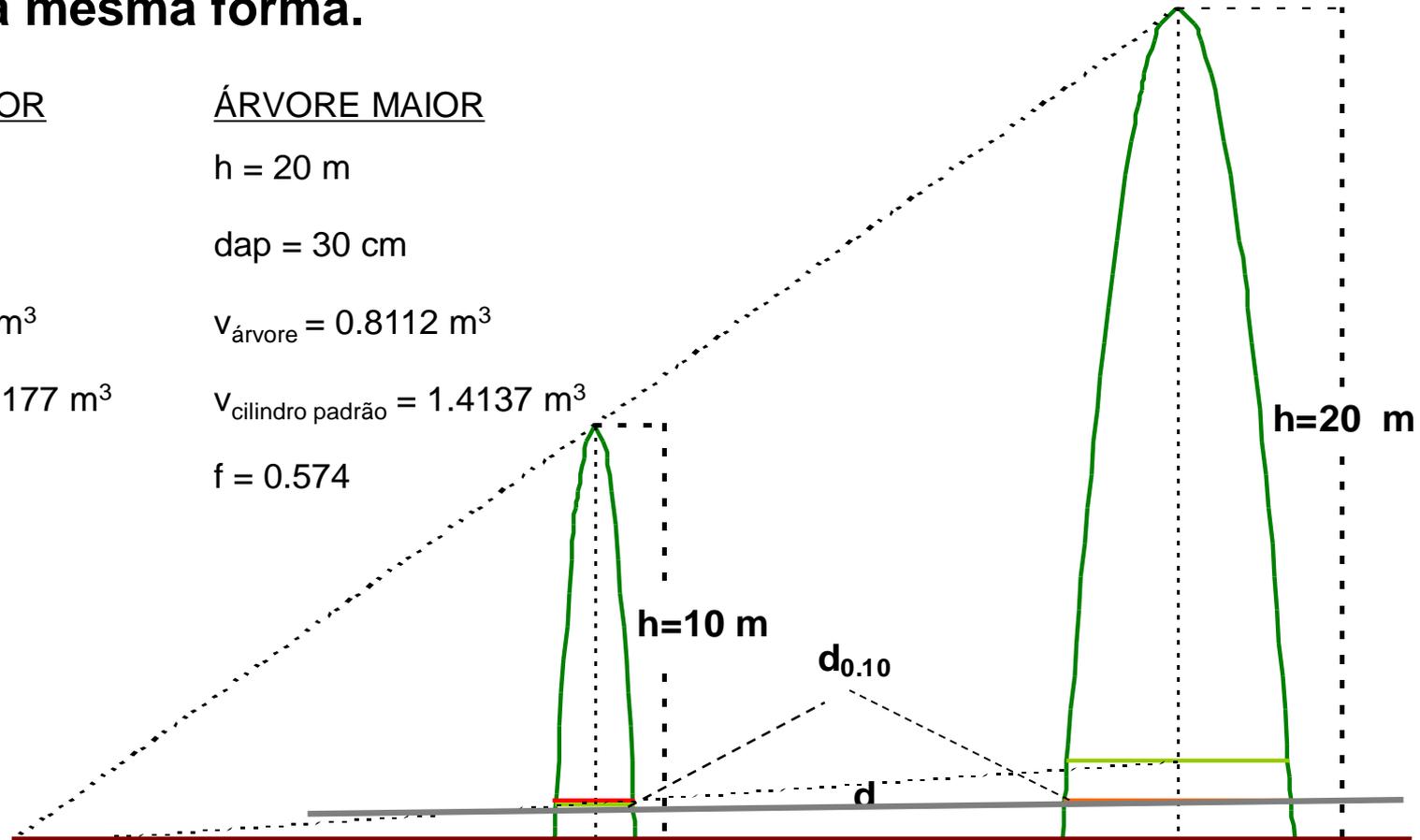
$$h = 20 \text{ m}$$

$$\text{dap} = 30 \text{ cm}$$

$$V_{\text{árvore}} = 0.8112 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cilindro padrão}} = 1.4137 \text{ m}^3$$

$$f = 0.574$$



# Forma – quocientes de forma

## Quociente de forma

Razão entre um diâmetro selecionado para referência, diâmetro este a uma altura superior a 1.30 m, e o diâmetro a 1.30 m

$$qf_{0.50} = \frac{d_{0.50}}{d}$$

**Quociente de forma dos 50%**

$d_{0.50}$  – meia distância entre o 1.30 m e o topo da árvore

$$qf_{\text{Girard}} = \frac{d_{5.30}}{d}$$

**Quociente de forma de Girard**

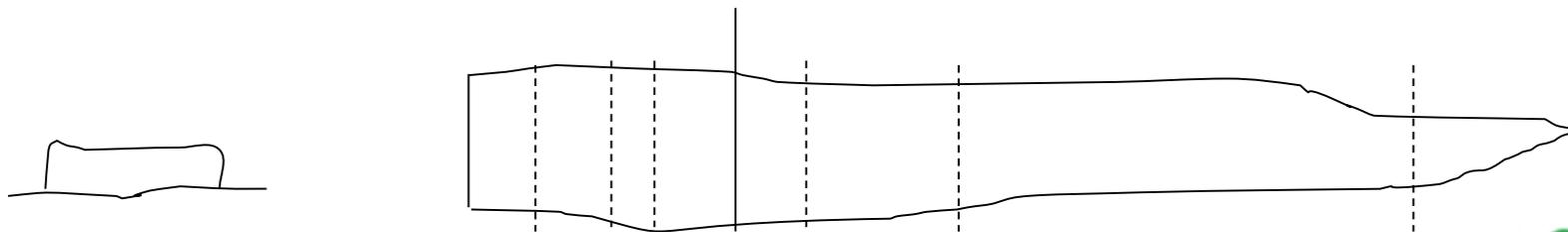
$d_{5.30}$  – diâmetro a 5.30 m de altura da árvore

# Forma – perfil do tronco

## Perfil do tronco

É a linha limite do perfil da árvore definido pelas medições “emparelhadas” de diâmetros e alturas

$h_i$ (m)	0.1	0.5	1.0	1.3	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0	12.9
$d_i$ (cm)	9.10	8.00	7.45	7.20	5.50	5.15	4.05	3.40	2.40	0.00



Propriedade: Furadouro - Alto do Vilão

Compasso 3.00 x2.00

Data do abate 31-03-93

Árvore nº 187

Alturas (m)		
Total		do cepo
em pé	no chão	<b>0.1</b>
<b>12.25</b>	<b>12.90</b>	

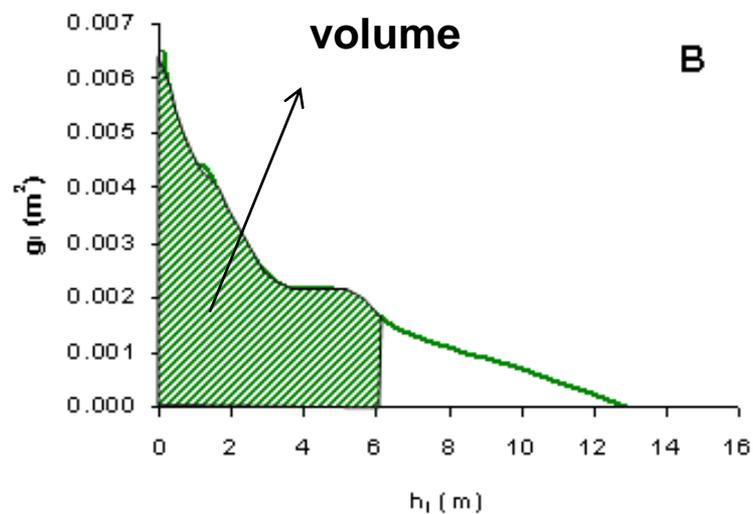
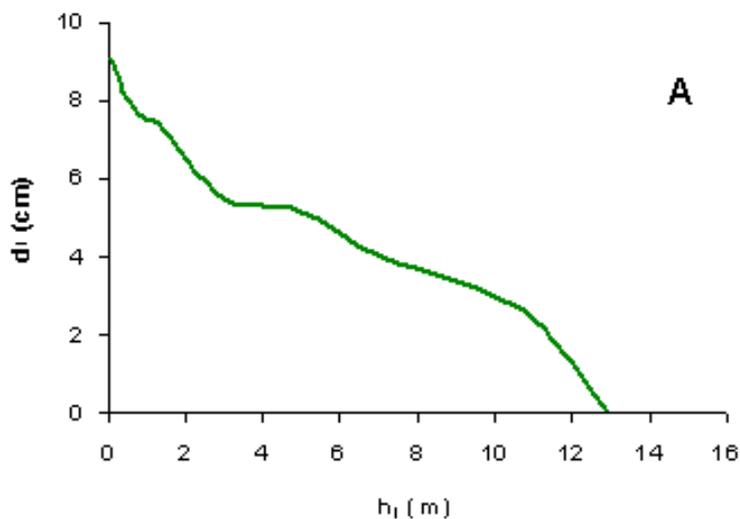
Diâmetros (mm)				
Local de medição	Diâmetro com casca		casca	
	1	2	1	2
Dap	<b>71</b>	<b>73</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Local corte	<b>89</b>	<b>93</b>	<b>9</b>	<b>8</b>
0.5	<b>78</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
1.0	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
3.0	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
5.0	<b>50</b>	<b>53</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
7.0	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
9.0	<b>29</b>	<b>39</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
11.0	<b>23</b>	<b>25</b>		
13.0				
15.0				
17.0				
19.0				
20.0				

$$dcc = dsc + 2 \times \text{esp casca}$$

$$dsc = dcc - 2 \times \text{esp casca}$$

# Forma – perfil do tronco

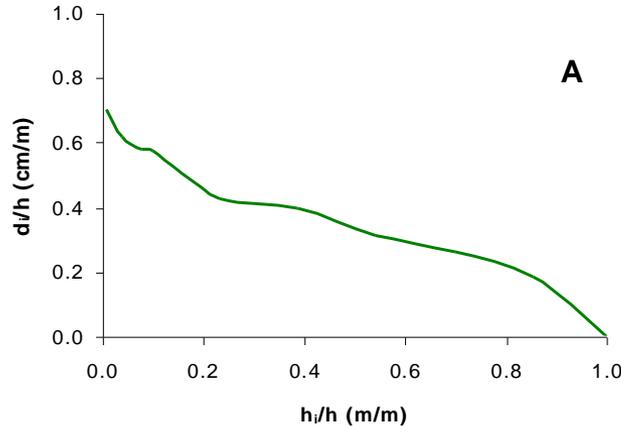
## Gráficos do perfil do tronco



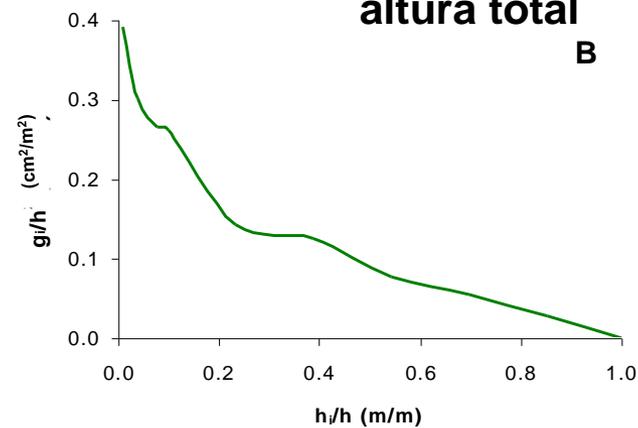
**g - área seccional**

Para comparar perfis de árvores com tamanhos diferentes há que converter os valores originais de diâmetros e alturas em unidades relativas:

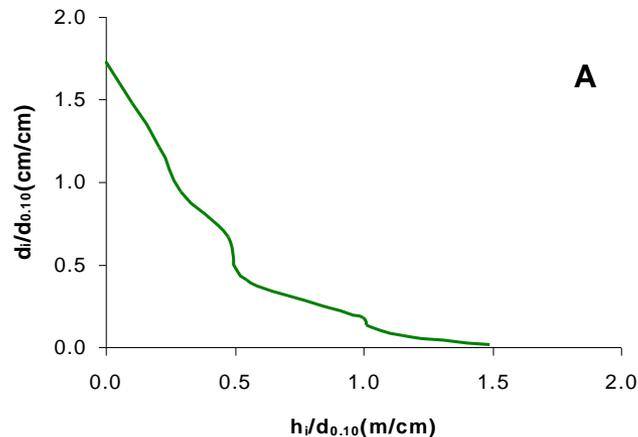
Dividir os  $d_i$  e  $h_i$  pela altura total



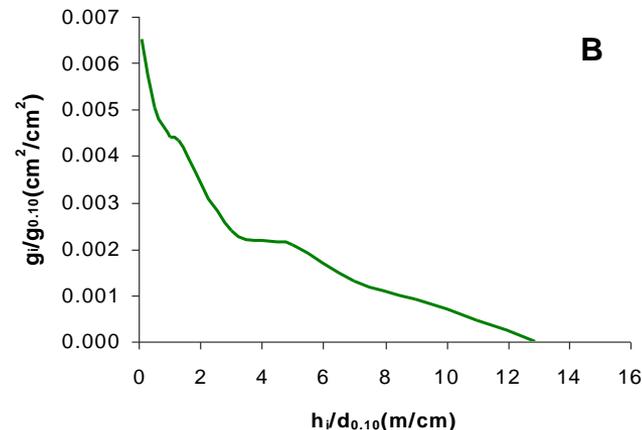
Dividir os  $g_i$  pelo quadrado da altura total e os  $h_i$  pela altura total



Dividir os  $d_i$  e  $h_i$  por um diâmetro medido a uma % da altura da árvore



Dividir os  $g_i$  pela área seccional de um diâmetro de referência e os  $h_i$  pelo diâmetro de referência



### **Exercício 3.2.1-1, página 6:**

**Faça o gráfico do perfil do tronco de alguns dos eucaliptos cujas medições se encontram na figura 4 (parcelas com diferentes compassos). Realize dois tipos de gráficos:**

- a) Utilizando para eixo dos xx a altura de despona e para eixo dos yy os correspondentes diâmetros de despona. Consegue dizer qual das árvores é a mais cónica e qual é a mais cilíndrica?**
- b) Selecione para os eixos dos xx e dos yy variáveis que lhe permitam comparar a forma das árvores. Qual das árvores é a mais cónica e qual a mais próxima do cilindro?**

## Medição de árvores abatidas

Propriedade: *Furadouro - Alto do Vilão*

Compasso *3.00 x 2.00 (bloco 1)*

Data do abate *31-03-93*

Árvore nº: *172*

Alturas (m)		
Total		do cepo
em pé	no chão	<i>0.04</i>
<i>26.50</i>	<i>28.30</i>	

Diâmetros (mm)				
Local de medição	Diâmetro com casca		Espessura da casca	
	1	2	1	2
d	<i>182</i>	<i>178</i>	<i>9</i>	<i>9</i>
Local corte	<i>229</i>	<i>211</i>	<i>15</i>	<i>13</i>
0.5	<i>199</i>	<i>189</i>	<i>12</i>	<i>12</i>
1.0	<i>187</i>	<i>177</i>	<i>11</i>	<i>10</i>
3.0	<i>170</i>	<i>163</i>	<i>8</i>	<i>8</i>
5.0	<i>162</i>	<i>151</i>	<i>8</i>	<i>7</i>
7.0	<i>145</i>	<i>140</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
9.0	<i>134</i>	<i>133</i>	<i>5</i>	<i>4</i>
11.0	<i>127</i>	<i>120</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
13.0	<i>118</i>	<i>108</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
15.0	<i>100</i>	<i>98</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
17.0	<i>103</i>	<i>96</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
19.0	<i>79</i>	<i>83</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
21.0	<i>76</i>	<i>83</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
23.0	<i>61</i>	<i>60</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
25.0	<i>39</i>	<i>38</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
27.0	<i>21</i>	<i>21</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
29.0				