

6-3-2018

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

### **Inventário Florestal**

**Licenciatura em Eng<sup>a</sup> Florestal e dos Recursos Naturais  
4<sup>o</sup> semestre**

**2017-2018**

## **Estimação de volume**

**Três tipos de equações de volume:**

**Equações de volume total (EVT)**

**Equações de volume percentual (EVP)**

**Até um diâmetro de despona (di)**

**Até uma altura de despona (hi)**

**Equações de perfil do tronco (EPT)**

## Equações de volume total (EVT)

São equações, ajustadas por regressão, que estimam o volume total (v) da árvore em função do diâmetro (d) e da altura total (h)

Existem equações que estimam volume total com casca e com cepo, com casca e sem cepo.....

Estas equações, por serem obtidas por técnicas estatísticas de regressão, têm de ser aplicadas com as variáveis nas unidades usadas no ajustamento. Frequentemente o d entra em cm, a altura em m e obtém-se o volume em m<sup>3</sup>.

Tabela 7a. Equações utilizadas na estimação do volume com casca e cepo

Modelos	IFN5 2005-06					
(1a) $v = \beta_0 \left(\frac{d}{100}\right)^{\beta_1} h^{\beta_2}$	(1b) $v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$					
(2) $v_{2.5} = \frac{\beta_0}{1000} (d^2 h)^{\beta_1}$						
(3) $v = \beta_0 d^2 h$						
(4a) $v_{u7.5} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$	(4b) $v_{7.5} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$					
Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo	1a	0,7520	2,0706	0,8031	-	Tomé et al., 2007d
Eucalipto	1a	0,2105	1,8191	1,0703	-	Tomé et al., 2007b
Sobreiro	4a	0,000460	2,0302	-	-	Paulo e Tomé, 2006
Azinhêira	4b	0,000452	1,9783	-	-	Paulo e Tomé, 2006
Carvalhos	2	0,08011	0,9220			Carvalho, 2000
Pinheiro manso	1b	0,000094	1,9693	0,6530		Tomé et al., 2007d
Castanheiro	3	0,00003299				Patrício, 2006
Acácia	3	0,00003299				Patrício, 2006
Outras folhosas	2	0,08011	0,9220			Carvalho, 2000
Outras resinosas	1a	0,7520	2,0706	0,8031	-	Tomé et al., 2007d
<small>d – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm); h – altura total da árvore (m); v – volume com casca e com cepo; v<sub>2.5</sub> - volume com casca e com cepo até um diâmetro de despona de 2,5 cm (Carvalhos e folhosas diversas); v<sub>7.5</sub> - volume com casca e com cepo até um diâmetro de despona de 7,5, incluindo braças (Azinhêira), v<sub>u7.5</sub> - volume sem casca e com cepo até um diâmetro de despona de 7,5, incluindo braças (Sobreiro).</small>						

## Equações de volume percentual (EVP)

São equações, ajustadas por regressão, que estimam a percentagem do volume (P) da árvore que se situa abaixo de um determinado diâmetro de despona (di) ou abaixo de uma determinada altura de despona (hi)

Ex.:

$$P_{di} = \frac{V_{di}}{V} = e^{-0.7084 \frac{d_i^{4.5317}}{d^{4.3164}}} \quad P_{hi} = \frac{V_{hi}}{V} = 1 + \left( -0.8950 \frac{(h-h_i)^{2.37798}}{h^{2.33908}} \right)$$

Permitem a repartição do volume por categorias de aproveitamento

Inventário Florestal, 6 de março de 2018



**Tabela 7b. Equações utilizadas na estimação dos volumes mercantis de pinheiro bravo e eucalipto (sem ceppo e sem casca)**

Modelos

IFN5 2005-06

$$(1a) v_{\_st} = \beta_0 \left( \frac{d}{100} \right)^{\beta_1} h^{\beta_2} \quad (1b) v_{u\_st} = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$$

$$(2) P_{vudi\_st} = \frac{v_{udi\_st}}{v_{u\_st}} = e^{-\beta_0 \frac{d_i^{\beta_1}}{d^{\beta_2}}}$$

$$(3) d_i = d \left[ -\beta_0 \left( \frac{h_i}{h} - 1 \right) + \beta_1 \left( \frac{h_i^2}{h^2} - 1 \right) \right]^{0.5}$$

Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo vu_st	(1b)	0,0000247	2,1119	0,9261		Falcão, 1994
Pinheiro bravo Pvud_st	(2)	1,41300	4,3488	4,3188	-	Falcão, 1994
Pinheiro bravo di	(3)	2,1823	0,8591			Falcão, 1994
Eucalipto vu_st	(1a)	0,1241	1,7829	1,1564		Tomé et al, 2007b
Eucalipto Pvudi_st	(2)	0,6022	4,7767	4,4125	-	Tomé et al, 2007b

d – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm); h – altura total da árvore (m); vu\_st – volume total sem casca e sem ceppo (m<sup>3</sup>); di – diâmetro (cm) medido à altura hi (m); vudi\_st – volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona di (m<sup>3</sup>); Pvudi\_st – proporção de volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona di.

## Equações de perfil do tronco (EPT)

São equações, ajustadas por regressão, que estimam diâmetros ao longo do tronco ( $d_i$ ) em função da altura a que se encontram ( $h_i$ ), do diâmetro a 1.30 m ( $d$ ) e da altura total ( $h$ )

Com uma EPT é possível calcular a área seccional em qualquer ponto do perfil da árvore; o integral entre 0 e  $h$  corresponde ao volume total da árvore.

A EPT também pode ser usada para estimar todos os diâmetros que seria necessário medir para proceder à cubagem rigorosa da árvore com base na fórmula de Smalian.

Inventário Florestal, 6 de março de 2018



**Tabela 7b. Equações utilizadas na estimação dos volumes mercantis de pinheiro bravo e eucalipto (sem ceppo e sem casca)**

Espécie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	Fonte
Pinheiro bravo vu_st	(1b)	0,0000247	2,1119	0,9261		Falcão, 1994
Pinheiro bravo Pvud_st	(2)	1,41300	4,3488	4,3188	-	Falcão, 1994
Pinheiro bravo di	(3)	2,1823	0,8591			Falcão, 1994
Eucalipto vu_st	(1a)	0,1241	1,7829	1,1564		Tomé et al, 2007b
Eucalipto Pvud_st	(2)	0,6022	4,7767	4,4125	-	Tomé et al, 2007b

  

$d$  – diâmetro da árvore medido a 1,30 m de altura (cm);  $h$  – altura total da árvore (m);  $vu\_st$  – volume total sem casca e sem ceppo ( $m^3$ );  $di$  – diâmetro (cm) medido à altura  $h_i$  (m);  $vudi\_st$  – volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$  ( $m^3$ );  $Pvudi\_st$  – proporção de volume sem casca e sem ceppo até ao diâmetro de despona  $d_i$ .

**IFN5 2005-06**

(1a)  $vu\_st = \beta_0 \left(\frac{d}{100}\right)^{\beta_1} h^{\beta_2}$       (1b)  $vu\_st = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$

(2)  $Pvudi\_st = \frac{vudi\_st}{vu\_st} = e^{-\beta_0 \frac{d_i^{\beta_1}}{d^{\beta_2}}}$

(3)  $d_i = d \left[ -\beta_0 \left(\frac{h_i}{h} - 1\right) + \beta_1 \left(\frac{h_i^2}{h^2} - 1\right) \right]^{0.5}$

**Exercício:**  
**3.2.4, página 27**

**3.9.5 Elaboração de uma tabela de volume**

Utilizando a equação de cubagem de árvores de pinheiro bravo de Azevedo Gomes (1952), construa uma tabela de volumes com um intervalo de 5 cm nos diâmetros e de 2 m nas alturas. Tenha em conta a "lógica" das dimensões da altura em relação ao diâmetro, representadas na tabela seguinte:

Diâmetro (cm) (valor central da classe)	Intervalo de alturas (m) (valores centrais da classe)
10	8-12
15	8-14
20	10-18
25	12-22
30	14-24
35	16-28
40	18-30
45	20-32
50	20-34
55	22-34
60	28-34
65	30-34
70	32-34

$$v=0,0052+0,00003374 d^2 h$$

Com: d (cm), h (m)

Inventário Florestal, 6 de março de 2018



**Exercício:**  
**3.2.5, página 27**

**Em relação às árvores utilizadas nos exercícios anteriores faça a avaliação indireta de:**

**a) volume total com uma EVT**

$$v = 0.00005126 d^{2.0507} h^{0.8428}$$

arv1: d=25,5 cm; h=12,9 m arv2: d=22,5 cm; h=10,9 m

**b) volume total com uma EPT**

$$d_i = d (-2.1823 (h_i/h-1)+0.8591 (h_i^2/h^2-1))^{0.5}$$

arv1: d=25,5 cm; h=12,9 m

**c) volume por categorias de aproveitamento (despontas a 5,18,25 cm) com uma EVP**

$$P_{di} = v_{di}/v = \exp(-0.7084 d_i^{4.5317}/d^{4.3164})$$

arv1: d=25,5 cm; h=12,9 m

Inventário Florestal, 6 de março de 2018



**Exercício:**  
**3.2.5, página 27**

**d) idem, com uma EPT**

**e) igual a c), mas considerando toros de madeira ( $d_i > 25$  cm) com comprimento  $> 2$  m**

**f) igual a c), mas considerando toros de madeira ( $d_i > 25$  cm) com comprimento = 2 m**