

1-3-2018

Medição e avaliação de variáveis da árvore

Inventário Florestal

**Licenciatura em Eng^a Florestal e dos Recursos Naturais
4^o semestre**

2017-2018

Volume de árvores

<http://www.katam.se/en/>

Cubagem de uma árvore

(1) Métodos diretos

abate da árvore e imersão em água com medição do volume de líquido deslocado

(2) Métodos indiretos

(2.1) Métodos de cubagem rigorosa

implicam a “toragem” da árvore e a cubagem de cada toro com as fórmulas de cubagem dos parabolóides mais adequadas a cada secção da árvore

- método por toros com base na fórmula de Smalian
- método de Hohenald

(2.2) Métodos expeditos

- método da altura formal

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



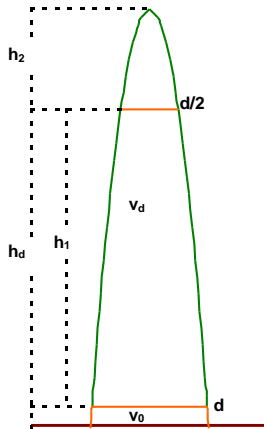
Cubagem expedita: fórmula de Pressler

o método da altura formal – para medição indireta do volume de árvores em pé - foi deduzido com base na fórmula de Pressler

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita: fórmula de Pressler



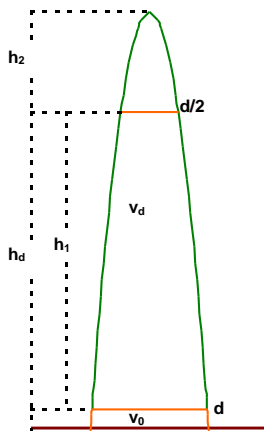
A fórmula de Pressler refere-se apenas ao volume da parte da árvore que se situa acima do d

Utiliza o conceito de altura directriz h_d – altura à qual o diâmetro da árvore é igual a metade do diâmetro à altura do peito

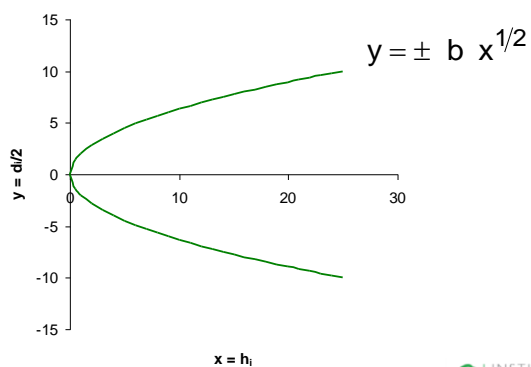
Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita: fórmula de Pressler



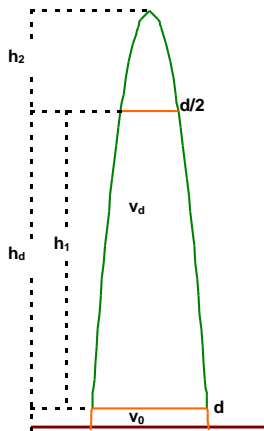
Pela fórmula geral das parábolas temos para o raio da árvore $d_i/2$ que se encontra à altura h_i :

$$\frac{d_i}{2} = \pm b h_i^r$$


Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita: fórmula de Pressler



Pela fórmula geral das parábolas temos para o raio da árvore $d_i/2$ que se encontra à altura h_i :

$$\frac{d_i}{2} = \pm b h_i^r$$

Em termos de diâmetro equivale a:

$$d_i = 2 b h_i^r$$

A razão entre o d e a metade de d é dada por:

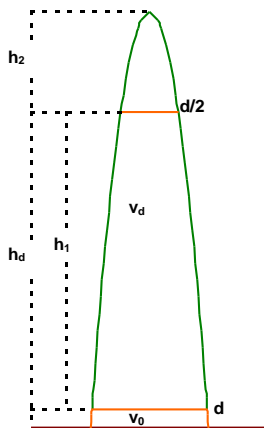
$$\frac{d}{d/2} = 2 = \frac{2 b (h_1 + h_2)^r}{2 b h_2^r}$$

$$2 = \frac{(h_1 + h_2)^r}{h_2^r} \rightarrow h_2 = \frac{h_1}{2^{1/r} - 1}$$

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita: fórmula de Pressler



Fórmula de cubagem dos parabolóides:

$$v_d = f_0 g h$$

$$= \frac{1}{2 r + 1} \frac{\pi d^2}{4} (h_1 + h_2)$$

$$= \frac{1}{2 r + 1} \frac{\pi d^2}{4} \left(h_1 + \frac{h_1}{2^{1/r} - 1} \right)$$

$$= \frac{1}{2 r + 1} \frac{\pi d^2}{4} h_1 \frac{2^{1/r}}{2^{1/r} - 1}$$

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



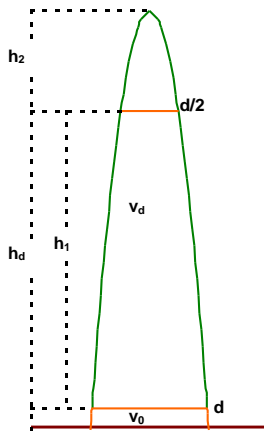
Cubagem expedita: fórmula de Pressler

A fórmula de Pressler deduz-se, para $r=1/2$:

$$v_d = \frac{1}{2} \frac{\pi d^2}{4} h_1 \frac{4}{3}$$

$$v_d = \frac{2}{3} \frac{\pi d^2}{4} h_1 = \frac{2}{3} g h_1$$

fórmula de Pressler



Inventário Florestal, 1 de março de 2018



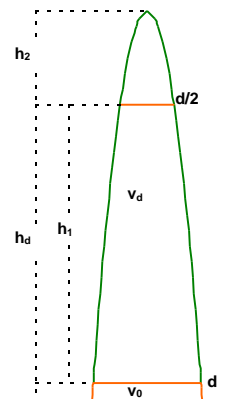
Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Acrescentando à fórmula de Pressler o volume do toro abaixo do d calculado como um cilindro, vem:

$$\begin{aligned} v &= v_d + v_0 \\ &= \frac{2}{3} \frac{\pi d^2}{4} h_1 + \frac{\pi d^2}{4} h_0 \\ &= \frac{2}{3} g \left(h_1 + \frac{3}{2} h_0 \right) \end{aligned}$$

Mas $h_1 = h_d - h_0$, pelo que:

$$v = \frac{2}{3} g \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right)$$



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Igualando a fórmula de cubagem dos parabolóides modificada:

$$v = g h f$$

$$g h f = \frac{2}{3} g \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right)$$

$$h f = \frac{2}{3} \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right)$$

o produto hf é a **altura formal**

A altura formal não corresponde a nenhum ponto da árvore; é uma noção “abstrata” que representa o produto da altura da árvore pelo coeficiente de forma ordinário

O cálculo do volume reduz-se então a calcular o produto da área basal da árvore pela altura formal

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da

Igualando a fórmula de cubagem

$$v = g h f$$

$$g h f = \frac{2}{3} g \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right)$$

$$h f = \frac{2}{3} \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right)$$

o produ

A altura formal não correspond
uma noção “abstrata” que rep
árvore pelo coeficiente de forma

O cálculo do volume reduz-se e
basal da árvore pela altura form

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

A altura formal não é nenhum ponto particular da árvore – é só o produto da altura total da árvore pelo coeficiente de forma

Existe um método expedito para determinar, no campo, a altura formal?

Sim, baseado no relascópio de espelhos de Bitterlich.

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

O relascópio de Bitterlich, com a sua escala, permite que o operador sobreponha um determinado número de bandas (por exemplo 1L+4e) ao d, procurando em seguida a que altura se encontra um diâmetro que possa ser sobreposto a um número de bandas que seja metade do anterior (por exemplo 1L)

Seja $L_{d/2}$ a leitura na escala das alturas para $d/2$ e L_{base} a leitura para a base, então a altura diretriz pode calcular-se como:

$$h_d = (L_{d/2} - L_{base})$$

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

A altura formal vem então igual a:

$$h_f = \frac{2}{3} \left[h_d + \frac{1.30}{2} \right] = \frac{2}{3} \left[(L_{2d} - L_{base}) + \frac{1.30}{2} \right]$$

Para ultrapassar o problema do operador estar a uma distância fixa da árvore – sendo difícil na mirada a 1.30 m encontrar um número par de bandas - trabalha-se de uma distância qualquer e fazem-se as leituras sempre na escala dos 25 m.

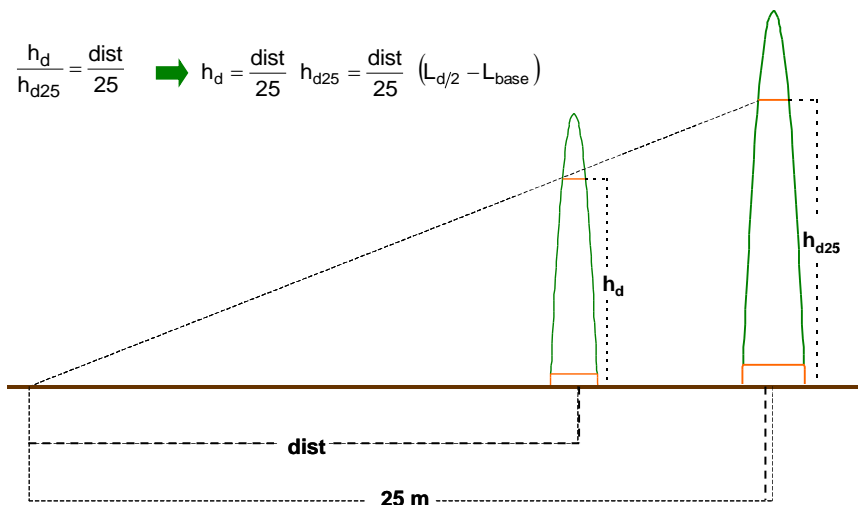
Aplica-se depois uma correção.

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



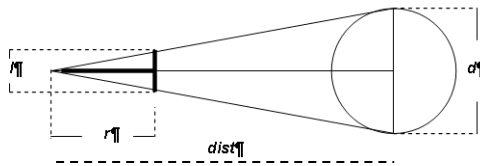
Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

$$\frac{h_d}{h_{d25}} = \frac{\text{dist}}{25} \quad \Rightarrow \quad h_d = \frac{\text{dist}}{25} \quad h_{d25} = \frac{\text{dist}}{25} (L_{d/2} - L_{base})$$



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Para aplicar o fator de correção há que saber a distância à árvore, a qual é calculada a partir da largura da combinação de bandas que se sobrepõe com o d:



$$\frac{r}{l} = \frac{\text{dist}}{d} \Rightarrow \text{dist} = d \frac{r}{l} = d k \Rightarrow h_d = \frac{k}{25} d \quad h_{d25}$$

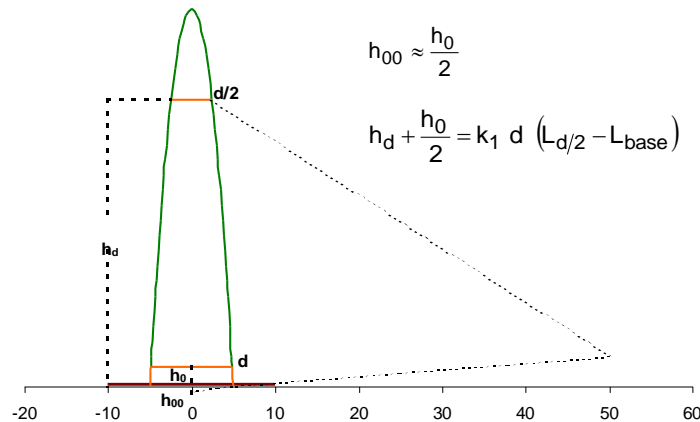
k_1

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Leituras realizadas com o relascópio:



$$h_{00} \approx \frac{h_0}{2}$$

$$h_d + \frac{h_0}{2} = k_1 d (L_{d/2} - L_{base})$$

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Pode então deduzir-se a expressão da altura formal:

$$hf = \frac{2}{3} \left(h_d + \frac{h_0}{2} \right) = \frac{2}{3} k_1 d (L_{d/2} - L_{base})$$

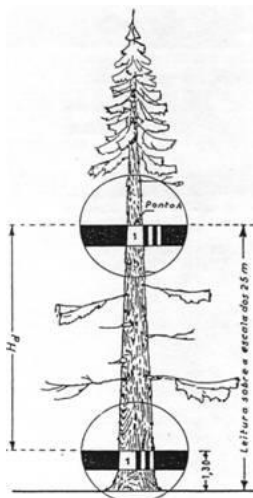
Fazendo

$$k_B = \frac{2}{3} k_1 \quad \rightarrow \quad hf = k_B d (L_{d/2} - L_{base})$$

O valor de k_B vai depender da combinação de bandas utilizada na coincidência com o d

Inventário Florestal, 1 de março de 2018

Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal




Combinação de bandas		k_B
dap	d/2	
1L + 4 e	1L	2/3
1L + 2 e	3e	8/9
1L	2e	4/3
2e	1e	8/3

Inventário Florestal, 1 de março de 2018

Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Tabela II.11. Valores da constante K_B para as diversas combinações pares de bandas disponíveis no relascópio

Combinação par de bandas		k	
d	d/2		
1L+4e	1L	25	1
1L+2e	3e	100/3	4/3
1L	2e	50	2
2e	1e	100	4

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



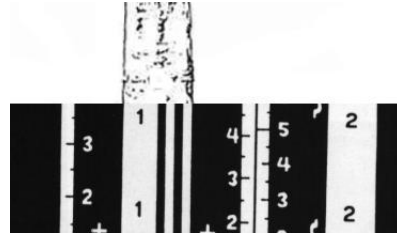
Cubagem expedita de árvores em pé Método da altura formal

Resumo: para fazer a determinação do volume de uma árvore pelo método de Bitterlich, há que:

1. Colocar-se a uma distância qualquer da árvore, geralmente menor que 25 m, de modo a que seja conseguida a coincidência entre o d e uma combinação par de bandas
2. Procurar, ao longo da árvore, o ponto diretor, ou seja, aquele em que o diâmetro é igual a metade do d, o que se consegue quando o diâmetro da árvore coincidir com metade da combinação par de bandas
3. Fazer uma leitura no ponto diretor, sempre na escala dos 25 m
4. Aplicar a fórmula do cálculo da altura formal $hf = k_B d (L_{d/2} - L_{base})$
5. Multiplicar a área basal da árvore pelo valor da altura formal encontrado em 4.

Método da hf - procedimento para avaliar o volume

1. A partir de um qualquer ponto prima o botão das escalas para soltar o tambor e faça uma mirada para o nível do dap
2. Afaste-se ou aproxime-se da árvore de modo a fazer coincidir a largura do tronco à altura de 1.30 m com a largura de uma das 4 combinações de bandas do quadro anterior



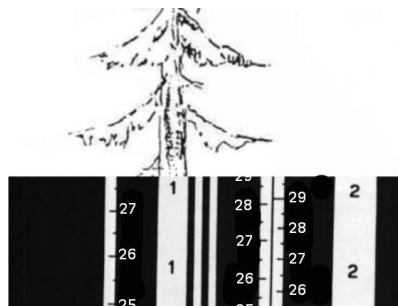
Neste exemplo a combinação de bandas escolhida para a comparação do diâmetro à altura do peito foi a 1L+4e.

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Método da hf - procedimento para avaliar o volume

3. Prima o botão libertador do tambor e, faça pontaria ao longo do fuste até que metade da largura da combinação de bandas escolhida anteriormente coincida com o diâmetro do tronco
4. Leia na escala dos 25 m o valor da leitura da altura que correspondente a metade da leitura do diâmetro ($Ld/2$)



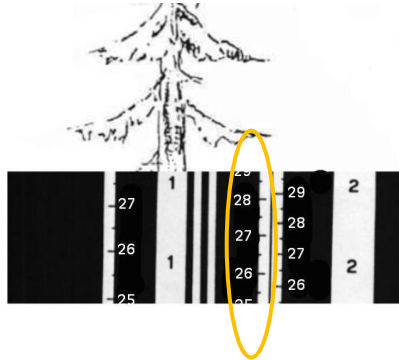
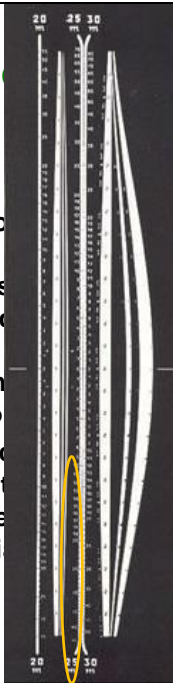
Metade de 1L+4e será 1L ou 4e
O valor da leitura é $Ld/2 = 29$

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Método de Ld - procedimento para avaliar o volume

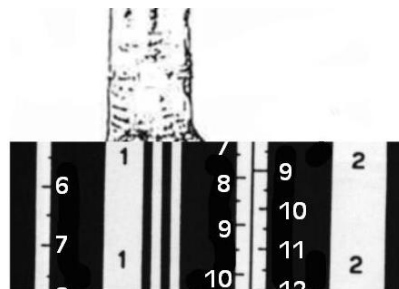
3. Prima o botão da base do tambor e, pressionando-o ao longo do fuso, desloca a metade da largura das bandas anteriores e posteriores com o diâmetro do fuso.
4. Leia na escala o valor da leitura que corresponde à leitura do diâmetro.



Metade de $1L+4e$ será $1L$ ou $4e$
O valor da leitura é $Ld/2 = 29$

Método da hf - procedimento para avaliar o volume

5. Faça uma mirada para a base da árvore (L_{base}) pressionando o botão libertador do tambor das escalas e registre o valor da leitura na escala dos 25 m



Neste ex., o valor da leitura ao nível da base é $L_{base} = -7$

Método da hf - procedimento para avaliar o volume

6. Neste exemplo tendo obtido as seguintes leituras:

$$Ld/2 = +29 \quad L_{base} = -7$$

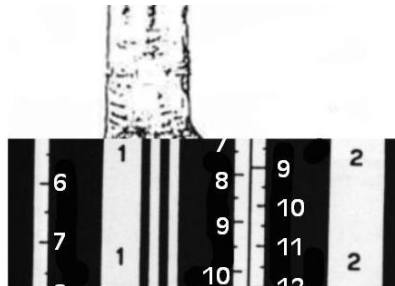
dap=30 cm (medido com suta)

Vem então:

$$hf = \frac{2}{3} 0.30 (29 - (-7)) = 14.4$$

$$v = g hf$$

$$= \frac{\pi}{4} (0.30)^2 (14.4) = 1.078 \text{ m}^3$$



Neste ex., o valor da leitura ao nível da base é $L_{base} = -7$

Este método **NÃO EXIGE** que o operador se coloque a uma distância predeterminada da árvore a medir

MAS

EXIGE que as leituras sejam sempre feitas na escala dos 25 m.

Exercício:
3.2.2-1, página 6

ficha com as medições obtidas com o relascópio

Foram obtidas as seguintes medições em cada árvore:

- medição do d com suta (cm)
- pontaria para o d de modo a este ser coincidente com um número par de bandas (a uma distância variável) e registo do número de bandas correspondente. Da mesma distância, pontaria para o diâmetro igual a metade do d; leitura na escala dos 25 m (Ld/2), seguida de pontaria para a base da árvore (Lbase)
- a 20 m de distância, pontaria para um diâmetro igual a 2 bandas estreitas (20 cm) e leitura na escala dos 20 m (L2e). Da mesma distância, pontarias para o topo da árvore e para o d e respectivas leituras na escala dos 20 m (Ltopo e Ld).

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Exercício:
3.2.2-1, página 6

Para cada árvore, determine:

- altura total pelo relascópio
- altura a que se encontra o diâmetro igual a 20 cm (dados do relascópio)
- volume pelo método da altura formal $hf = k_B d (L_{d/2} - L_{base})$

FICHA PARA MEDIÇÃO DE ÁRVORES COM O RELASCÓPIO							
Pinhal irregular – Fernão Ferro							
PARCELA N°:				Apontou:			
DATA DA MEDIÇÃO:				Mediu:			
Arv n°	d (suta)	Método da altura formal			Altura com d=20cm		
		Bandas	Ld/2	Lbase	L2e	Ld	Ltopo
1	25.5	1L+4e	31.0	-6.0	2.10	-0.3	11.3
2	21.5	1L+2e	23.0	-5.0	3.00	-0.4	9.6

Inventário Florestal, 1 de março de 2018



Exercício:
3.2.2-2, página 7

As figuras 2A e 2B incluem os dados obtidos com o relascópio de Bitterlich para cubagem de pinheiros bravos na Mata Nacional do Urso.

Em cada árvore foram realizadas as seguintes medições:

- **medição do d com suta (cm);**
- **pontaria para o d de modo a este ser coincidente com um número par de bandas (a uma distância variável) e registo do número de bandas correspondente. Da mesma distância, pontaria para o diâmetro igual a metade do d; leitura na escala dos 25 m ($Ld/2$), seguida de pontaria para a base da árvore (L_{base})**

Determine o volume de cada árvore utilizando o método da altura formal.