



SOCIEDADE DE
INVESTIGAÇÕES
FLORESTAIS

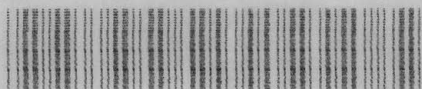


BOLETIM
TÉCNICO

Métodos de Determinação da Densidade da Madeira

NÚMERO 1 — 1984

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
VIÇOSA - MINAS GERAIS



PUBLIC.: P-001283
BOLETIM TECNICO SIF (1) 1984

Biblioteca
do
IPEF

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. FATORES QUE AFETAM A DENSIDADE	2
3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO	4
3.1. Métodos de Imersão	5
3.1.1. Determinação do volume através da variação de peso do líquido	5
3.1.2. Determinação do volume através da variação de peso da amostra	8
3.2. Métodos do Máximo Teor de Umidade	11
3.3. Método de Medição Direta do Volume	13
3.4. Método de Flutuação	13
4. CÁLCULO DA DENSIDADE DE UMA ÁRVORE	16
5. LITERATURA CITADA	19

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DA MADEIRA

Benedito Rocha Vital¹

1. INTRODUÇÃO

Densidade é a massa (corriqueiramente o peso) da unidade de volume. A densidade da madeira pode ser absoluta, quando expressa em g/cm^3 ou kg/m^3 , ou relativa, quando comparada com a densidade absoluta da água destilada, isenta de ar, à temperatura de $3,98^\circ\text{C}$, considerada como sendo $1,0 \text{ g/cm}^3$. Nos sistemas CGS e SI, o número que exprime a densidade absoluta coincide com o número adimensional que exprime a densidade relativa.

A madeira é um material poroso e o valor numérico da densidade depende da inclusão ou não do volume dos poros. As determinações de densidade da madeira podem, portanto, ser feitas de duas formas distintas. Na primeira alternativa, determina-se o volume de uma forma global, incluindo-se o volume dos poros e obtendo-se, portanto, uma densidade aparente. A densidade da madeira é geralmente expressa desta maneira. Na segunda alternativa, o volume da amostra é determinado sem a inclusão do volume dos poros, obtendo-se a densidade real ou densidade da parede celular, cujo valor é igual a $1,53 \text{ g/cm}^3$, independente da espécie (16).

A madeira é uma substância higroscópica, que sob diferentes condições de umidade relativa e temperatura adquire diferentes

¹ Professor do Departamento de Engenharia Florestal da U.F.V.
36570 Viçosa, MG, Brasil.

teores de umidade, os quais, por sua vez, levam a mesma amostra de madeira a diferentes massas e volumes. A madeira obtida de uma árvore recém-cortada possui, também, uma certa quantidade de água que vai sendo gradativamente evaporada para o meio ambiente, com a conseqüente alteração de massa e possíveis variações de volume. Para calcular a densidade da madeira há, portanto, a necessidade de estabelecer os teores de umidade nos quais são determinados a massa e o volume.

O critério adotado pelo Forest Products Laboratory - Madison - Wisc., que se encontra descrito no projeto de norma COPANT 30:1 - 004 (9) e norma TAPPI T 258 os - 76 (22), consiste em considerar como a massa real a madeira completamente seca e o volume verde. A densidade determinada dessa maneira é denominada densidade básica. A densidade básica é, portanto, sempre aparente, podendo, porém, ser absoluta ou relativa. Por outro lado, o teor de umidade 12% é aceito internacionalmente (14) como média de equilíbrio de umidade da madeira, sendo bastante comum determinar-se a densidade a essa umidade. Segundo as normas ASTM (2), a densidade é determinada a 12% e 0% de umidade. Segundo as normas ABNT (3) e Boletim 31 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (5), deve-se adotar uma umidade igual a 15%.

Portanto, quando se especifica a densidade da madeira, é necessário que se indiquem as condições de umidade em que foram feitas as determinações da massa e volume, exceto para a densidade básica, em que fica subentendido que a massa é determinada a 0% de umidade e o volume é obtido a teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras.

2. FATORES QUE AFETAM A DENSIDADE

As variações de densidade entre as diversas espécies de madeira são devidas às diferenças das espessuras da parede celular, das dimensões das células, das inter-relações entre esses dois fatores e da quantidade de componentes extratáveis presentes por unidade de volume (6, 13, 16). Variações na densi-

dade da madeira de mesma espécie, ocasionadas pela idade de árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratos silviculturais etc., são decorrentes de alterações nos fatores citados inicialmente. Os efeitos em geral são interativos e difíceis de serem avaliados isoladamente.

As possíveis alterações na densidade, decorrentes de aumento na taxa de crescimento, têm merecido a atenção de um grande número de pesquisadores. Dados disponíveis na literatura indicam que a densidade das diversas espécies produtoras de madeira não é afetada de maneira uniforme por alterações na taxa de crescimento. Para as dicotiledôneas lenhosas (folhosas) - espécies que possuem porosidade em anel ou porosidade semidifusa - o aumento da taxa de crescimento, dentro de certos limites, ocasiona aumento na densidade da madeira (12, 13, 17). Isto ocorre porque a madeira produzida durante o crescimento lento possui uma maior proporção de poros de início de estação de crescimento do que a madeira produzida durante o crescimento mais rápido (12, 13). As coníferas que possuem anéis de crescimento distintos, aparentemente sofrem uma redução na densidade quando ocorre aumento na taxa de crescimento, conforme observado por diversos pesquisadores (1, 8, 10, 17). Contudo, segundo HAYGREEN e BOWER (13), essas variações são provavelmente devidas à idade da árvore e não ao aumento na taxa de crescimento. A densidade da madeira das folhosas que possuem porosidade difusa bem como das coníferas que não possuem anéis de crescimento distintos é algumas vezes afetada por variações na taxa de crescimento. Os dados disponíveis na literatura são, contudo, variáveis conforme a espécie, e até conflitantes em alguns casos (13). Grandes aumentos na taxa de crescimento, ocasionados por mudanças na localização geográfica e consequentes alterações no clima, índice de local etc, podem causar reduções significativas na densidade da madeira.

A idade da árvore também afeta a densidade da madeira. Normalmente, a densidade aumenta com rapidez durante o período juvenil, depois, de maneira mais lenta até atingir a maturidade, permanecendo mais ou menos constante daí para a frente. Em

algumas espécies, a densidade aumenta a uma taxa uniforme durante toda a vida da árvore, enquanto que em outras ocorre um decréscimo durante o período juvenil para aumentar depois ou continuar decrescendo durante toda a vida da árvore (13, 16).

As alterações na densidade da madeira decorrente da fertilização ou da irrigação são semelhantes às aquelas ocasionadas por variações na taxa de crescimento (13, 16), discutidas anteriormente.

Em virtude da boa herdabilidade (4, 21, 23), a densidade de uma determinada árvore depende, pelo menos em parte, da densidade de seus ascendentes. Esta característica apresenta a grande vantagem de permitir o melhoramento de determinada espécie, no que se refere à sua densidade, através de uma seleção adequada de árvores com as características desejadas.

3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

A densidade da madeira pode ser calculada a partir do conceito físico de que densidade é a quantidade de massa contida na unidade de volume. A determinação da massa pode ser feita facilmente por meio de uma balança. Uma precisão de 0,01 g é suficiente para a maioria dos casos. A determinação do volume é mais difícil e as diferenças entre as diversas técnicas de determinação de densidade são, geralmente, oriundas das diversas maneiras de se determinar o volume. O volume pode ser obtido a partir de medidas com paquímetro ou palmer, por deslocamento de água ou mercúrio ou ainda por meio de volumômetros.

Quando se pretende determinar a densidade básica, o volume de madeira deve ser determinado a teores de umidade acima do ponto de saturação das fibras. Portanto, sempre que possível, é conveniente utilizar amostras de madeira em estado verde. Quando o teor de umidade da madeira se encontra abaixo do ponto de saturação das fibras, as amostras devem ser colocadas em um dessecador, imersas em água, e submetidas a vácuo intermitente, até que não mais flutuem.

Para se obter a densidade básica, há também a necessidade de se determinar o peso seco da madeira. Para tanto, as amostras devem ser colocadas em uma estufa aquecida a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até peso constante. Admite-se que a madeira tenha adquirido peso constante quanto, após um intervalo de 24 horas, a alteração no peso for inferior a 0,05%.

A densidade pode, também, ser determinada mergulhando-se a madeira em água ou em outro líquido de densidade conhecida.

A seguir, são descritos alguns dos métodos mais comumente empregados na determinação da densidade da madeira.

3.1. Métodos de Imersão

O volume é determinado pela variação de peso ocasionada pela submersão da amostra de madeira em um líquido. O método baseia-se no princípio enunciado por Arquimedes: a perda aparente de peso de um corpo imerso em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado. Esta é uma das maneiras mais precisas de determinação de volume e pode ser usada para amostras com formato irregular. Água e mercúrio são os líquidos frequentemente utilizados; imersão em água constitui a base de algumas normas técnicas.

A determinação de volume pelo método de imersão pode ser realizada de duas formas diferentes: pela variação de peso do líquido, em virtude da imersão da amostra de madeira, e pela variação de peso da amostra, quando imersa no líquido.

3.1.1. Determinação do volume através da variação de peso da amostra do líquido.

a. Colocar água ou mercúrio dentro de um frasco de Griffin (copo de laboratório). O frasco deve ser de dimensão suficiente para evitar o contato da amostra com suas paredes laterais e o fundo, além de permitir a imersão total da amostra.

- b. Determinar o peso do frasco com o líquido.
- c. Submergir totalmente a amostra no líquido e verificar a diferença de peso indicada pela balança. Se o líquido utilizado foi água, cuja densidade é aproximadamente igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$, a diferença de peso, em gramas, indicada pela balança, corresponde ao volume da amostra em centímetros cúbicos. De fato, tem-se que, em condição de equilíbrio, o empuxo (E) sofrido pela amostra é igual ao produto de seu volume (V) pela densidade do líquido (ρ). Admitindo-se uma densidade de $1,0 \text{ g/cm}^3$, para água, tem-se:

$$E = V \times \rho$$

em que:

$$V = E, \text{ desde que } \rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

O volume da amostra imersa em mercúrio é obtido dividindo-se a diferença de peso indicada pela balança por 13,55, densidade do mercúrio.

A imersão da amostra deve ser feita com auxílio do dispositivo mostrado nas Figuras 1 e 2. Os pinos que servem de suporte para a amostra devem ser afilados na extremidade e devem ser introduzidos apenas ligeiramente no líquido para evitar o deslocamento de um volume significativo do líquido, introduzindo erro na medição.

Se houver interesse em se determinar o volume da madeira seca em estufa, a amostra deve ser impermeabilizada para impedir a absorção de água. Para tanto a amostra deve ser retirada da estufa e, enquanto ainda quente, ser imersa em parafina derretida. A imersão deve ser rápida e o excesso de parafina removido para evitar erros na determinação de peso e volume (15). Pode-se, ainda, pintar a madeira com uma solução obtida pela dissolução de parafina em gasolina ou tetrocloreto de carbono. Esta segunda opção tem a vantagem de permitir a im-

permeabilização da madeira com teores de umidade acima de 0%.

Para determinação da densidade a outros teores de umidade, é preferível determinar o peso antes da determinação do volume, evitando-se assim erros, por causa da absorção de água ou do tratamento com parafina.

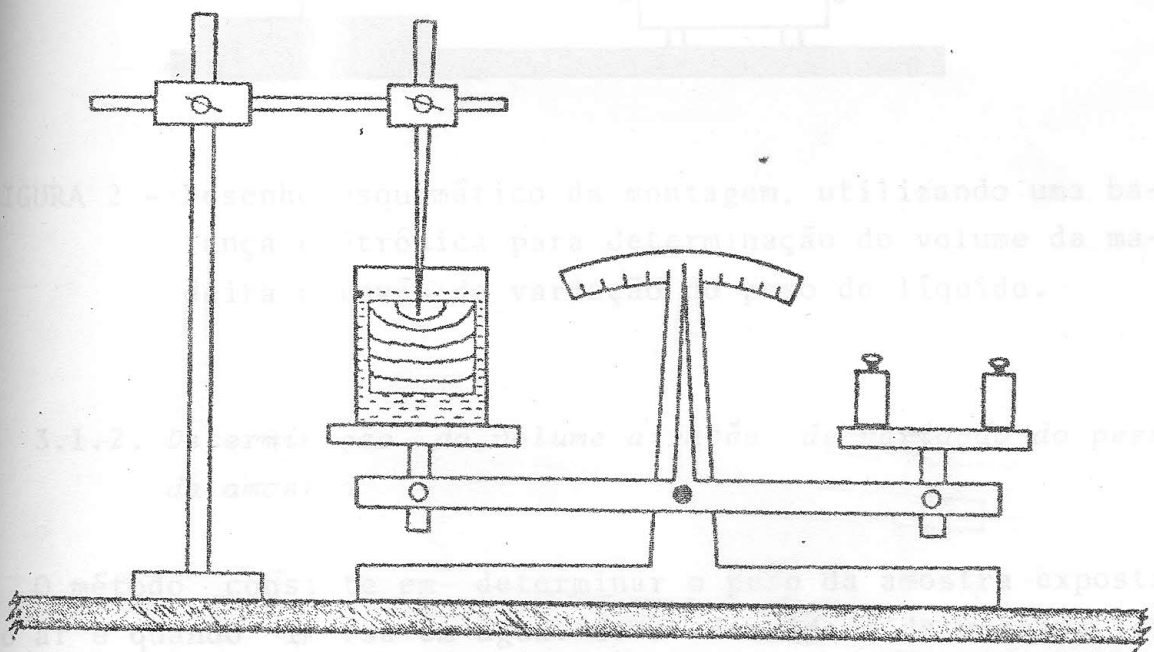


FIGURA 1 - Desenho esquemático da montagem, utilizando uma balança manual, para determinação do volume da madeira através de variação do peso do líquido. (Adaptado de BROWING - (?)).

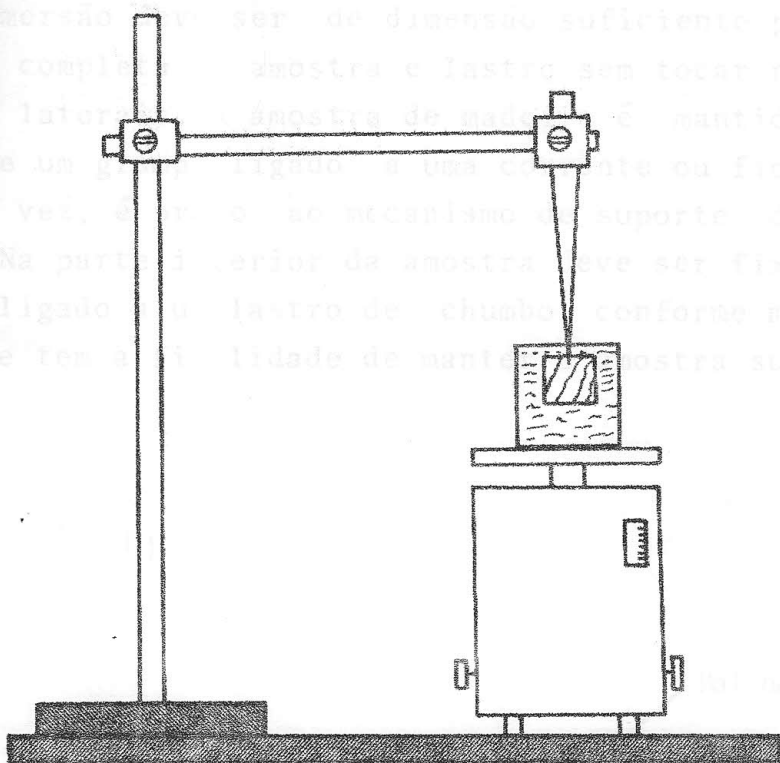


FIGURA 2 - Desenho esquemático da montagem, utilizando uma balança eletrônica para determinação do volume da madeira através de variação do peso do líquido.

3.1.2. Determinação do volume através de variação do peso da amostra

O método consiste em determinar o peso da amostra exposta ao ar e quando imersa em água. Se a densidade da madeira for menor do que a densidade da água, o volume da amostra é obtido somando-se os dois pesos; se a madeira afundar na água, o volume da amostra é obtido pela diferença entre o peso da madeira ao ar e o peso da madeira quando imersa em água.

Geralmente, o teste é realizado determinando-se o peso da amostra ao ar. A determinação do peso da amostra imersa em água costuma ser feita em uma balança adaptada para essa fina-

lidade, conforme mostra a Figura 3. O frasco onde vai ser feita a imersão deve ser de dimensão suficiente para permitir a imersão completa da amostra e lastro sem tocar no fundo ou nas paredes laterais. A amostra de madeira é mantida suspensa por meio de um grampo ligado a uma corrente ou fio flexível que, por sua vez, é preso ao mecanismo de suporte do prato da balança. Na parte inferior da amostra deve ser fixado um segundo grampo ligado a um lastro de chumbo, conforme mostra a Figura 3, e que tem a finalidade de manter a amostra submersa.

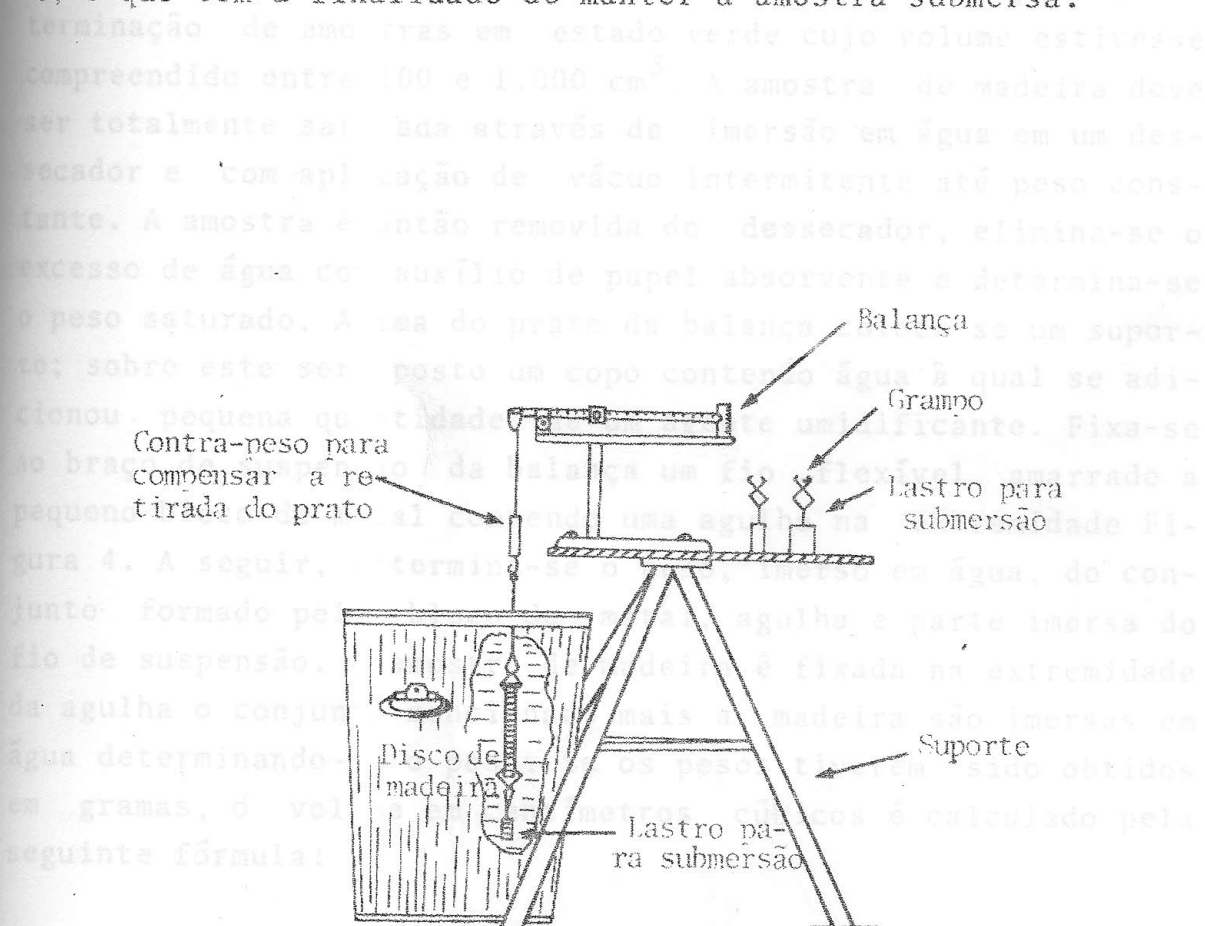


FIGURA 3 - Adaptação de uma balança para determinação do volume de uma amostra de madeira através de variação do peso da amostra (segundo desenho original da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (22)).

O peso do volume de água deslocado, equivalente ao volume da amostra de madeira, é igual ao peso da madeira ao ar mais o peso do lastro imerso em água menos o peso do conjunto madeira mais lastro imerso em água.

O cálculo da densidade é feito segundo a maneira usual, dividindo-se o peso seco pelo volume saturado.

Para se determinar o volume de pequenas amostras é necessário que se façam algumas alterações na técnica descrita. O método foi estabelecido originalmente por SMITH (19) para a determinação de amostras em estado verde cujo volume estivesse compreendido entre 100 e 1.000 cm³. A amostra de madeira deve ser totalmente saturada através de imersão em água em um dessecador e com aplicação de vácuo intermitente até peso constante. A amostra é então removida do dessecador, elimina-se o excesso de água com auxílio de papel absorvente e determina-se o peso saturado. Acima do prato da balança coloca-se um suporte; sobre este será posto um copo contendo água à qual se adicionou pequena quantidade de um agente umidificante. Fixa-se ao braço de suspensão da balança um fio flexível, amarrado a pequeno bloco de metal contendo uma agulha na extremidade Figura 4. A seguir, determina-se o peso, imerso em água, do conjunto formado pelo bloco de metal, agulha e parte imersa do fio de suspensão. A amostra de madeira é fixada na extremidade da agulha o conjunto mencionado mais a madeira são imersas em água determinando-se o peso. Se os pesos tiverem sido obtidos em gramas, o volume em centímetros cúbicos é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Vol} = P - (\text{PE} - \text{PEM})$$

em que:

Vol = volume saturado, cm³;

P = peso da amostra ao ar, g;

PE = peso do conjunto formado pelo fio de suspensão, bloco de metal e agulha imersos em água, g;

PEM = peso do conjunto anterior mais a madeira, imersos em água, g.

A seguir, a amostra é colocada em uma estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até peso constante.

A densidade básica é obtida dividindo-se o peso seco pelo volume saturado.

3.2. Método do Máximo Teor de Umidade

Este método baseia-se na relação existente entre a densidade e o máximo teor de umidade da madeira (18). A densidade básica é determinada sem haver necessidade de se determinar o volume da amostra. Para tanto a amostra deve estar completamente saturada. Por causa da dificuldade de se saturar completamente amostras de maior dimensão, o método só deve ser aplicado para amostras com um volume máximo de 3.000 mm^3 (7).

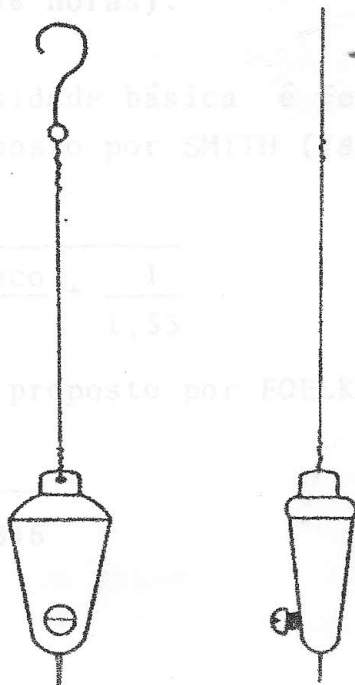


FIGURA 4 - Equipamento de determinação do peso, imerso em água, de amostras de madeira de pequena dimensão. (Desenho original de BROWNING (7)).

A determinação da densidade é feita de acordo com o seguinte procedimento:

- a. Colocar as amostras da madeira em um dessecador e mantê-las imersas em água destilada.
- b. Aplicar vácuo intermitente durante um período de 5 a 10 dias até que não haja mais absorção de água pelas amostras. O controle da absorção de água é feito através de pesagens sucessivas das amostras. O processo é encerrado quando não houver diferença significativa nos pesos das amostras após um período de 24 horas.
- c. Após remover o excesso de água da superfície das amostras, determinar o seu peso ao ar.
- d. Colocar as amostras em uma estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até peso constante (24 a 48 horas).
- e. O cálculo da densidade básica é feito pela seguinte fórmula, conforme proposto por SMITH (18):

$$DB = \frac{1}{\frac{P \text{ sat} - P \text{ seco}}{P \text{ seco}} + \frac{1}{1,53}}$$

ou, ainda, conforme proposto por FOELKEL e colaboradores (11):

$$DB = \frac{1}{\frac{P \text{ sat}}{P \text{ seco}} - 0,346}$$

em que:

- DB = densidade básica;
- P sat = peso da amostra saturada;
- P seco = peso da amostra completamente seca.

3.3. Método de Medição Direta do Volume

Se a madeira possui dimensões suficientes para permitir o preparo de amostras com uma forma prismática bem definida, o volume pode ser obtido, com precisão aceitável (7, 14), através de medição direta. As amostras devem ser preparadas com máquinas cuidadosamente ajustadas para cortar superfícies planas, com todas as faces formando ângulos de 90° entre si. A determinação das dimensões pode ser feita com um paquímetro, com precisão de 0,01 cm. As dimensões das amostras podem ser 5 x 5 x 15 cm, se preparadas segundo normas ASTM (2), ou 2 x 2 x 3 cm, se foram seguidas as normas ABNT (3). Se as amostras foram adequadamente preparadas, o método de medição direta de volume é comparável, em termos de precisão, com os demais métodos mencionados anteriormente.

Uma alternativa para este método consiste em submergir a amostra de madeira em água contida em um cilindro graduado, conforme mostra a Figura 5. A diferença de volume provocada corresponde ao volume da amostra. A precisão, neste caso, depende da precisão com que se consegue determinar a variação de volume no cilindro graduado e da rapidez com que se faz a leitura.

3.4. Métodos de Flutuação

A densidade da madeira, quando não ultrapassa $1,00 \text{ g/cm}^3$, pode ser determinada de forma empírica, mas com rapidez, simplesmente colocando-se a madeira na água. Para tanto, prepara-se uma amostra com seção uniforme, que deve ser colocada para flutuar em uma proveta contendo água, conforme mostra a Figura 6. O cálculo da densidade é feito dividindo-se o comprimento da parte submersa pelo comprimento total da amostra.

Este método baseia-se no fato de que: o uso de um cilindro graduado para determinação direta do volume de uma amostra de madeira.

$$PA = DM \times S \times h$$

de que sendo:

- PA = peso inicial da amostra;
- DM = densidade da madeira;
- S = área da seção transversal;
- h = comprimento da amostra;

$$E = PA \times 2 \times$$

sendo:

- E = espuro, g;
- DA = deslocamento;
- h' = comprimento da amostra;

Quando em equilíbrio:

$$PA = F$$

$$DM \times S \times h' = E$$

$$DM = \frac{E}{S \times h'}$$

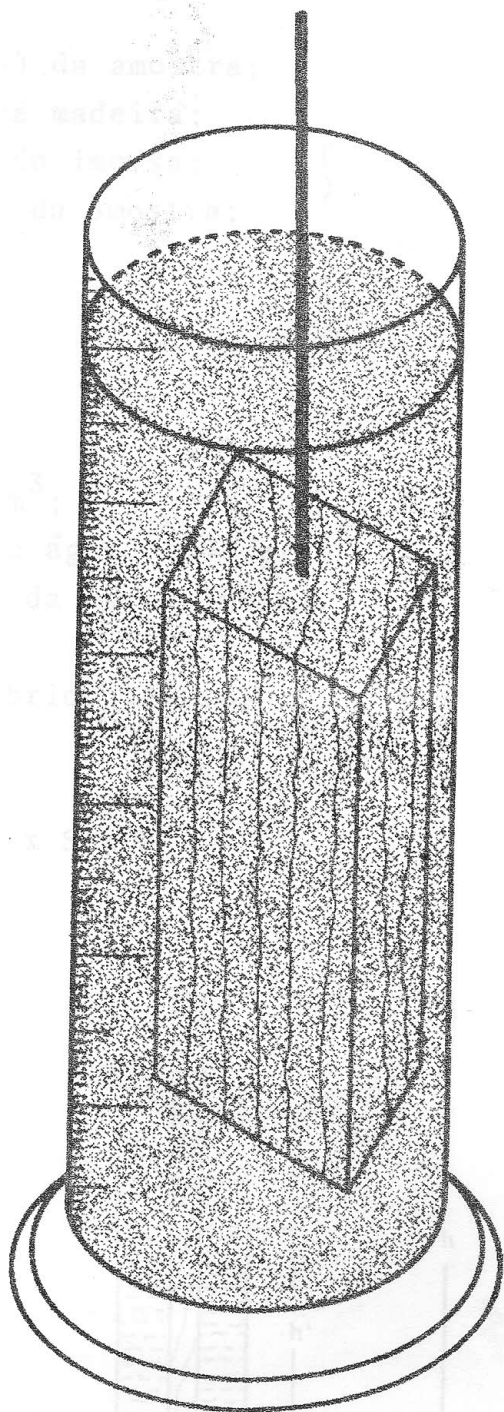


FIGURA 5 - Desenho esquemático, mostrando o uso de um cilindro graduado para determinação direta do volume de uma amostra de madeira.

e de que sendo:

PA = peso (massa) da amostra;

DM = densidade da madeira;

S = área da seção imersa;

h = comprimento da amostra;

$$E = DA \times S \times h'$$

sendo:

E = empuxo; g/cm^3 ;

DA = densidade da água, $1,00 \text{ g/cm}^3$;

h' = comprimento da parte imersa.

Quando em equilíbrio, tem-se:

$$PA = E$$

$$DM \times S \times h = 1,0 \times S \times h'$$

$$DM = \frac{h'}{h}$$

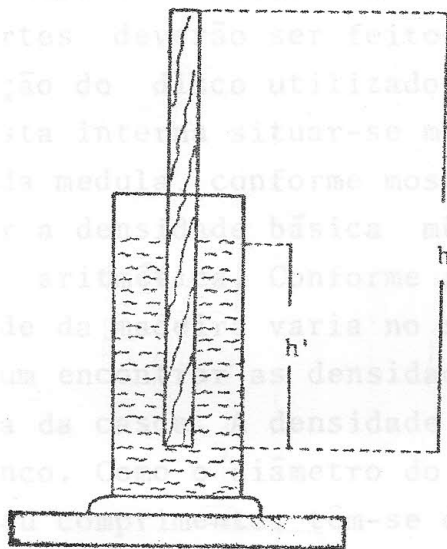


FIGURA 6 - Desenho esquemático, mostrando a determinação da densidade da madeira pelo método de flutuação.

4. CÁLCULO DA DENSIDADE DE UMA ÁRVORE

O cálculo da densidade média de uma tora pode ser feito segundo critérios estabelecidos pelas normas técnicas. A norma ABNT - 26/40 (3) estabelece que de cada tora devem ser obtidas 40 amostras com as dimensões nominais de 2 x 2 x 3 cm. Segundo a norma ASTM D 143 - 52 (2), essas amostras devem ser coletadas de pelo menos cinco árvores. Contudo, os critérios de amostragem descritos pelas normas são geralmente adequados para quando se pretendem determinar, também, as demais propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Outro critério de amostragem, seguido por inúmeros pesquisadores, para determinação da densidade básica média, consiste em retirar diversos discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura ao longo do tronco da árvore, conforme mostra a Figura 7. Estes discos podem ser retirados de forma equidistante como, por exemplo, de metro em metro ou a uma percentagem fixa do comprimento comercial do tronco como a 0, 25, 50, 75 e 100%. Em qualquer das modalidades, é também comum retirar-se um disco extra à altura do DAP. A determinação da densidade pode ser feita tomando-se o disco inteiro ou apenas uma fração que se obtém dividindo-se o disco em várias partes conforme conveniente. Os cortes deverão ser feitos no sentido radial, de forma que a fração do disco utilizado terá formato de cunha, devendo a aresta interna situar-se mais ou menos na posição de ocorrência da medula, conforme mostra a Figura 8.

Para se calcular a densidade básica média da árvore não se deve tomar a média aritmética. Conforme foi discutido anteriormente, a densidade da madeira varia no sentido medula-casca, sendo bastante comum encontrar as densidades mais elevadas na região mais próxima da casca. A densidade varia também conforme a altura no tronco. Como o diâmetro do tronco não é uniforme ao longo de seu comprimento, têm-se diferentes volumes de madeira com diferentes densidades. Portanto, para se calcular a densidade básica média, é preferível utilizar a média ponderada, tomando-se o volume entre as seções de onde foram reti-

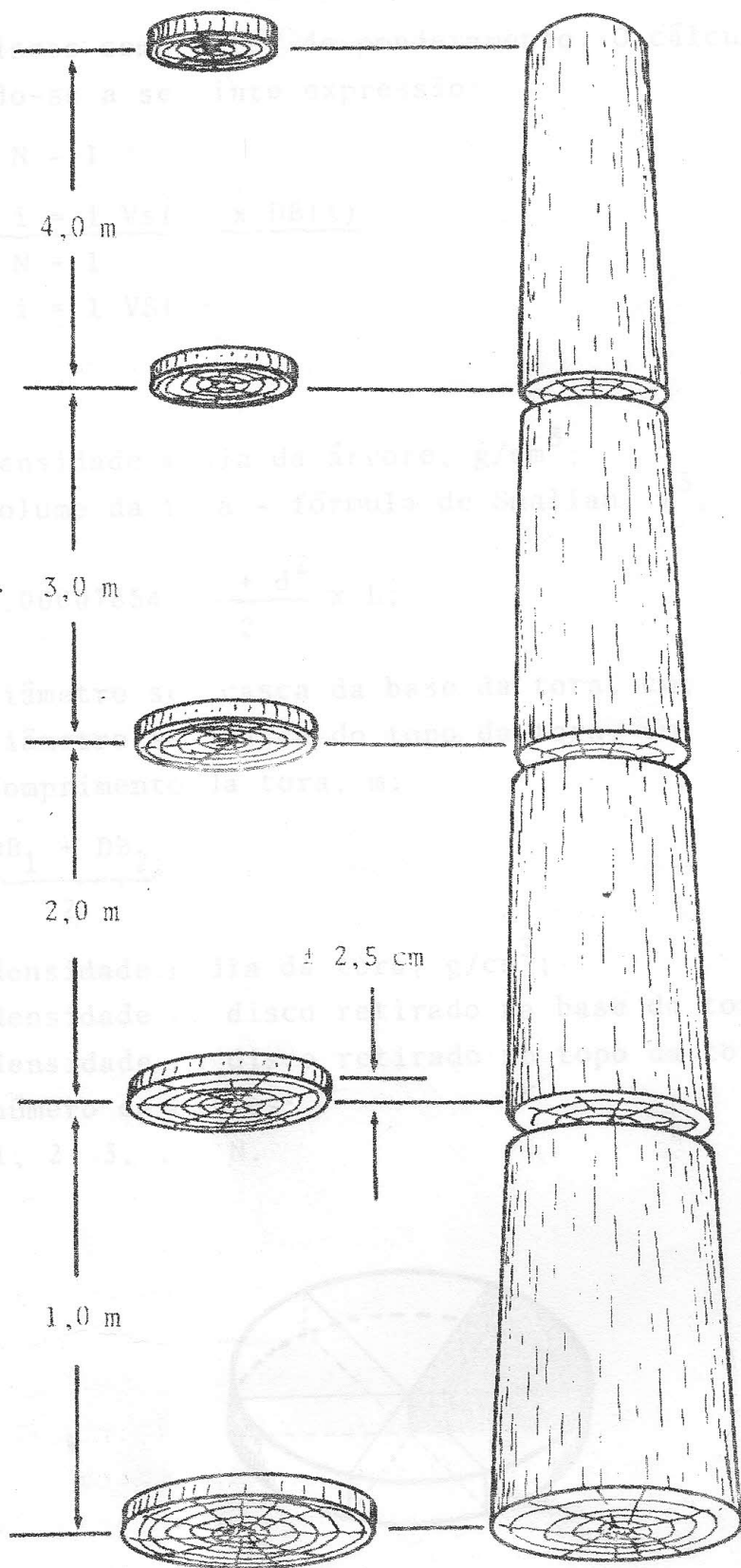


FIGURA 7 - Método de amostragem para determinação da densidade média da árvore.

rados os discos como fator de ponderamento. O cálculo pode ser feito usando-se a seguinte expressão:

$$DBM = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} V_s(i) \times DB(i)}{\sum_{i=1}^{N-1} V_S(i)}$$

em que:

DBM = densidade média da árvore, g/cm³;

V_S = volume da tora - fórmula de Smalian, m³;

$$V_S = 0,00007854 \frac{D^2 + d^2}{2} \times L;$$

D = diâmetro sem casca da base da tora, cm;

d = diâmetro sem casca do topo da tora, cm;

L = comprimento da tora, m;

$$DB = \frac{DB_1 + DB_2}{2};$$

DB = densidade média da tora, g/cm³;

DB₁ = densidade do disco retirado na base da tora, g/cm³;

DB₂ = densidade do disco retirado no topo da tora, g/cm³;

N = número de discos;

i = 1, 2, 3, ... N.

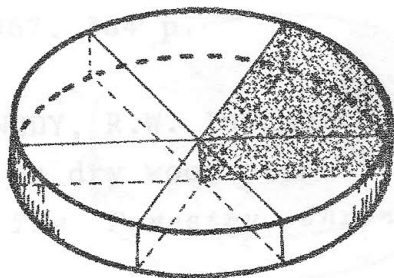


FIGURA 8 - Método de fracionamento de um disco de madeira para determinação da densidade.

5. LITERATURA CITADA

1. ALDRIGE, F. & HUDSON, R.H. Growing quality softwoods - I. *Quarterly Journal of Forestry* 52(2):107-114, 1958.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard methods of testing small clear specimens of timber*. ASTM Designation. D-143-52. Philadelphia. ASTM. 1965. p. 51-73.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Ensaaios físicos e mecânicos de madeiras. Método brasileiro*. MB - 26/40 São Paulo, 1940. 15 p.
4. BANNISTER, M.H. & VINIE, M.H. An early progeny trial in *Pinus radiata* - wood density. *New Zealand Journal of Forestry Science* 11(3):221-243. 1981.
5. BROTERO, F.A. *Métodos de ensaios adotados no I.P.T. para o estudo de madeiras nacionais*. 2. ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1956. 61 p. (Boletim 31.)
6. BROWN, H.P., PANSIN, A.J. & FORSAITH, C.C. *Textbook of wood technology*. Vol. II. New York, McGraw Hill, 1952. 783 p.
7. BROWING, B. L. *Methods of wood chemistry*. New York, Interscience, 1967. 384 p.
8. CHANG, C.I. & KENNEDY, R.W. Influence of specific gravity and growth rate on dry wood production in plantation-grown white spruce. *The Forestry Chronicle* 43(2):161-173, 1967.
9. COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. *Maderas - Método de determinación del peso específico aparente*. COPANT 30:1-004. Copant, 1971.

10. COWN, D. J. & McCOCHIE, D. L. Effects of thinning and fertilizer application on wood properties of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 11(2): 79-91. 1981.
11. FOELKEL, C.E.B., BRASIL, M.A.M. & BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. *O Papel* 33(3):57-61, 1972.
12. HARRIS, J.M. Effect of rapid growth on wood processing. In: IUFRO WORLD CONGRESS, XVII, Japan, 1981. Proceedings, Ibaraki, IUFRO, 1981. p. 117-125.
13. HAYGREEN, J. G. & BOWYER, J. L. *Forest products and wood science - an introduction*. Ames, Iowa State University, 1982. 495 p.
14. HELLMEISTER, J.C. Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos, Universidade de São Paulo, 1981. 117 p. (Tese de Doutor - Engenheiro.)
15. KOLLMANN, F. F. P. *Tecnología de la madera y sus aplicaciones*. Vol. 1. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, 1959. 675 p.
16. PANSHIN, A.J. & ZEEUW, C. *Textbook of wood technology*. 4. ed. New York, McGraw Hill, 1982. 722 p.
17. PAUL, B.H. *The application of silviculture in controlling the specific gravity of wood*. Madison, Forest Products Laboratory, 1963. (Technical Bulletin 1288.)
18. SMITH, D. M. *Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples*. Madison, Forest Products Laboratory, 1954. 8 p. (FPL Report 2014.)

19. SMITH, D.M. *A comparison of two methods for determining the specific gravity of small samples of second growth Douglas - fir.* Madison, Forest Products Laboratory, 1955. 19 p. (FPL Report 2033.)
20. SOUZA, A. P., DELLA LUCIA, R. M. & RESENDE, G.C. Estudo da densidade básica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell, cultivado na região de Dionísio, MG. *Revista Árvore* 3(1):16-28, 1979.
21. SQUILLACE, A. E., ECHOLS, R. M. & DORMAN, K.W. Heritability of specific gravity and summerwood per cent and relation to other factors in slash pine. *Tappi* 45(7):599-601. 1962.
22. TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Basic density and moisture content of pulpwood. TAPPI Designation: T 258 os - 76. In: *Tappi*Standard Methods*. Atlanta, Tappi, s.d. 5 p.
23. ZOBEL, B.J., KELLISON, R.C., MATHIAS, M.F. & HATCHER, A.V. *Wood density of the southern pines.* Raleigh, North Carolina Agriculture Experiment Station, 1972. 55 p. (Tech. Bul. 208.)