

**TAMANHO AMOSTRAL PARA A ESTIMATIVA DA DENSIDADE BÁSICA  
EM UM CLONE HÍBRIDO DE *Eucalyptus* sp.<sup>1</sup>**

**SAMPLE SIZE FOR ESTIMATING BASIC DENSITY IN A CLONE OF *Eucalyptus* sp. HYBRID**

Franciane Andrade de PÁDUA<sup>2,4</sup>; Paulo Fernando TRUGILHO<sup>3</sup>;  
Cláudio Roberto THIERSCH<sup>2</sup>;  
Nayara Marcon VIRE<sup>2</sup>; José Mauro Santana da SILVA<sup>2</sup>

**RESUMO** – As diversas formas de se amostrar a madeira para o estudo de suas propriedades levam em consideração a acurácia, o tempo e o custo de processamento e coleta do material. No entanto, a forma e intensidade da amostragem considerada pode não captar corretamente a variabilidade dessas propriedades ou até mesmo negligenciá-la. O objetivo deste trabalho foi estimar o número de árvores necessárias para a estimativa da densidade básica média da árvore em um clone de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* considerando diferentes formas de amostragem e classes de diâmetro. Foram utilizadas 50 árvores de um clone do híbrido, aos 5,6 anos. As árvores foram distribuídas em três classes de diâmetro e amostradas na forma de discos, a partir de três propostas: tradicional (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial Hc); alternativa (2%, 10%, 30% e 70% Hc) e de metro em metro a partir do DAP. Não houve diferença entre o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade do clone por forma de amostragem, admitindo-se um erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. A amostragem alternativa foi a mais eficiente considerando a intensidade da amostragem no tronco e o coeficiente de variação. A classificação diamétrica resultou em um número maior de árvores para estimar a densidade média, em função da maior variação da propriedade dentro de classes do que dentro do método de amostragem.

Palavras-chave: amostragem da madeira; massa específica; eucalipto.

**ABSTRACT** – There are several methods of collecting wood samples for the study of their properties, which consider the accuracy, time and cost of collecting and processing the material. However, often the variation pattern of ownership in the tree is neglected. Depending on the shape and size of the sample in the study the variability of the properties of the wood cannot be properly captured. The aim of this study was to estimate the number of trees needed to estimate the average basic density of the tree in a *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* hybrid clone, considering different longitudinal sampling and diameter classes. For this, 50 trees were used to hybrid from clone with 5.6 years. The trees were divided into three diameter classes and sampled in the form of discs, three ways: traditional (0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height Hc); alternative (2%, 10%, 30% and 70% Hc) and every meter from DAP. There was no difference between the number of trees required to estimate the density of the clone regardless sampling form, assuming an error of 5% and a confidence interval of 95%. Alternative sampling was considered most effective, considering the sample size along the stem and the coefficient of variation. Classification by diameter resulted in a greater number of trees to estimate the average density due to greater property variation within diameter classes than within the sampling method.

Keywords: sampling wood; specific gravity; eucalypt.

<sup>1</sup>Recebido para análise em 15.10.14. Aceito para publicação em 17.04.15. Publicado *on-line* em 30.06.15

<sup>2</sup>Universidade Federal de São Carlos, UFSCar Campus Sorocaba, Rodovia João Leme dos Santos, km 110, Bairro do Itinga, 18052-780, Sorocaba, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, 37200-000, Lavras, MG, Brasil.

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Franciane Andrade de Pádua – franciane@ufscar.br

## 1 INTRODUÇÃO

A forma de amostragem é uma das maiores dificuldades para se obter resultados significativos que representem toda a árvore, devido à grande variabilidade das características anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira, que são verificadas entre árvores e dentro da própria árvore, entre idades e locais distintos (Zobel e Buijtenen, 1989).

A variação das propriedades das madeiras dentro da árvore e entre árvores, e o modo como as características são controladas geneticamente têm influência no número de amostras para estimar a média da árvore (Downes et al., 1997), ou seja, a variabilidade na característica reflete na média geral.

São verificadas também variações dentro de clones. Flores et al. (2000) ressaltam que muitos pesquisadores cometem o erro de analisar uma única árvore de um povoamento clonal e, às vezes, com uma única determinação de suas características tecnológicas e dendrométricas para decidir sobre a aceitação ou não do clone para plantio comercial.

O ideal seria retirar amostras múltiplas em diferentes alturas da árvore e posições radiais.

Isso nem sempre é possível, pois a amostragem é mais difícil e demanda tempo (Downes et al., 1997). Desse modo, torna-se necessário utilizar métodos mais simples e fáceis que ofereçam razoável precisão (Zobel e Buijtenen, 1989), uma vez que o número de amostras depende do nível desejado de acurácia (Downes et al., 1997).

Benjamin e Ballarin (2004), pesquisando critérios de amostragem para a avaliação da densidade básica em populações florestais, concluíram que, como era esperado, quanto mais se amostra, melhor é a precisão. No entanto, essa melhora, muitas vezes, não é significativa para justificar um aumento muito grande no tamanho da amostra. Os autores sugerem que a precisão desejada e a disponibilidade de tempo e de árvores para efetuar o estudo, entre outros fatores, devem ser consideradas.

Estudos com amostragem da madeira de *E. globulus* e *E. nitens* foram realizados por Muneri e Raymond (2000), Raymond e Muneri (2001), e Raymond et al. (2001). Os autores determinaram o número de árvores necessárias para se estimar a densidade básica média e o comprimento de fibra médio da árvore. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Alturas de amostragem recomendadas, confiança, número de árvores a serem amostradas e acurácia na predição da densidade básica e do comprimento de fibra, utilizando amostras removidas com trado de incremento.

Table 1. Heights sampling recommended, statistical confidence, number of trees to be sampled and accuracy for basic density prediction and fiber length, using samples removed with increment borer.

	Densidade básica	Comprimento de fibra (mm)
<i>E. globulus</i>		
Altura (m)	1,1	1,1-1,5
Intervalo de confiança (%)	84	74-87
Número de árvores	8	13
Acurácia	± 20 kg m <sup>-3</sup>	± 5% da média
<i>E. nitens</i>		
Altura (m)	0,7	0,9-1,3
Intervalo de confiança (%)	89	44-45
Número de árvores	8	16
Acurácia	± 20 kg m <sup>-3</sup>	± 5% da média

Fonte: Raymond (2002), modificado pelo autor.

Source: Raymond (2002), modified by the author.

As posições amostrais indicadas na Tabela 1 foram sugeridas para a amostragem destrutiva (único disco) e não destrutiva (amostras de trado), e foram selecionadas com base na melhor correlação entre o ponto de amostragem e o valor médio da propriedade no tronco, acurácia, custo e ergonomia para a coleta do material, no referido ponto de amostragem.

As medições da densidade básica no tronco são realizadas tradicionalmente utilizando-se discos ou baguetas. Normalmente, são retiradas amostras, na forma de discos, nas posições da base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, ou na forma de baguetas na posição de 1,30 m de altura do solo. No entanto, a posição dos pontos amostrais para a medição das propriedades da madeira e, conseqüentemente, estimativa do número de árvores requeridas para se estimar esta média, depende da análise prévia de sua variação no tronco. Por exemplo, se a densidade básica aumenta com a altura da árvore, o ponto de mínima densidade depende do primeiro ponto de amostragem no tronco considerado no trabalho. Nesse caso, torna-se necessária uma amostragem mais intensa na base da árvore, para verificar qual é o ponto que representa verdadeiramente a mínima densidade (Downes et al., 1997; Benjamin e Ballarin, 2004) e para que esta amostragem represente o valor médio da propriedade no tronco.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média do tronco

considerando três formas de amostragem destrutiva e três classes de diâmetro em um clone de híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material Biológico

Foram amostradas 50 árvores de um híbrido clonal de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 5,6 anos de idade, plantados em espaçamento 3 x 2 m, em área pertencente ao grupo Arcelor Mittal Bioenergia, no município de Martinho Campos, Estado de Minas Gerais, a 19°39'20" de latitude sul e 45°19'30" de longitude oeste. No talhão selecionado para o estudo foi lançada uma parcela de 10 linhas x 10 plantas, que foi considerada como a população daquele clone. Em todos os indivíduos amostrados, foi mensurado o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP) para a classificação diamétrica.

Foram consideradas três classes de diâmetro e o número de árvores amostradas por classe foi definido pelo percentual participativo em relação à população, conforme apresentado na Tabela 2. Definido o número de indivíduos por classe diamétrica, foram selecionadas aquelas árvores que se encontravam dentro desses intervalos. Os centros das classes de diâmetro consideradas foram: 14,2 cm, 11,4 cm e 8,1 cm.

Tabela 2. Distribuição das árvores nas classes diamétricas.

Table 2. Trees distribution in diameter classes.

Classe (cm)	Centro de classe (cm)	Frequência	Participação na população (%)
12,8 a 17,0	14,2	23	47
9,7 a 12,7	11,4	19	38
3,1 a 9,5	8,1	8	15
Total		50	100

## 2.2 Amostragem da Madeira

Foram consideradas três formas de amostragem longitudinal no tronco, conforme descrito a seguir:

- amostragem tradicional: retirada de discos nas posições da base, a 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial da árvore (Hc), considerada até o diâmetro mínimo de 5 cm com casca;
- amostragem alternativa: retirada de discos nas alturas relativas de 2%, 10%, 30%, 50% e 70% de Hc;
- amostragem de metro em metro: retirada de discos nas alturas fixas da base, 1,30 m de altura do solo (DAP) e, a partir deste ponto, de metro em metro até a altura comercial. A quantidade de pontos longitudinais nesta amostragem se limitou à altura comercial da árvore.

## 2.3 Determinação da Densidade Básica

Para a determinação da densidade básica por posição de amostragem foi utilizado o procedimento de imersão em água, descrito na norma NBR 11941 (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, 2003).

A densidade básica média, por posição de amostragem longitudinal, foi determinada como sendo o valor médio das densidades básicas de duas cunhas opostas retiradas de cada disco.

A densidade básica média da árvore foi calculada como a média aritmética das densidades determinadas em cada posição de amostragem longitudinal. Estudos de Pádua et al. (2006) verificaram uma correlação significativa alta entre densidade básica média ponderada pelo volume e densidade básica média aritmética em cinco espécies de *Eucalyptus* aos 7 anos de idade.

## 2.4 Cálculo da Intensidade Amostral

Foi utilizada a equação descrita abaixo para estimar o número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média da árvore para populações infinitas.

$$n = \frac{t^2 \times (CV)^2}{E(\%)^2}$$

em que:

n = número de amostras para se estimar a densidade básica média da árvore;

t =  $\alpha = 0,05$ , e n-1 graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação em %;

E = erro máximo aceito.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 é apresentado o número de árvores necessárias para se estimar a densidade básica da árvore, considerando o método de amostragem e a classe de diâmetro.

Tabela 3. Número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica da árvore por método de amostragem e classe de diâmetro, admitindo-se um erro de 5%.

Table 3. Number of trees required to estimate the tree basic density by sampling and diameter class within a 5% error.

	Número de árvores
Tradicional	1
Alternativa	1
Metro em metro	1
Classe diamétrica 14,2 cm	4
Classe diamétrica 11,4 cm	4
Classe diamétrica 8,1 cm	5

Conforme o esperado, por se tratar de apenas um clone, o número de árvores para se estimar a densidade média foi pequeno. Pelos dados da Tabela 3 nota-se que, em ambos os métodos de amostragem, a tomada de diferentes amostras ao longo do tronco em apenas uma árvore do clone avaliado gerou resultados satisfatórios com um erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. Lima (1995) também verificou que uma única árvore de um clone de *E. saligna* foi suficiente para a estimativa da densidade básica da árvore e ressalta que o pequeno número de amostras só deve ser utilizado para clones

procedentes de locais com pequenas variações ambientais, ou seja, mais uniformes. Ferreira (1970) constatou que 36 árvores são necessárias para a determinação da densidade básica média das espécies de *Eucalyptus* em quaisquer das idades analisadas com precisão de 0,01% e 80% de probabilidade.

Com base na Tabela 3, constata-se que o maior número de amostras requeridas para as classes diamétricas se deve à maior variação da densidade básica dentro da classe.

A Tabela 4 apresenta um resumo do esquema de amostragem utilizado em cada método.

Tabela 4. Variação da densidade básica em função do número de amostras.

Table 4. Variation of the basic density depending on the number of samples.

Método de amostragem	Nº árvores	Nº amostras por árvore	Nº subamostras	DB média (g cm <sup>-3</sup> )	CV (%)
Tradicional	50	5	2	0,548 A	5,41
Alternativa	50	5	2	0,553 B	3,82
Metro em metro	50	18*	2	0,555 C	3,90

\*Número médio de amostras por árvore nas três classes de diâmetro consideradas; CV: coeficiente de variação, Nº subamostras: duas cunhas opostas retiradas nos discos para a determinação da densidade básica. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de SNK a 5% de significância.

\*Average number of samples per tree considered in all three diameter classes; CV: coefficient of variation, No. subsamples: two opposing wedges removed from discs to determine the basic density. Means followed by the same letter are not statistically different by SNK test at 5% significance level.

Com relação à amostragem dentro do tronco, percebe-se que as diferentes intensidades estimaram valores estatisticamente diferentes para a densidade básica média do tronco. A amostragem alternativa estimou a densidade média com o menor coeficiente de variação e com valor próximo ao estimado pela amostragem de metro em metro, que é a amostragem mais intensiva no tronco,

sendo, portanto, considerada a mais representativa da população. Dessa maneira, a amostragem alternativa é a mais adequada para a estimativa da densidade básica média do tronco no clone, por apresentar a menor variação dos valores de densidade com o mesmo número de amostras por árvore da amostragem tradicional e apresentar valor médio mais próximo ao valor populacional.

Bendtsen et al. (1970) ressaltam que a amostragem intensiva no tronco melhora muito a confiabilidade, quanto às propriedades daquela árvore, mas diz muito pouco sobre as propriedades das árvores restantes. Ali (1964) concluiu que cinco amostras retiradas de treze árvores forneceram praticamente a mesma precisão que uma amostra retirada de 23 árvores. Diante disso, são necessários mais estudos com relação à variação das propriedades dentro e entre árvores de forma a definir uma adequada estratégia de amostragem, principalmente no Brasil, onde as condições climáticas favorecem o rápido crescimento. Adicionalmente, seria interessante uma análise econômica dos custos envolvidos na amostragem, coleta e a preparação do material para análise.

#### 4 CONCLUSÕES

Uma única árvore foi requerida para a estimativa da densidade básica no clone, independente da intensidade da amostragem dentro da árvore. No entanto, quando o clone foi classificado por diâmetro, houve um aumento no número de árvores requeridas para a estimativa da densidade básica média do tronco, indicando haver maior variação da propriedade entre classes diamétricas do que entre intensidades de amostragem no tronco.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, O.M. Sampling criteria for determination of physical properties of Gurjan (*Dipterocarpus pilosus*) for East Pakistan. **Commonwealth Forestry Review**, v. 43, n. 117, 1964.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Madeira**: determinação da densidade básica (NBR 11941/2003). Rio de Janeiro, 2003.

BENDTSEN, B.A.; FREESE, F.; ETHINGTON, R.L. A forest sampling method for wood strength. **Forest Products Journal**, v. 20, n. 11, p. 38-47, 1970.

BENJAMIN, C.A.; BALLARIN, A.W. Avaliação do comportamento de critérios de amostragem de árvores para a determinação da densidade básica da madeira de populações florestais. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: UFC, 2004. CD-ROM.

DOWNES, G.M. et al. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties**. Melbourne: CSIRO, 1997. 126 p.

FERREIRA, M. Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n. 1, p. 83-96, 1970.

FLORES, D.M.M. et al. Amostragem de árvores para estudos tecnológicos da madeira para a produção de celulose: tamanho da amostra, número mínimo de repetições e variabilidade das propriedades para um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **O Papel**, v. 61, n. 3, p. 44-55, 2000.

LIMA, J.T. The wood density of 3 *Eucalyptus saligna* Smith clones in relation to age. **Annals of Science Forest**, v. 52, n. 4, p. 347-352, 1995.

MUNERI, A.; RAYMOND, C.A. Genetic parameters and genotype-by-environment interactions for basic density, pilodyn penetration and diameter in *Eucalyptus globulus*. **Forest Genetics**, v. 7, n. 4, p. 317-328, 2000.

PÁDUA, F.A.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T. Amostragem da madeira para a avaliação da densidade básica em *Eucalyptus*. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 10., 2006, São Pedro. **Anais...** São Pedro: UNESP: CEVEMAD: IBRAMEM, 2006. CD-ROM.

RAYMOND, C.A. Genetics of *Eucalyptus* wood properties. **Annals of Forest Science**, v. 59, n. 5/6, p. 525-531, 2002.

\_\_\_\_\_.; MUNERI, A. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* for wood properties: I-basic density. **Wood Science and Technology**, v. 35, n. 1/2, p. 27-39, 2001.

PÁDUA, F.A. de et al. Amostragem para densidade básica em *Eucalyptus* sp.

RAYMOND, C.A. et al. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* for wood properties: 3-predict pulp yield using near infrared reflectance analysis. **Wood Science and Technology**, v. 35, n. 3, p. 203-215, 2001.

ZOBEL, B.J.; BUIJTENEN, J.P. **Wood variation: its causes and control**. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 363 p.