



# **ABTCP-TAPPI** **2000**

Congresso Internacional de Celulose e Papel  
23 a 26 de Outubro de 2000  
São Paulo - Brasil

Pulp and Paper International Congress  
October 23rd to 26th, 2000  
Sao Paulo - Brazil

## **Considerações acerca do tamanho da amostra e número de repetições para avaliação de dados dendrométricos em povoamento clonal de *Eucalyptus saligna***



Dorotéia Maria Martins Flores  
Celso Edmundo Bochetti Foelkel  
Sonia Maria Bitencourt Frizzo  
Gabriel Valin Cardoso  
Claudia Adriana Bróglia da Rosa

**Universidade Federal de Santa Maria**

**Português / Portuguese**



# **Considerações acerca do tamanho da amostra e número de repetições para avaliação de dados dendrométricos em povoamento clonal de *Eucalyptus saligna***

**Dorotéia Maria Martins Flores**

**Celso Edmundo Bochetti Foelkel**

**Sonia Maria Bitencourt Frizzo**

**Gabriel Valin Cardoso**

**Claudia Adriana Bróglia da Rosa**

*Universidade Federal de Santa Maria*

*97105-900 Santa Maria, RS - Brasil*

## **RESUMO**

Esse trabalho teve como objetivo conhecer a variabilidade dos dados dendrométricos e da densidade básica entre árvores clonais de *Eucalyptus saligna* plantadas em um mesmo sítio. Procurou-se também definir o número mínimo de árvores a amostrar (tamanho da amostra) e o número de vezes a se repetir as medições de cada uma das características para garantir qualidade e confiabilidade nas decisões, ao se amostrar o povoamento com finalidades de mensurações desses parâmetros. Com base nos resultados obtidos, chegaram-se às seguintes conclusões: a) apesar de ser um povoamento monoclonal de mesmo sítio, mesma idade, mesmo genoma, foram notadas variações significativas entre os volumes e pesos das árvores individuais; b) frente a essa variabilidade, e para esse povoamento, um número aproximado de 100 árvores precisaria ser amostrado para confiabilidade nas medições dos volumes; c) para cada uma dessas árvores se recomenda medir o volume em duplicata; d) a madeira do *Eucalyptus saligna* apresentou baixa e homogênea densidade básica, de forma que 7 árvores mostraram-se suficientes para estimá-la; e) para as determinações de densidade básica recomenda-se repetir 3 vezes a análise para cada material/árvore para melhor precisão e confiabilidade do valor médio; f) como os dados de peso seco das árvores são mais homogêneos, recomenda-se estimar o valor médio dessa propriedade a partir dos valores médios determinados para volume de madeira comercial e densidade básica média da madeira comercial da árvore integral. Para real representatividade da amostragem, o número de árvores a amostrar é função da característica avaliada, do número de repetições com que se analisa essa característica, com o nível de significância e com a precisão/erro que se deseja cometer. Sugere-se introduzir uma metodologia rotineira para avaliação do tamanho das amostras de árvores em povoamentos que se pretenda estudar os dados dendrométricos com fins de melhoramento florestal.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus saligna*, amostragem, dendrometria, variabilidade, melhoramento florestal

## **Determination of sample size and number of replications to evaluate dendrometric data in a clonal forestry of *Eucalyptus saligna***

### **SUMMARY**

The objective of this paper was the understanding of dendrometric data variability for clonal trees of *Eucalyptus saligna*. From these studies on variability among trees, it was made possible to determine the number of trees to be sampled (sample size). Based on the within-procedure variability, it was possible to suggest the number of replications to guarantee more reliable averages. The following main conclusions could be drawn: a) significant variability could be noticed for some of the parameters, mainly to those related to tree and wood volumes; b) in this particular stand, a number of around 100 trees was recommended as sample size, mainly due to the variability on tree volume; c) for each tree, the volume is suggested to be measured twice; d) wood basic density was found to be homogeneous, but it was low ( ca. 0.4 g/cm<sup>3</sup> ) for *Eucalyptus saligna* standards; e) at 95% significance level, the sample size for wood basic density was 7 trees , and 3 was the required number of replications to have the test performed for each tree. As routine, the researcher should perform a pre-test to figure out the sample size or number of trees to be sampled. Sample size is dependent on the evaluated property variability, the number of replications, and the targeted levels of significance and accuracy.

**Keywords:** *Eucalyptus saligna*, sampling, dendrometry, variability, forest breeding

### **INTRODUÇÃO**

O *Eucalyptus* é um dos principais fornecedores de madeira para a indústria de base florestal no Brasil. Entretanto, devido à grande diversidade das espécies, a facilidade de hibridação e também pela amplitude de sítios e locais onde é plantado comercialmente, as variações entre árvores e a própria variabilidade da madeira é bastante alta (FOELKEL & BARRICHELO, 1975).

As empresas usam o melhoramento florestal devido a sua importância para a produtividade florestal e aplicabilidade da madeira, com a finalidade de utilização da matéria-prima de qualidade para atender um determinado produto final (SILVA JUNIOR, 1996).

Segundo FERREIRA & KAGEYANA (1978), as indústrias que utilizam a madeira de eucalipto como matéria-prima sempre necessitam de informações básicas quanto as suas qualidades. Por isso, o estudo da variabilidade é altamente importante para a determinação da adequação da espécie e de sua madeira à finalidade desejada.

A utilização de clones para a formação de florestas possibilita maior homogeneização da matéria-prima a ser utilizada pela indústria. Os clones significam também uma forma rápida e eficiente

de se obter ganhos genéticos e econômicos. A clonagem de indivíduos selecionados contorna em parte o problema da variabilidade e agrega mais homogeneidade à madeira e à plantação florestal (FOELKEL & ASSIS, 1995). Entretanto, mesmo plantios monoclonais têm mostrado variabilidade entre árvores que exigem cuidados especiais para serem amostrados (FLORES et al., 1999).

Há por parte dos pesquisadores, uma pequena preocupação em quantificar o número de árvores a amostrar e o número de repetições por árvore para representar uma determinada população florestal em função da característica tecnológica da madeira e da celulose. Poucos são os trabalhos encontrados na literatura sobre esse particular assunto (FONSECA, 1996; FLORES et al., 1999).

Um dos grandes problemas na pesquisa florestal é a seleção de uma amostra representativa da população a testar para garantir qualidade nas decisões. O tamanho depende da variabilidade da propriedade avaliada, do número de repetições com que se analisa essa propriedade, com o nível de significância e com a precisão/erro que se deseja cometer.

É sabido que a moderna ciência florestal se alicerça em programas de melhoramento da madeira para fins tecnológicos. Por outro lado, o que assusta e causa preocupação, é que a amostragem das árvores e da madeira tem sido feita de forma empírica, pouco científica e com base em pouquíssimos indivíduos. Além disso, frente à complexidade e ao tempo consumido pelos ensaios, a maioria dos pesquisadores opta por adotar poucas repetições para avaliar os tratamentos em teste. Por isto, são muito grandes as chances de se cometerem erros graves nas decisões de seleção de árvores superiores ou de clones superiores frente às características desejadas pelo programa de melhoramento da qualidade florestal, tanto das árvores como da madeira.

O presente trabalho teve como objetivos conhecer a variabilidade entre árvores clonais de *Eucalyptus saligna* plantadas em um mesmo sítio, estudando as características dendrométricas, além de complementar os estudos anteriores (FLORES, et al. 1998; FLORES, 1999). A partir dessas variabilidade, procurou-se mostrar uma metodologia para se estimar o tamanho das amostras e o número mínimo de repetições para as avaliações dendrométricas.

## REVISÃO DA LITERATURA

Segundo ONUKI (19--), as árvores em seus ambientes naturais, principalmente as de clima tropical, apresentam grande variabilidade genética. Não somente devemos nos preocupar com a conservação da variabilidade genética, visando a prevenção de catástrofes ecológicas, mas também com a própria alternância dos mercados consumidores de produtos de origem florestal, que tendem, com o aumento do desenvolvimento tecnológico, a exigir matérias-primas com características diferenciadas e específicas. Além disso, as alterações nas características dos produtos lançados no mercado exigem uma dinâmica no manuseio desses bancos de genes.

Conforme WEHR (1991), as variações ocorridas nas diferentes espécies de *Eucalyptus* e em diversas regiões do Brasil são devidas, principalmente, a distintas procedências das sementes, clima, solo, técnicas de manejo florestal, entre outras causas, determinando, assim, que as indústrias, ao

utilizarem madeiras com diferentes qualidades, necessitem conhecer as implicações destas variações no seus processos de produção.

A produtividade da floresta depende de vários fatores, dentre os quais, os mais importantes estão relacionados à qualidade genética do material, do local de implantação, das condições climáticas e das práticas de manejo empregadas na condução da floresta (KIKUTI & NAMIKAWA, 1990).

Atualmente, são usadas técnicas que permitem a reprodução de árvores com características genéticas idênticas às das árvores mães. Esse material permite contribuir, em maior ou menor proporções, para a melhoria da qualidade dos produtos fabricados a partir dessas árvores. Este sucesso foi graças ao fato de o eucalipto possuir variabilidade genética favorável ao melhoramento. Isso foi acelerado pela capacidade de hibridação e herdabilidade de características positivas, conduzindo a madeiras de melhores propriedades e mais uniformes para utilização na produção industrial (FOELKEL, 1974; SILVA et al., 1997).

Existem caracteres que não sofrem grandes alterações com as variações ambientais, porém, os caracteres de maior interesse econômico geralmente são quantitativos. Portanto, pequenas variações no ambiente são suficientes para provocarem modificações fenotípicas significativas nas espécies florestais, como acontece com a produção, altura, diâmetro, etc. Deve-se considerar a possibilidade de que os fenótipos dessas árvores sejam influenciados positiva ou negativamente pelo ambiente e que ocorram interações genótipo x ambiente (VALERA & KAGEYAMA, 1988).

Segundo FONSECA et al. (1996), para avaliar o potencial qualitativo da madeira de povoamentos de clones, o número de árvores necessárias certamente será menor do que para povoamentos plantados por mudas de sementes, uma vez que possíveis variações entre os valores da característica analisada, de uma árvore para outra, e dentro de um mesmo clone, só poderão ser devidos a fatores ambientais.

FONSECA et al. (1996) acreditam que a melhor maneira para determinar o número mínimo de árvores a serem amostradas seja pelo método da estabilização dos valores do desvio padrão. As avaliações das propriedades químicas e físicas em árvores não levam em consideração apenas um indivíduo, mas também as variações na população à qual o indivíduo pertence. Outros fatores são a grandeza da variabilidade da população, bem como o ambiente. Para caracterizar a população, deve-se levar em conta a dimensão e a natureza da variabilidade intra-populacional, afetando assim, o número de árvores a ser amostrado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **1ª Etapa: Variabilidade entre árvores e determinação do número de árvores a amostrar para avaliação das características dendrométricas.**

Foi escolhido para o estudo um talhão monoclonal de *Eucalyptus saligna*. Dentro deste, foi delimitada uma parcela amostral contendo 15 linhas e 15 árvores por linha, com um espaçamento de 9 m<sup>2</sup> para cada árvore. Evitava-se a linha de bordadura. Após, foram marcados os indivíduos dentro da parcela. Para isso, numeraram-se as linhas de 1 a 15 e dentro das linhas sortearam-se

aleatoriamente os indivíduos a serem amostrados. Para cada linha sorteou-se uma árvore, tendo sido, no total, 15 árvores amostradas. Após a derrubada das árvores, foram retirados dois discos a cada posição amostrada do tronco. Cada disco tinha espessura de 2,0 - 2,5 cm. As seguintes posições da árvore foram amostradas: 50 cm da base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, sendo esta última com diâmetro mínimo de 6 cm (com casca). Para a retirada dos discos utilizou-se plástico a fim de evitar o contato dos mesmos com o solo, e assim, possíveis contaminações. Estes discos foram identificados e numerados conforme a árvore e posição da mesma. As medições do diâmetro do cerne, alburno e casca foram feitas com os discos ainda úmidos, e a seguir eles foram secados ao ar.

Selecionou-se um disco por altura, e deste retiraram-se duas cunhas opostas de 45 graus, fracionadas em cerne e alburno para a obtenção da densidade básica, pelo método de imersão, segundo VITAL (1984). Foram feitas as determinações da densidade básica média da árvore sem casca, do alburno e do cerne, volume comercial com casca e sem casca, fator de forma com casca, volume de casca, cerne e alburno, % volumétrica de casca base árvore comercial com casca, % volumétrica de cerne e de alburno base volume sem casca da árvore comercial, peso seco da árvore comercial sem casca, de cerne e de alburno, segundo a metodologia RIOCELL (1983).

Para a determinação do número mínimo e estimado de árvores a amostrar em função da variabilidade encontrada e do erro que se queria cometer, foi utilizada a fórmula adaptada e expressa por  $N = [(t_{1-\alpha/2} \cdot DP) \div (IC \div 2)]^2$ , onde: N = Número mínimo e estimado de árvores a amostrar no povoamento para cada tipo de análise; t = valor estatístico "t" de Student, considerando a amostra de 15 árvores no estabelecimento do intervalo de confiança,  $t_{95\%} = 2,145$ ; DP = Desvio padrão; IC = Amplitude do intervalo de confiança (ou "erro máximo" que se quer cometer), com valor pré-estabelecido, em função do conhecimento tecnológico e do nível de precisão desejado (GUENTHER, 1965; FREESE, 1967).

## **2ª Etapa: Erro metodológico para cada avaliação dendrométrica e estimativa do número de vezes a repetir a determinação para cada árvore amostrada.**

A partir do momento que se conhece o número de árvores a amostrar, resta uma segunda questão a ser respondida, que é a necessidade de se conhecer quantas vezes repetir cada determinação dendrométrica para cada árvore, já que a cada determinação estamos cometendo um erro metodológico, que envolve tanto a variação do acaso, como também erros sistemáticos do amostrador e analista, do instrumento de medição, etc.

Para responder a isso, a amostragem foi feita no mesmo talhão monoclonal de *Eucalyptus saligna*. Dentro desse, foi escolhida uma única árvore com boas características silviculturais (forma, sanidade, retidão do fuste, etc.) e com diâmetro à altura do peito com casca próximo à média das 15 árvores colhidas para a fase anterior da pesquisa (cerca de 22 cm). Essa árvore foi abatida e seccionada em discos colhidos às mesmas alturas pré-estabelecidas de 50 cm da base, 25%, 50%, 75%, 100% da altura comercial. Os discos foram colhidos da mesma forma que no item anterior, exceto que de cada altura eram retirados 30 discos. Dessa forma, era possível se constituir 10

árvores “hipotéticas”, com 15 discos colhidos por “árvore”, sendo 3 a uma das cada alturas amostradas. Chamou-se cada árvore hipotética de uma repetição para a mesma árvore real. Um único analista executou todas as medições das propriedades analisadas, não se alterando equipamentos ou formas/procedimentos analíticos.

Para cada repetição, foram analisadas todas as determinações dendrométricas igual ao item anterior. Para cada propriedade analisada determinaram-se média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação.

Para a determinação do número de repetições foi utilizada a mesma fórmula adaptada a partir de GUENTHER (1965) e FREESE (1967) e expressa por:  $n = [(t_{1-\alpha/2} \cdot DP) \div (IC \div 2)]^2$ , onde: n = Número de repetições a adotar; t = valor estatístico “t” de Student, considerando a amostra de 10 “árvores hipotéticas”,  $t_{95\%} = 2,262$ ; GI = Graus de liberdade, igual a 9; DP = Desvio padrão; IC = Amplitude do intervalo de confiança ou amplitude máxima para que a média verdadeira esteja contida na mesma para o nível de significância adotado ( ou seja, o "erro máximo" que se aceita cometer).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ⇒ Variabilidade das características dendrométricas e a estimativa do número mínimo de árvores a amostrar (tamanho da amostra)

Em razão da ocorrência de variações entre árvores para as características silviculturais, o número de árvores a serem amostradas para representar uma população é de extrema importância. O número de árvores variou em função da característica avaliada, variabilidade da propriedade e do intervalo de confiança pré-estabelecido (IC), do número de repetições adotado e do nível de significância desejado.

Nas Tabela 1, são apresentados as médias gerais dos dados dendrométricos, os desvios padrões, os intervalo de confiança e os números mínimos de árvores a amostrar para o povoamento clonal de *Eucalyptus saligna*.

TABELA 1 – Média geral, desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e estimativa dos números mínimos de árvores a amostrar ( $N_{95\%}$ ) para os dados dendrométricos ( parte 1).

<b>Variáveis</b>	<b>Médias</b>	<b>CV (%)</b>	<b>DP</b>	<b>IC</b>	<b>N<sub>95%</sub></b>
dap c/c, (cm)	21,9	9,68	2,12	±1,0	20
dap s/c, (cm)	20,2	11,43	2,31	±1,0	22
h, (m)	29,19	5,45	1,59	±0,4	63
hc, (m)	24,62	7,07	1,74	±0,4	75
Fator de forma c/c	0,541	7,14	0,04	±0,02	18
Db da madeira da árvore integral sem casca, (g/cm <sup>3</sup> )	0,404	2,29	0,009	±0,01	7
Db do alburno integral na árvore, (g/cm <sup>3</sup> )	0,404	2,75	0,011	±0,01	8
Db do cerne integral na árvore, (g/cm <sup>3</sup> )	0,404	2,92	0,012	±0,01	9

Como podemos verificar na Tabela 1, as árvores amostradas apresentam dap médio (com casca) de 21,9 cm, com coeficiente de variação (CV) de 9,68% e dap médio (sem casca) de 20,2 cm, com CV de 11,43%. A altura total média da amostra coletada foi de 29,19 m, com CV de 5,45% e a altura comercial média foi de 24,62 m, com CV de 7,07%. De um modo geral, apesar de se tratarem de árvores originadas de um único clone, houve variação entre os dados observados, devendo esta ter sido causada por efeitos ambientais. Portanto, pequenas variações no ambiente são suficientes para provocarem modificações fenotípicas significativas (VALERA & KAGEYANA, 1988).

A quantificação dos números de árvores a serem amostradas (N<sub>95%</sub>) e dentro de intervalos de confiança pré-estabelecidos para as características dap c/c e s/c, altura total e comercial e fator de forma c/c foram de 20, 22, 63, 75, 18 árvores, respectivamente.

Os dados mostram que existiu bastante variação entre as árvores, embora as amostras sejam originárias de um mesmo clone e de mesmo sítio. FONSECA et al. (1996), concluiu que as possíveis variações entre os valores da característica analisada, de uma árvore para outra e dentro de um mesmo clone, só poderão ser devidos a fatores ambientais. Entretanto, o conceito de fatores ambientais é muito mais amplo que apenas sítio: varia desde a qualidade das mudas, a forma como foram plantadas, a fertilização de cada uma, a mata competição, o ataque diferenciado de insetos, o pisoteio por animais, etc.

Na amostra de 15 árvores coletadas no povoamento para esse estudo encontrou-se uma média de fator de forma (c/c) de 0,541, variando de 0,472 a 0,636, com um coeficiente de variação de 7,14%. De qualquer maneira, a variação para fator de forma é uma indicação que há muito espaço para se trabalhar com essa característica a nível de forma das árvores. Mesmo árvores clonais mostraram amplitude tão significativa para fator de forma.

A Tabela 1 apresenta também as densidades básicas da madeira integral e das madeiras de alburno e cerne. Observou-se uma pequena variação, de 2,29; 2,75 e 2,92% de coeficiente de variação para densidade básica da madeira integral sem casca, alburno e cerne, respectivamente. Esta variação, embora pequena, foi expressiva em se tratando de árvores todas com o mesmo genótipo.



Os resultados encontrados para densidade básica da madeira integral sem casca, alburno e cerne, foram de  $0,404 \text{ g/cm}^3$  para todas as três variáveis, com uma amplitude de  $0,384$  a  $0,417 \text{ g/cm}^3$  para Db da madeira integral sem casca, de  $0,377$  a  $0,419 \text{ g/cm}^3$  para Db de alburno e de  $0,386$  a  $0,421 \text{ g/cm}^3$  para Db de cerne.

FERREIRA (1996), estudando o *E. saligna* com 6 anos de idade, onde foram amostradas 15 árvores, verificou valores médios para Db integral de  $0,445 \text{ g/cm}^3$  variando de  $0,397$  a  $0,490 \text{ g/cm}^3$  (CV= 3,90%), para Db cerne média de  $0,403 \text{ g/cm}^3$  variando de  $0,156$  a  $0,463 \text{ g/cm}^3$  (CV = 9,70%) e para Db alburno média de  $0,451 \text{ g/cm}^3$  variando de  $0,397$  a  $0,502 \text{ g/cm}^3$  (CV = 4,32%).

Em relação à densidade básica do cerne das árvores amostradas, verificou-se na Tabela 1, que estas apresentaram valores inferiores aos encontrados para densidade básica de alburno, em torno de 50% das árvores. Esta situação pode ser atribuída à juvenilidade das árvores amostradas. É comum em madeiras jovens o cerne ser menos denso do que o alburno, segundo FOELKEL (1978).

A média para densidade básica da madeira da árvore integral, desta amostra de 15 árvores, foi de  $0,404 \text{ g/cm}^3$ . Este resultado indica que esta densidade básica foi inferior as normalmente verificadas por outros autores, ficando abaixo da faixa ( $450$  a  $550 \text{ kg/cm}^3$ ) sugerida como padrão por FOELKEL (1978).

O número estimado de árvores para representar o povoamento em termos da densidade básica das madeiras da árvore integral sem casca, alburno e cerne, com 95% de significância e dentro do IC preestabelecido, foi de 7, 8 e 9 árvores, respectivamente.

Segundo GONZAGA (1983) e SOUZA et al. (1986), esta característica de baixa densidade básica, não impede a madeira de ter bom potencial celulósico, pois deve consumir menos álcali no cozimento, apresentando também condições mais fáceis de branqueamento, já que gera menor quantidade de rejeitos. No final do processo pode resultar em um rendimento base peso de madeira possivelmente mais alto. Entretanto, quando a comparação se fizer com base em volume de madeira em toras ou cavacos, a perda de produção em celulose dos digestores poderá ser dramática. Em geral, madeiras de baixa densidade, como foi o caso, resultam em possíveis perdas diárias de produção, já que para mesma carga de volume de digestor, estará se produzindo menor quantidade de celulose.

Madeiras com densidade abaixo de  $0,400 \text{ g/cm}^3$  mostram características indesejáveis (alto teor de vasos, alto teor de parênquima). No entanto, para qualidade da madeira de eucalipto pouco densa, observa-se uma maior facilidade de deslignificação, pois a penetração do licor é mais fácil e o rendimento base peso às vezes é até melhor que as madeiras de média densidade (FOELKEL, 1978).

Valores superiores aos encontrados por este trabalho são relatados por BARRICHELO & FOELKEL (1976), sendo as médias para densidade básica variando entre  $0,530$  a  $0,610 \text{ g/cm}^3$  para amostras de *E. saligna* com 8 a 13 anos de idade. Em estudo de diferentes espécies de *Eucalyptus* realizado por FOELKEL et al. (1975), foi observado que madeiras de *E. saligna* ( $0,530$  e  $0,610 \text{ g/cm}^3$ ) caracterizam-se por apresentarem valores médios de Db.

FERREIRA & KAGEYANA (1978), ao estudarem algumas espécies de *Eucalyptus* com 5 a 7 anos de idade, afirmam que o *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus botryoides* apresentam valores de densidade média da madeira muito semelhantes, em torno de  $0,430 \text{ g/cm}^3$  a  $0,500 \text{ g/cm}^3$ . SOUZA et al. (1986), estudando as espécies *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, verificaram que o *Eucalyptus saligna* apresentava maior densidade da madeira,

ao redor de  $0,508 \text{ g/cm}^3$ . Já LIMA et al. (1993), encontraram valores para densidade básica de  $0,522 \text{ g/cm}^3$ .

MEZZOMO (1995) e SILVA JUNIOR (1996), estudando o *Eucalyptus saligna* na faixa de 7 a 8 anos de idade, verificaram valores de  $0,45$  e  $0,467 \text{ g/cm}^3$  para densidade básica, respectivamente. FREDDO (1997), observou valores de  $0,453 \text{ g/cm}^3$  para árvores com 52 meses de idade, plantadas na mesma região geográfica do povoamento amostrado nessa pesquisa.

KIBBLEWHITE et al. (1998), estudando a qualidade da madeira de 29 indivíduos de *Eucalyptus nitens*, verificaram uma grande variação para a densidade básica variando de  $390\text{-}556 \text{ kg/m}^3$  (CV=8,06%). Deve-se ressaltar que existem idades diferentes na comparação dos resultados.

TABELA 2 – Média geral, desvio padrão (DP), intervalo de confiança (IC) e estimativa dos números mínimos de árvores a amostrar ( $N_{95\%}$ ) para os dados dendrométricos (parte 2).

<b>Variáveis</b>	<b>Médias</b>	<b>CV (%)</b>	<b>DP</b>	<b>IC</b>	<b><math>N_{95\%}</math></b>
Volume comercial c/c, ( $\text{m}^3$ )	0,505	21,78	0,11	$\pm 0,02$	119
Volume comercial s/c, ( $\text{m}^3$ )	0,448	22,32	0,10	$\pm 0,02$	98
Volume de casca, ( $\text{m}^3$ )	0,057	24,44	0,01	$\pm 0,006$	14
Volume do cerne, ( $\text{m}^3$ )	0,185	25,93	0,06	$\pm 0,02$	38
Volume do alburno, ( $\text{m}^3$ )	0,207	21,49	0,04	$\pm 0,02$	18
Peso seco da árvore comercial sem casca, (t.)	0,1809	22,08	0,04	$\pm 0,025$	13
Peso seco do cerne na árvore, (t.)	0,0973	24,67	0,02	$\pm 0,025$	3
Peso seco do alburno na árvore, (t.)	0,0837	22,38	0,02	$\pm 0,025$	3
% Volumétrica casca na árvore total	11,31	16,55	1,87	$\pm 1,0$	16
% Volumétrica cerne na árvore s/c	53,61	7,91	4,24	$\pm 2,0$	20
% volumétrica alburno na árvore s/c	46,39	9,14	4,24	$\pm 2,0$	20

De acordo com a Tabela 2, os resultados médios obtidos para volume comercial (c/c) foi de  $0,505 \text{ m}^3$  com uma amplitude variando de  $0,320$  a  $0,681 \text{ m}^3$  e um CV de 21,78% e para volume comercial (s/c) foi de  $0,448 \text{ m}^3$  com uma amplitude variando  $0,278$  a  $0,612 \text{ m}^3$  e um CV de 22,32%. Os dados mostram uma grande variação entre as árvores para as variáveis volumes, o que pode ser notado pelo coeficiente de variação para todas as variáveis volume. O volume varia em função das condições do ambiente (clima, solo, topografia, etc.) onde a árvore se desenvolve. Logo, a homogeneidade em povoamentos clonais pode ser melhor que em povoamentos de mudas por sementes, mas ela não é tão homogênea como muitos acreditam.

Para a quantificação do volume comercial c/c e s/c foram mostradas serem necessárias 119 e 98 árvores, enquanto que para os volumes de casca, de cerne e de alburno foram necessárias 14, 38 e 18 árvores para representar estas características no povoamento clonal de *E. saligna*, respectivamente.

FERREIRA (1996), estudando o *E. saligna* com 6 anos de idade encontrou valores por árvore para volume total c/c de 0,267 m<sup>3</sup> (amplitude de 0,034 a 0,526 m<sup>3</sup>, CV = 47,78%) e volume total s/c de 0,235 (amplitude de 0,029 a 0,462 m<sup>3</sup>, CV = 48,08%).

Os valores encontrados para peso seco da árvore, do cerne e do alburno; e percentagens volumétricas de casca, cerne e alburno estão apresentados na Tabela 2.

De acordo com a Tabela 2, os resultados médios obtidos para peso seco da árvore (s/c), cerne e alburno foram de 0,181; 0,097 e 0,084 t., respectivamente. FERREIRA (1996), estudando o *Eucalyptus saligna* aos 6 anos de idade (Horto Barba Negra, Barra do Ribeiro – RS), com 15 árvores amostradas, encontrou os seguintes resultados: para peso seco total (s/c) a média foi de 0,104 t. e com amplitude variando de 0,013 a 0,203 t. (CV = 46,53%), para peso total de cerne foi de 0,032 t. e com amplitude de 0,003 a 0,032 t. (CV = 53,66%) e para peso total de alburno foi de 0,094 t. e com amplitude variando de 0,042 a 0,156 t. (CV = 32,06%).

Na Tabela 2, são encontrados valores médios para % volumétrica de casca de 11,31%, com CV de 16,55%; % volumétrica de cerne de 53,61%, com CV de 7,91% e % volumétrica de alburno de 46,39%, com CV de 9,14%. Pode-se observar que houve uma pequena variação entre os valores das % volumétricas dos constituintes do lenho, mas a % volumétrica de casca foi mais variável (CV = 16,55%).

Os valores da variabilidade para peso seco da árvore sem casca, cerne e alburno proporcionam, dentro de IC preestabelecido e com 95% de significância, estimar 13, 3 e 3 árvores para representar as características do povoamento, respectivamente. Para % volumétricas de casca, cerne e alburno foram estimados tamanhos de amostras de 16, 20 e 20 árvores, respectivamente.

FERREIRA (1996) e FREDDO (1997), encontraram valores médios superiores para % volumétrica de casca (12,51% e 12,8%, respectivamente). Ambos autores estudaram o *Eucalyptus saligna* com idade de 72 e 52 meses e verificaram que as árvores continham muito mais alburno (79,12% e 76,0%) do que cerne (22,38 e 24,0%), respectivamente.

Conforme a variabilidade da propriedade, quando determinada dez vezes repetidamente, resulta num estimado número de repetições a adotar. Esse número de repetições varia também conforme o grau de precisão desejado e com o nível de significância adotado.

### ⇒ **Determinação do número de repetições a adotar para as determinações dendrométricas de cada árvore amostrada**

A Tabela 3 apresenta a média geral, coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), intervalo de confiança preestabelecido (IC) e o número de repetições a adotar ( $n_{95\%}$ ) para os dados dendrométricos.

TABELA 3 – Número de repetições a adotar para dados dendrométricos.

<b>Variáveis</b>	<b>Médias</b>	<b>CV( %)</b>	<b>DP</b>	<b>IC</b>	<b>n<sub>95%</sub></b>
dap com casca, (cm)	22,2	0,843	0,187	±0,5	1
dap sem casca, (cm)	20,9	0,843	0,176	±0,5	1
h, (m)	32,0	0,025	0,008	±0,2	1
hc, (m)	27,6	0,028	0,007	±0,2	1
Fator de forma c/c	0,537	2,928	0,016	±0,015	6
Db da madeira da árvore integral sem casca ( g/cm <sup>3</sup> )	0,404	0,91	0,00366	±0,005	3
Db alburno integral árvore (g/cm <sup>3</sup> )	0,404	0,89	0,00327	±0,005	3
Db cerne integral árvore (g/cm <sup>3</sup> )	0,403	0,72	0,00290	±0,005	2

As medições na árvore escolhida para avaliar a repetibilidade e a precisão das metodologias, mostraram baixos coeficientes de variação para o diâmetro (c/c, s/c), altura total e comercial. Para essas características, uma única determinação por árvore se mostrou suficiente dentro de um determinado erro pré-fixado a 95% de significância, para se garantir um resultado fidedigno. Para a variável fator de forma, em função da maior variabilidade entre determinações, mostrou uma necessidade de se repetir 6 vezes as determinações por árvore. Em parte isso se deve à forma como esse fator foi determinado, com base em poucas alturas de amostragem. Para uma mais precisa determinação do fator de forma e melhor cubagem dos volumes parciais da árvore, sugere-se aumentar o número de alturas de amostragem ao invés de se repetir mais vezes a determinação para a mesma árvore, usando-se menos alturas amostradas.

Para a densidade básica das madeiras integral, alburno e cerne encontrou-se para a árvore selecionada valores médios praticamente iguais às médias das 15 árvores escolhidas para avaliar a variabilidade entre as árvores. O coeficientes de variação foram baixos, próximos a 1%. O número de repetições, para uma avaliação dentro do erro que se optou por cometer, variou entre 2 a 3, conforme o tipo de madeira. Para a densidade básica da madeira recomenda-se então repetir 2 a 3 vezes a determinação para a mesma árvore, conforme a metodologia preconizada de amostragem.

TABELA 4 - Número de repetições a adotar para dados dendrométricos

<b>Variáveis</b>	<b>Médias gerais</b>	<b>CV (%)</b>	<b>DP</b>	<b>IC</b>	<b>n<sub>95%</sub></b>
Volume comercial c/c, (m <sup>3</sup> )	0,575	2,106	0,012	±0,02	2
Volume comercial s/c, (m <sup>3</sup> )	0,508	2,251	0,011	±0,02	2
Volume de casca, (m <sup>3</sup> )	0,067	6,850	0,005	±0,006	4
Volume do cerne, (m <sup>3</sup> )	0,286	2,931	0,008	±0,02	1
Volume do alburno, (m <sup>3</sup> )	0,222	1,865	0,004	±0,02	1
Peso seco da árv. comercial s/c, (t.)	0,205	2,45	0,005	±0,005	7
Peso seco do cerne na árvore, (t.)	0,115	2,91	0,003	±0,005	3
Peso seco do alburno na árvore, (t.)	0,089	2,18	0,002	±0,005	1
% Volumétrica de casca na árvore	11,73	6,46	0,757	±0,5	12
% Volumétrica de cerne na árvore	56,32	1,012	0,570	±1,0	2
% Volumétrica de alburno na árvore	43,67	1,306	0,570	±1,0	2

Na Tabela 4, apresenta-se uma necessidade de se repetir 2 vezes as determinações feitas para volumes comerciais c/c, s/c e % volumétrica de cerne e alburno para a mesma árvore, apresentando baixos coeficientes de variação entre 1 a 2,5%. Já para as variáveis volume de cerne, de alburno e peso seco de alburno faz-se necessário apenas 1 repetição. Por outro lado, as variáveis volume de casca, peso seco da árvore comercial sem casca e peso seco de cerne, % volumétrica de casca, mostraram coeficientes de variação entre 2 a 7%. Frente a essas variações exigiu-se um número maior de repetições, entre 3 a 12, para a mesma árvore, para assim garantir melhor precisão dos resultados.

## CONCLUSÕES

Como era de se esperar, foi notada variabilidade entre as diferentes árvores amostradas e para algumas características, essa variabilidade foi acentuada, apesar de se estar trabalhando com povoamento clonal de mesmo sítio. Para as determinações de DAP e fator de forma, cerca de 20 árvores é um tamanho de amostra adequado, frente às pré-exigências da pesquisa; para a altura da árvore recomenda-se cerca de 70 árvores e para o volume 100. Como na determinação de volume, as determinações de altura e DAP são pré-requisitos, para o povoamento em questão, o tamanho da amostra sugerido é de 100 árvores. Para o número de vezes a repetir a medição de volume para cada árvore, a sugestão é de fazê-lo duas vezes. Para a análise da densidade básica, recomenda-se amostrar 7 árvores e repetir 3 vezes a determinação para cada árvore. Para o peso seco da árvore, o tamanho indicado de amostra foi de 13 árvores, repetindo-se o procedimento 7 vezes por árvore. O tamanho da amostra é dependente da variabilidade da propriedade em estudo, do número de repetições a adotar e dos níveis de significância e precisão que se deseja trabalhar. Como rotina, ao

pesquisador existe a possibilidade de realizar pré-testes para estimar adequadamente o número de árvores a amostrar para garantir melhor qualidade em suas determinações.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Klabin Riocell S/A, à CAPES e à Universidade Federal de Santa Maria por criarem as condições necessárias para a execução e elaboração desse trabalho de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRICHELO, L.E.G., FOELKEL, C.E.B. Estudos para produção de celulose de seis espécies de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v.12, p.77-95, 1976.
- CARPIM, M.A., BARRICHELO, L.E.G. Variabilidade da densidade de madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CELULOSE E PAPEL, 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1983. p. 127-137.
- FERREIRA, G.W. **Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* Maiden plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Smith.** Santa Maria: UFSM, 1996. 128p. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1996.
- FERREIRA, M., KAGEYAMA, P.Y. Melhoramento da densidade básica da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, v.6, n.20, p.A1-A14, 1978.
- FLORES, D.M.M. **Variação das características dendrométricas da qualidade da madeira e da celulose entre árvores de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith.** Santa Maria: UFSM, 1999. 91p. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1999.
- FLORES, D.M.M, FRIZZO, S.M.B., FOELKEL, C.E.B. Estudo da variabilidade de um povoamento clonal entre árvores de *Eucalyptus saligna* Smith. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1998.
- FOELKEL, C.E.B. Rendimento em celulose sulfato de *Eucalyptus* spp. em função do grau de designificação e da densidade da madeira. **IPEF**, Piracicaba, v.9, p.61-77, 1974.
- FOELKEL, C.E.B. Madeiras de eucalipto: da floresta ao digestor. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Celulose e Papel, 1978. p.E1-E25.
- FOELKEL, C.E.B., ASSIS, T.F. de New pulping technology and *Eucalyptus* wood: the role of soil fertility, plant nutrition and wood ion content. In: CRC FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY, 1995, Hobart. **Anais...** Hobart: CRC, 1995. 487p. p.10-14.
- FOELKEL, C.E.B., BARRICHELO, L.E.G., MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus maculata*, *Eucalyptus tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, v.10, p.17-37, 1975.
- FONSECA, S.M., OLIVEIRA, R.C., SILVEIRA, P.N. Seleção da árvore industrial. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.1, p.69-85, 1996.

- FREDDO, A. **Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada**. Santa Maria: UFSM, 1997. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters**. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 1967. 87p.
- GONZAGA, J.V. **Qualidade de madeira e da celulose kraft de treze espécies de *Eucalyptus***. Viçosa: UFV, 1983. 119 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- GUENTHER, W.C. **Concepts of statistical inference**. New York: McGraw-Hill Book, 1965. 353p.
- KIBBLEWHITE, R.P., RIDDELL, M.J.C., SHELBORNE, C.J.A. Kraft fibre and pulp qualities of 29 trees of New Zealand grown *Eucalyptus nitens*. **Appita Journal**, v. 51, n. 2, p. 114-121. 1998.
- KIKUTI, P., NAMIKAWA, I.S. Estudo da interação clone x níveis de adubação em *Eucalyptus saligna*. **O Papel**, São Paulo, n.3, p.37–44, 1990.
- LIMA, A.F., OLIVEIRA, G., FRANCO, L.C. et al. **Avaliação do *Eucalyptus dunnii* como matéria-prima alternativa para a RIOCELL**. Guaíba: RIOCELL, 1993. 13p. (Relatório Técnico, 596).
- MEZZOMO, L.X. **Potencialidade de *Eucalyptus cloeziana* S. Muell, *E. citriodora* Hook, *E. urophylla* St Blake e *E. urophylla* x *E. grandis*, cultivados na Bahia, para produção de celulose solúvel**. Santa Maria: UFSM, 1996. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, 1995.
- ONUJI, M. Celulose: a nossa riqueza (II). **A Garça**. Guaíba: Riocell, 19--.
- RIOCELL. **Determinação dos parâmetros dendrométricos de uma árvore**. Guaíba [1983]. 34p.
- SILVA JUNIOR, F.G. Estratégia de melhoramento genético para a qualidade: carvão vegetal. In: SIMPÓSIO IPEF, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. 1996. v.3, p.5-18.
- SILVA, D. J., OLIVEIRA, R. C., COLODETTE, J.L. et al. Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e na qualidade da polpa kraft de clones de eucalipto. **O Papel**, São Paulo, n.2, p.33–43, 1997.
- SOUZA, V.R., CARPIM, M.A., BARRICHELO, L.E.G. Densidade básica entre procedências, classes de diâmetro e posição em árvores de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, v.33, p.63-72, 1986.
- TRUGILHO, P. F., LIMA, J.T., MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.94-111, 1996.
- VALERA, F.P., KAGEYAMA, P.Y. Integração genótipo x espaçamento em progênie da *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v.39, p.5-16, 1988.
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. **Boletim Técnico SIF**, n.1, p.1-21, 1984.
- WEHR, R.T. **Variações nas características da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e suas influências na qualidade de cavacos em cozimento kraft**. Piracicaba: ESALQ, 1991. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz”, 1991.