

Nota Técnica/Technical Note

ESTIMATIVA DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE UM HÍBRIDO CLONAL DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* POR MÉTODO NÃO DESTRUTIVO

Fabricio Gomes Gonçalves¹, José Tarcísio da Silva Oliveira², Mário Tomazello Filho³,
Gabriel Dehon Sampaio Peçanha Rezende⁴

(recebido: 14 de novembro de 2006; aceito: 19 de novembro de 2007)

RESUMO: A densidade da madeira é uma das características mais importantes para as indústrias de madeira sólida. Neste trabalho, testou-se a eficiência de sua determinação de maneira indireta por meio da penetração do pino do pilodyn. Buscou-se, também, uma comparação descritiva do comportamento da resistência da madeira à penetração da haste do resistógrafo em árvores cultivadas em três diferentes formas de manejo. A penetração do pilodyn não apresentou correlação satisfatória. Utilizou-se a análise de regressão para estimar a densidade básica da madeira, sendo que o modelo linear apresentou o melhor ajuste ($r^2=34,90\%$). Pelas comparações realizadas através do resistógrafo, sentido casca-medula pôde-se constatar que o aparelho apresentou algumas desvantagens, como por exemplo, o atrito entre a haste e o lenho, que provoca aquecimento e, conseqüentemente, proporciona variação de resultados. Entretanto, o aparelho permitiu a distinção da madeira juvenil e adulta e uma observação satisfatória nos três extratos estudados.

Palavras-chave: Densidade, pilodyn, resistógrafo, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

ESTIMATE OF THE WOOD SPECIFIC GRAVITY IN CLONAL HYBRID OF *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* USING A NON DESTRUCTIVE METHOD

ABSTRACT: Density is one of the most important properties to the solid wood industries. In this work the specific gravity was indirectly determined using an equipment named Pilodyn. It was also used a resistograph to evaluate the relations between resistance in the shaft penetration and specific gravity of eucalypt wood in three different management systems. The pilodyn penetration didn't present satisfactory correlation with the specific gravity. Analysis of regression was used to estimate the wood specific gravity. The linear model presented better adjustment ($r^2=34,90\%$). The measurements made with the resistograph in the pith-bark direction of the trees only allowed to detect the presence of juvenile wood in the treatments. It was not possible to correlate specific gravity with the information generated by the resistograph.

Key words: Specific gravity, pilodyn, resistograph, *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, non destructive essays.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da madeira é um conjunto de características físicas, mecânicas, químicas e anatômicas que lhe conferem aptidão para determinado uso. O gênero *Eucalyptus*, por apresentar inúmeras vantagens, como rápido crescimento volumétrico, boa forma, boa aceitação no mercado e, principalmente, fácil reprodução, tem a madeira mais estudada, no Brasil. Atualmente, são mais de 600 espécies de eucalipto conhecidas - além de um novo gênero, o *Corymbia* - amplamente divulgadas nas mais variadas regiões do mundo, sobretudo no Brasil, onde a variabilidade ambiental permite seu desenvolvimento, em diferentes condições climáticas.

Apesar da grande plasticidade da madeira de eucalipto, é comum alguma empresa dos segmentos produtivos de base florestal trabalhem sem planejamento prévio das suas necessidades de matéria-prima. A demanda é maior que a oferta, e, em muitos casos, trabalha-se com madeira já disponível no mercado, isto é, exploram-se as florestas pré-existentes, normalmente implantadas para produção de energia, celulose, etc. Plantações exclusivas para produção de sólidos destinados à serrarias ainda são muito incipientes no Brasil. Em função disso, o baixo nível de rendimento (m^3/ha) nos sistemas produtivos pré-existentes, e a qualidade do produto final fazem com que os custos de produção sejam fortemente afetados.

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Rua José Procópio de Oliveira, 62 – 39.705-000 – São João Evangelista, MG – fabricio@agronet.gov.br

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Campus Universitário de Alegre – Alto Universitário, S/N – Centro – Cx. P.16 – 29.500-000 – Alegre, ES – jtsilva@npd.ufes.br

³Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP – Av. Pádua Dias, 11 – 13.400-970 – Piracicaba, SP – mtomazel@esalq.usp.br

⁴Engenheiro Florestal, Aracruz Celulose S.A. – Rodovia Aracruz, s/nº – Barra do Riacho – 29.197-900 – Aracruz, ES – gdr@aracruz.com.br

Um dos parâmetros que expressam a qualidade da madeira é a sua densidade. Técnicas que visam a sua determinação sem a necessidade do abate da árvore há muito vêm sendo estudadas e aprimoradas. Inúmeros trabalhos científicos já foram publicados, mediante práticas que utilizam equipamentos para esse fim, como: a penetração do pino do pilodyn, bem demonstrado por Hansen (2000) e o aparelho resistógrafo, utilizado para o mapeamento do estado de sanidade das árvores em paisagismo (IPEF, 1999) e a detecção de árvores com lenho de reação (MATTHECK et al., 1997). A determinação da densidade através do pilodyn é realizada por estimativa, mediante a penetração de uma haste metálica no tronco da árvore, sendo essa penetração inversamente proporcional à densidade da madeira.

A determinação da densidade da madeira mediante uso do resistógrafo é feita com base na resistência à penetração de uma haste ao perfurar a madeira a uma determinada velocidade. Os valores dessa resistência são registrados na memória do aparelho ou, ainda, em uma fita de papel fixada no mesmo. Dessa forma, é gerado um gráfico entre a amplitude e a distância percorrida pela haste, onde, posteriormente, pode-se fazer associações entre essa amplitude e a densidade da madeira (IPEF, 1999; ISIK & LI, 2003).

Hansen (2000) afirma que a densidade da madeira possui um caráter muito complexo e é influenciada por vários fatores, entre eles: o diâmetro das células e a espessura da sua parede; as proporções de lenho inicial e tardio; os teores de celulose e lignina; e os extrativos.

Montagu et al. (2003) mencionam que a associação diferenciada de práticas de manejo pode produzir madeira de boa qualidade, principalmente para indústrias à base de produtos sólidos. Latorraca & Albuquerque (2000) citam que o espaçamento de plantio influencia a massa específica da madeira durante o desenvolvimento inicial das árvores, onde em espaçamentos maiores, antes do fechamento da copa, essas podem apresentar um aumento da sua massa específica.

Alguns autores, como por exemplo, Lopez & Staffieri (1998) afirmam que a penetração do pino do pilodyn detém uma forte correlação com a densidade da madeira, tanto em árvores individuais como em agrupamentos de árvores.

A correlação do resistógrafo com a densidade da madeira é muito complexa, uma vez que o valor da amplitude é relativo. A velocidade de penetração da haste (cm/min) varia com a resistência da madeira, o que depende diretamente da sua dureza e das tensões da árvore, além

do fator de obstrução do canal formado pela haste, provavelmente por resinas presentes naturalmente na madeira. Todos esses fatores são altamente variáveis e impossíveis de controlar. Por isso, há a dificuldade em encontrar uma correlação geral entre amplitude e densidade da madeira (NUTTO⁵, 2005).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a relação entre a densidade básica da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com dois métodos não destrutivos, o pilodyn e o aparelho resistógrafo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material experimental e local de amostragem

Foram amostradas árvores clonais do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em uma área experimental de propriedade da empresa Aracruz Celulose S.A., localizados no Sul do Estado da Bahia, municípios de Mucuri e Nova Viçosa. Foram coletados dados de 15 árvores, sendo pré-selecionadas aquelas com diâmetro entre 28,0 e 30,0 cm à altura do peito (DAP).

O solo local é pertencente à Formação Barreiras, sendo predominante nos três extratos o Podzólico Amarelo Distrófico, que envolve o substrato cristalino e tem um comportamento geológico semelhante ao das áreas do Norte do Estado do Espírito Santo, apresentando um relevo de suave a plano. De acordo com a classificação climática de Köppen, há predomínio do tipo "Af", sendo clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio. A precipitação anual está em torno de 1.378,0 mm, sendo que no mês mais seco ocorre precipitação em torno de 60,0 mm. A região Sul do Estado da Bahia apresenta um déficit hídrico em torno de 124,0 mm e um excedente próximo a 78,0 mm anuais, base em uma série histórica de 10 anos.

No primeiro extrato, foi realizado um desbaste sistemático e seletivo único. No segundo extrato, o primeiro desbaste foi sistemático e seletivo, e o segundo apenas seletivo. Para o terceiro extrato, foi realizado um desbaste seletivo único. No desbaste sistemático foi eliminada uma linha de plantio a cada cinco novas linhas. Foi permitido apenas um broto, na primeira redução da brotação, que aconteceu por volta dos 9 meses.

Observa-se, na Tabela 1, de forma resumida as características gerais dos três diferentes extratos avaliados neste estudo.

⁵Comunicação pessoal do Dr. Leif Nutto, pesquisador do Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universidade de Freiburg, Alemanha.

Tabela 1 – Características gerais dos extratos estudados.**Table 1** – General characteristics of the studied extracts.

	Extratos		
	E1	E2	E3
Época de plantio	03/1999	03/1991	06/1999
Condução de plantio	Talhadia	Reforma	Reforma
Espaçamento (m)	3,0 x 3,0	3,0 x 3,0	6,0 x 2,5
Capina química (unidade)	04	07	01
Roçada manual (unidade)	04	04	04
Idade de corte (meses)	70	166	70
Desbaste (meses)	30	117 e 153	42
Nº de cepas (a partir de 9 meses)	01	01	01
Volume de madeira/ha (m ³)	169,01	364,07	119,27
Densidade na época do corte (árvo/ha)	150	325	150

2.2 Determinação da densidade básica da madeira

A determinação da densidade básica da madeira foi realizada no Laboratório de Ciência da Madeira - LCM, do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável - NEDTEC, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.

As amostras foram retiradas a 1,30 m de altura do solo (DAP) no momento do desdobro das toras das quinze árvores, que foram identificadas, embaladas em sacos plásticos, hermeticamente fechados e mantidas em geladeira a uma temperatura aproximada de 8° C, para as determinações necessárias. Obteve-se a média para cada extrato avaliado.

Na determinação do volume das amostras, na condição verde, foi utilizado o método da balança hidrostática, descrito na norma MB-26/40 da ABNT (1940), substituindo o mercúrio pela água, devido à condição verde da madeira. Para a determinação da massa verde e seca em estufa, foi utilizada uma balança de precisão de 0,01 g. Após a determinação da massa e do volume na condição verde, as amostras foram mantidas em estufa, sob temperatura de 103 ± 2° C, até que atingissem massa constante. A densidade básica da madeira à altura do DAP foi obtida através da relação entre a massa seca e o volume verde.

2.3 Leituras do pilodyn e resistógrafo

As leituras de penetração do pilodyn (Figura 1) e do resistógrafo (Figura 2) foram realizadas em apenas um ponto do tronco da árvore, na direção norte-sul em nível

do DAP, em todas as 15 árvores, cinco por extrato estudado, retirando-se a casca no local da medição.



Figura 1 – Medição da profundidade de penetração do pino de pilodyn utilizado na estimativa da densidade básica em *Eucalyptus urograndis*.

Figure 1 – Penetration of the pilodyn used to estimate the specific gravity in *Eucalyptus urograndis*.

O pilodyn utilizado foi o Forest 6J, que possuía as seguintes características: força de penetração da agulha igual a 0,612 kgfm para uma penetração de 100,0 mm; e diâmetro do pino de 2,48 mm.

O resistógrafo utilizado foi o IML-RESI F300, série 300-833, calibrado para uma velocidade de avanço da broca de 30,0 cm/min, com uma penetração máxima de 28,65 cm.



Figura 2 – Utilização do resistógrafo na estimativa da densidade básica da madeira de *Eucalyptus urograndis*.

Figure 2 – Resistograph used to estimate the specific gravity in the *Eucalyptus urograndis* wood.

2.4 Análise estatística dos dados

Utilizou-se a análise de regressão para estimar a densidade da madeira mediante a penetração do pino do pilodyn e da haste do resistógrafo em nível do DAP, empregando-se para isso o Software SAEG. Foram considerados os seguintes modelos no ajustamento das equações aos dados observados:

1. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon$
2. $Y = \beta_0 \times X_i^{\beta_1} + \varepsilon$
3. $Y = \beta_0 \times \beta_1^{X_i} + \varepsilon$
4. $Y = \beta_0 + (\beta_1 / X) + \varepsilon$
5. $Y = \beta_0 + \beta_1 x \log(X_i) + \varepsilon$

onde,

Y_i = densidade básica da madeira (g/cm^3), obtida a altura do peito (variável dependente);

X_i = profundidade de penetração do pino do pilodyn na madeira (mm) e amplitude (%), à altura do peito (variável independente);

β_0 = constante da regressão;

β_1 = coeficiente de regressão;

ε = erro aleatório.

Para seleção dos modelos, utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado (r^2) e a significância dos coeficientes de regressão, por meio do teste “t” de Student, em nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Uso do pilodyn para estimar a densidade básica da madeira

Apresentam-se, na Tabela 2, os valores da densidade básica média da madeira e a profundidade de penetração do pino do pilodyn, para todas as 15 árvores.

Observa-se pela Tabela 2, que o maior valor médio para a penetração do pino do pilodyn está localizado no extrato E3. O extrato E2 apresentou uma densidade básica média superior em nível do DAP. Uma explicação para a proximidade dos valores da penetração do pino do pilodyn está na origem do material genético e na idade, haja vista que os extratos E1 e E3 apresentam idade de 70 meses, sendo o manejo diferenciado entre eles.

Diversos autores, à exemplo de Higs & Rudman (1973), Klen (1968) e Posey (1964), citados por Pinheiro (1999) mencionam que a utilização de práticas silviculturais diferenciadas podem alterar a qualidade da madeira, influenciando diretamente na densidade da mesma. Neste estudo, as árvores com menores valores de densidades – idade de 70 meses, espaçamento inicial de plantio de 3x3m e uma densidade de plantio final de apenas 150 árvores por hectare apresentaram valores para a penetração do pino do pilodyn visualmente menores (E1).

Combes et al. (1997), avaliando o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* de 58 meses de idade, encontraram, uma densidade básica média em nível do DAP de $0,51 \text{ g/cm}^3$. Vale et al. (1995) encontraram, para árvores de *E. grandis*, na classe diamétrica entre 23,0 a 27,0 cm, um valor de densidade básica média de $0,52 \text{ g/cm}^3$ em nível do DAP para árvores com idade de oito anos. Nesse estudo, apenas o extrato E2 apresentou valor superior ($0,55 \text{ g/cm}^3$) aos mencionados. A idade pode ter sido o fator determinante e responsável por esse aumento, tendo em vista a existência de maiores proporções de madeira adulta.

A penetração do pino do pilodyn (mm) foi relacionada com a densidade básica média (g/cm^3) para cada árvore, através de regressão linear. Os valores de penetração do pino do pilodyn variaram de 9,0 a 14,0 mm, com média de 12,07 mm. Os valores estão próximos aos encontrados por Vale et al. (1995), que, estudando a espécie *E. grandis*, encontraram uma penetração do pino de 10,0 a 15,0 mm. Os valores de densidade básica média variaram de $0,45$ a $0,57 \text{ g/cm}^3$, com média em $0,51 \text{ g/cm}^3$.

Na Tabela 3 apresentam-se as estatísticas das equações para os modelos selecionados, a fim de explicar a variação da densidade básica, por meio da penetração do pino do pilodyn.

Tabela 2 – Valores médios de densidade básica da madeira e de penetração do pino do Pilodyn, para os três extratos estudados no híbrido clonal *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Table 2 – Average values of the wood specific gravity and Pilodyn pin penetration in the extracts studied of the clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Árvore N°	E1 – Talhadia (70 meses)		E2 – Reforma (166 meses)		E3 – Reforma (70 meses)	
	DB ¹ (g/cm ³)	Pilodyn (mm)	DB (g/cm ³)	Pilodyn (mm)	DB (g/cm ³)	Pilodyn (mm)
1	0,48	13	0,57	12	0,50	13
2	0,45	12	0,52	11	0,53	13
3	0,48	13	0,57	10	0,46	14
4	0,45	12	0,54	9	0,52	13
5	0,47	14	0,56	10	0,52	12
Médias	0,47 (3,25) ²	12,8 (6,54)	0,55 (3,93)	10,4 (10,96)	0,50 (5,52)	13,0 (5,44)

¹Densidade básica;

²Valores entre parênteses é o coeficiente de variação (%).

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas, coeficientes de determinação corrigidos (r^2) e o respectivo erro padrão relativo (S_{yx}), referente aos modelos de melhor ajuste em função da penetração do pino do Pilodyn para a densidade básica em nível do DAP para o híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Table 3 – Adjusted regression equations, determination coefficients (r^2) and the respective relative standard error (S_{yx}) to the bests models that correlate the penetration of Pilodyn pin and wood specific gravity at level of DAP to clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Modelo Ajustado	r^2 (%)	S_{xy} (%)
$\hat{Y} = 0,721503 - 0,0177485X_i$	34,90**	7,613
$\hat{Y} = 0,126828 X_i^{-0,392212}$	33,14**	5,798
$\hat{Y} = -0,115344 (-0,149789^{X_i})$	33,64**	5,770
$\hat{Y} = 0,31819 + (2,24672/X_i)$	33,40**	8,168
$\hat{Y} = 1,00831 - 0,464595 \log(X_i)$	34,36**	5,453

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste “t”, de Student; \hat{Y} = estimativa da densidade básica em nível do DAP; e X_i = profundidade de penetração do pino do “Pilodyn”.

Não foi possível ajustar a densidade básica em função da penetração do pilodyn de forma individual e independente nos extratos em razão da proximidade dos mesmos (Tabela 1). Dessa forma, buscou-se o ajuste de um modelo com base nos dados do pilodyn, para as quinze árvores conjuntamente. O modelo linear foi aquele que melhor se ajustou, apresentando um coeficiente de determinação ajustado igual a 34,90%,

sendo a regressão significativa a 1% de probabilidade. Esse modelo foi selecionado por ser o mais simples, tendo em vista os demais modelos testados apresentarem coeficientes de determinação ajustados muito semelhantes.

Pela Figura 3 ilustra-se graficamente, a estimativa da densidade básica da madeira ao nível do DAP para as árvores.

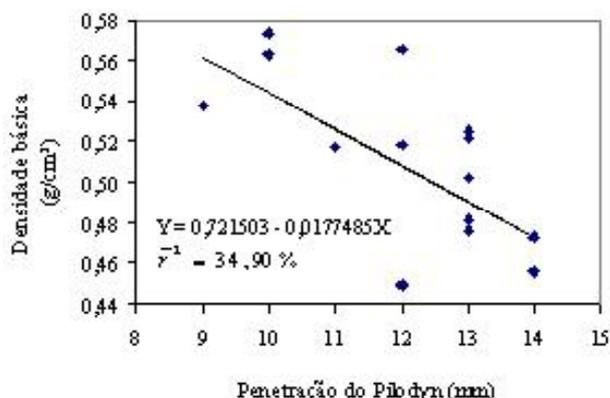


Figura 3 – Relação entre a densidade básica média em nível do DAP e profundidade de penetração média do Pilodyn para as quinze árvores do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Figure 3 – Graphical representation of the wood specific gravity and Pilodyn pin penetration at DAP level of clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in fifteen trees.

A utilização do pilodyn apresentou um baixo coeficiente de determinação, conseqüentemente uma baixa eficiência na determinação da densidade básica. Provavelmente, um maior número de tomada de medições no tronco ao nível do DAP, um aumento do número de árvores medidas e a correlação com a densidade apenas na região mais próxima do alburno poderiam melhorar sua eficiência.

Observando a Figura 3, nota-se que os menores valores de penetração do pino do pilodyn estiveram nas maiores densidades da madeira, uma relação inversa, como era de se esperar, devido a maiores resistências impostas pela madeira de maior idade. Em trabalho realizado com *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, dentre outros, Rosado et al. (1983) avaliando a eficiência da penetração do pino do pilodyn na determinação indireta da densidade da madeira, com dois anos de idade, encontraram coeficientes de determinação iguais a 70,34% e 45,28%, respectivamente, sendo o modelo linear aquele que melhor se ajustou, valores estes superiores ao presente estudo.

Raymond & MacDonald (1998), avaliando a variação da densidade básica da madeira com auxílio do pilodyn em *Eucalyptus globulus* e *E. nitens* com idades de 5, 10 e 15 anos, encontraram um aumento linear da densidade entre 10 e 70% da altura; afirmam, ainda, que o aparelho mostrou ser eficiente.

3.2 Uso do resistógrafo para avaliar a qualidade da madeira

Para a amplitude, a regressão foi não-significativa, por isso optou-se em fazer somente uma descrição dos perfis resistográficos observados nos extratos obtidos transversalmente ao seu crescimento à altura do DAP, próximo ao local de obtenção dos dados com o resistógrafo.

Na Figura 4, apresenta-se o comportamento do avanço da haste do resistógrafo, nas cinco árvores no extrato E1.

Observando-se pela Figura 4 nota-se que o comportamento das cinco árvores foi muito semelhante até a proximidade da medula, à exceção de alguns pontos nas árvores 2 e 4, provavelmente por causa da presença de algum defeito na madeira, na região por onde penetrou a haste do resistógrafo. A partir da medula, o fato de haver atrito, por causa do pó de serra gerado pela penetração da haste do aparelho e a madeira ocorreu um aumento da amplitude média.

Apesar de apresentarem um DAP médio elevado para a idade (29,36cm em apenas 70 meses), contribuição também do desbaste precoce, boa parte de seu lenho ainda é madeira juvenil, que poderá ter gerado menor variabilidade nos gráficos do resistógrafo apresentado na Figura 4. A resistência imposta pela madeira à perfuração da broca do aparelho é menos intensa na presença de lenho juvenil. Latorraca & Albuquerque (2002) mencionam este fato afirmando que boa parte da maioria dos problemas ocorridos com a madeira deve-se ao fato da presença do lenho juvenil e suas características a baixa densidade, menores resistências e a propensão a contrações mais acentuadas.

Os picos de amplitudes proporcionados pela madeira juvenil, conforme observado nas cinco árvores do extrato E1, estão mais esparsos, o que pode significar que os anéis de crescimento estão mais afastados, provavelmente devido ao rápido crescimento das mesmas. Apesar da condição de talhadia simples, os gráficos gerados apresentaram-se bem homogêneos, principalmente para as árvores 1, 3 e 5.

Na Figura 5, apresenta-se o comportamento do avanço da broca do resistógrafo nas cinco árvores inclusas no extrato E2.

Nota-se, na Figura 5, que as árvores mais adultas possuem uma menor proporção de madeira juvenil, fator positivo na indústria moveleira. O comportamento da madeira, nesse extrato, pode ser explicado talvez pelo crescimento mais lento e pela maior idade, assim como o primeiro desbaste proporcionado aos 117 meses. O segundo desbaste, provavelmente, não provocou alterações significativas à madeira, uma vez que a exploração foi realizada logo em seguida, um ano depois.

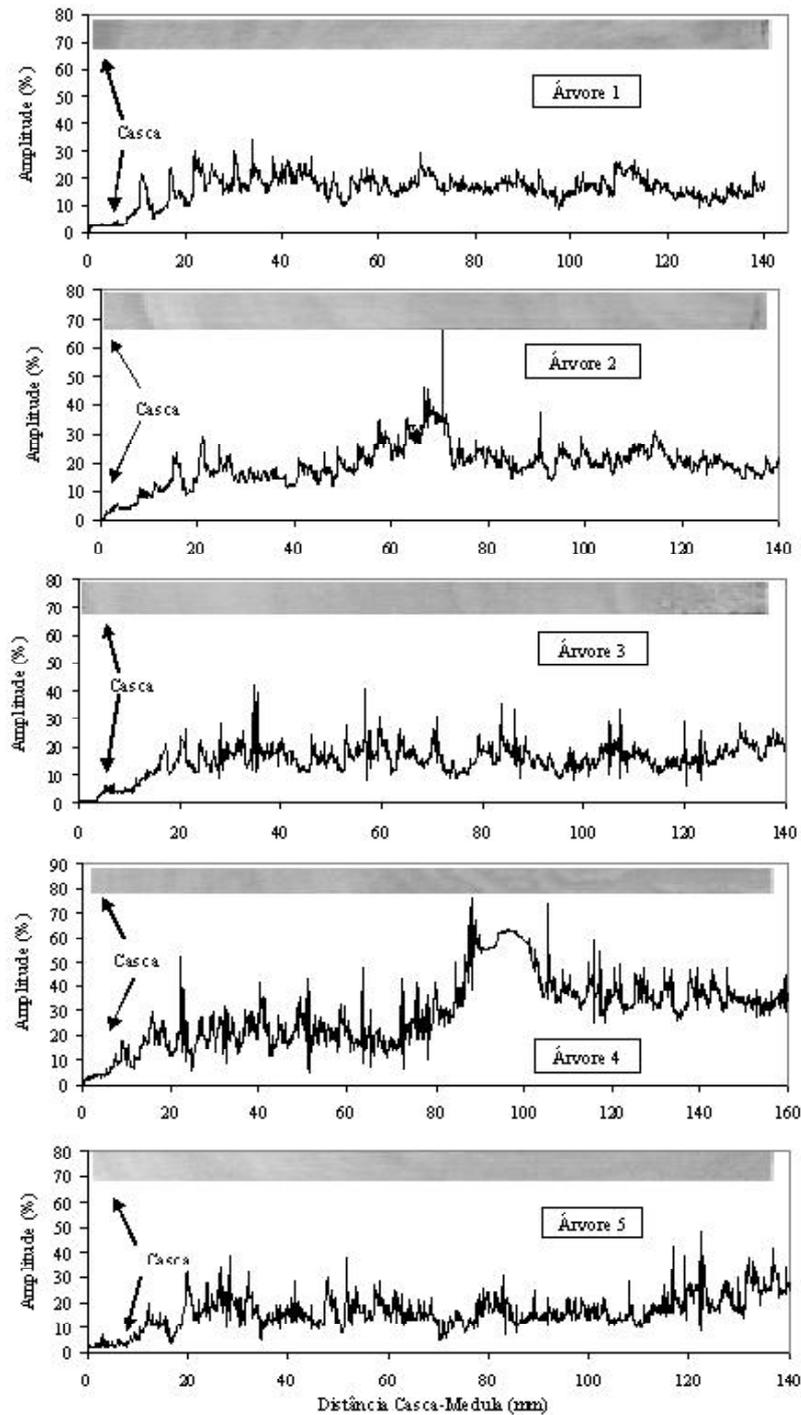


Figura 4 – Perfil de amplitudes do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 70 meses de idade sob condição de talhadia simples e desbaste aos 30 meses de idade (E1).

Figure 4 – Data profile of the Resistograph of five trees of clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* 70 months old.

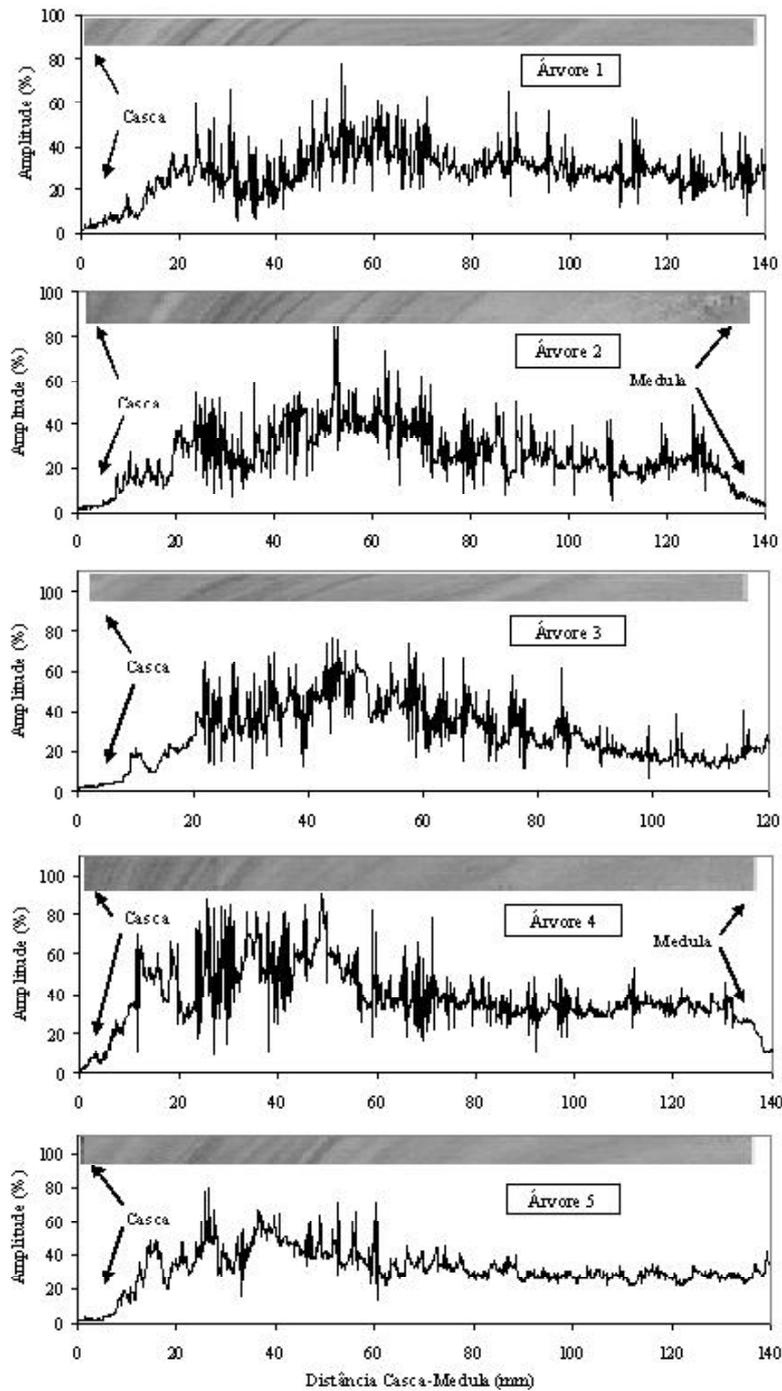


Figura 5 – Perfis de amplitudes do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 166 meses de idade sob condição de reforma e desbaste aos 117 e 153 meses de idade (E2).

Figure 5 – Data profile of the resistograph of five trees of the clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* 166 months old.

Na Figura 6, apresenta-se o comportamento do avanço da broca do resistógrafo nas cinco árvores incluídas no extrato E3, compreendendo as árvores com idade de 70

meses e manejadas sob condição de reforma, com desbaste seletivo aos 42 meses de idade e cultivadas no espaçamento inicial de 6,0 x 2,5 metros.

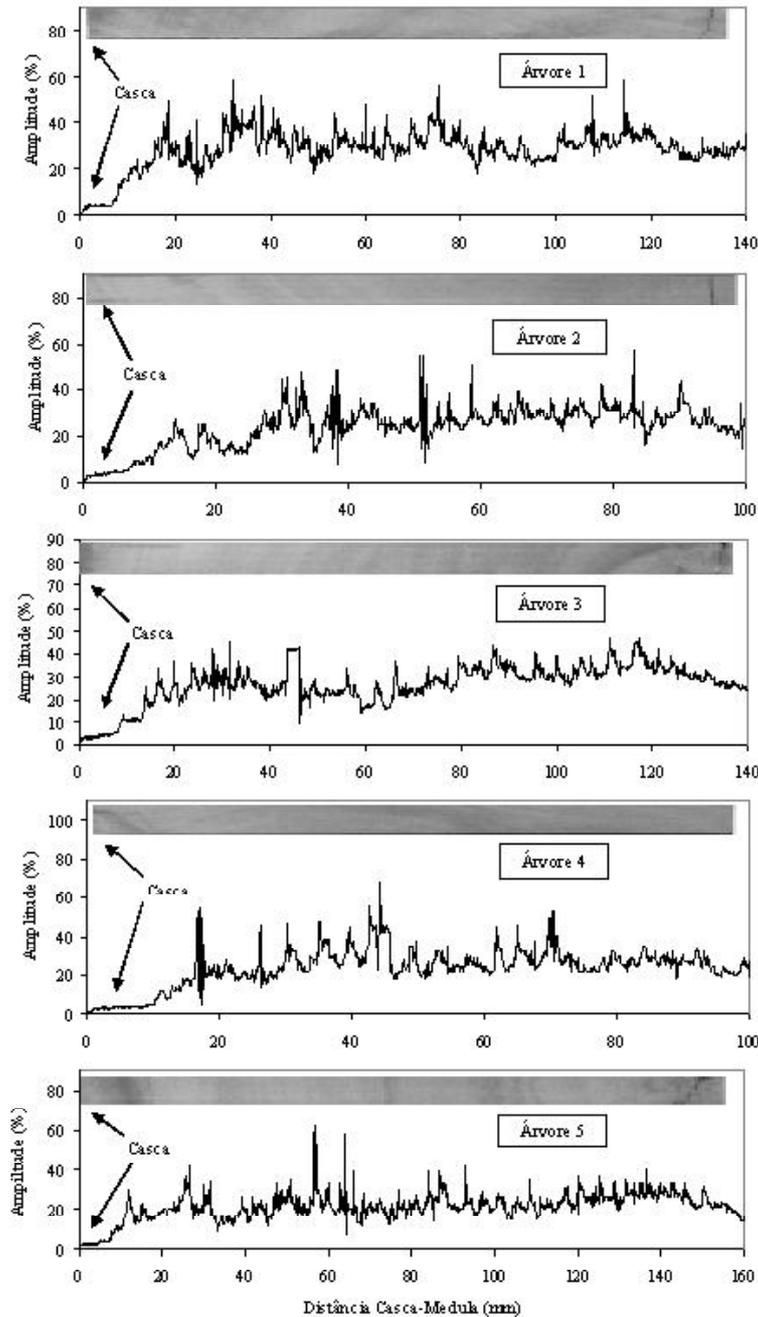


Figura 6 – Perfis de amplitudes do resistógrafo para as cinco árvores do híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com 70 meses de idade sob condição de reforma e desbaste aos 42 meses de idade (E3).

Figure 6 – Data profile of the resistograph of five trees of clonal hybrid of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* 70 months old.

Comparando-se as árvores do extrato E1 com as árvores do extrato E2, pode-se observar que há alguma diferença no perfil gerado pelo resistógrafo. Sendo esse mais marcante entre 40 mm e 80 mm de penetração de sua haste, provavelmente em função da existência de madeira adulta presente no extrato E2, promovendo maior resistência à haste do aparelho.

Pela Figura 6, ilustra-se graficamente, o comportamento das árvores no extrato E3, submetidas ao maior espaçamento (6,0 x 2,5 m). Nota-se uma maior amplitude em relação às árvores do primeiro extrato, possivelmente em relação ao desbaste realizado mais cedo – 30 meses.

Em revisão sobre o assunto, para o gênero *Pinus*, Clark & Saucier (1989), citados por Latorraca & Albuquerque (2000) mencionam que, em espaçamentos maiores, as árvores sofrem menos competição por luz, água e nutrientes, produzindo mais fotossíntese e, conseqüentemente, uma madeira inicial mais densa, isto é, menos lenho juvenil com qualidades inferiores. Nesse estudo, sendo a espécie avaliada uma folhosa, o maior espaçamento, localizado no extrato E3, apresentou um tronco com madeira juvenil em sua totalidade.

4 CONCLUSÕES

Com base nas considerações expostas, são apresentadas as seguintes conclusões:

- a utilização do pilodyn não apresentou resultados satisfatórios, quando correlacionado com a densidade da madeira das árvores agrupadas, independente da forma de manejo;
- a amostragem realizada foi insuficiente para afirmação da eficiência do aparelho, havendo a necessidade de estudos adicionais;
- o resistógrafo permitiu apenas uma análise descritiva da qualidade da madeira, não sendo possível realizar uma correlação da amplitude gerada pelo aparelho com a densidade do lenho das árvores de forma satisfatória, uma vez que o coeficiente de correlação foi baixo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio físico e mecânico da madeira: MB-26/40**. Rio de Janeiro, 1940. 16 p.

COMBES, J. G.; BOUVET, J. M.; BAILLERES, H. Analyses growth, morphological and wood properties traits in ortet populations of *Eucalyptus* in the Congo. In: IUFRO:

CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 1997, Salvador. **Anais...** Colombo: Embrapa, 1997. v. 3, p. 37-42.

HANSEN, C. P. **Application of the Pilodyn in forest tree improvement**. Denmark: DFSC, 2000. (Series of technical notes, 55).

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **IPEF notícias**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1999.

ISIK, F.; LI, B. Rapid assessment of wood density of live trees using the Resistograph for selection in tree improvement programs. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v. 33, p. 2426-2435, 2003.

LATARROCA, J. V.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LOPEZ, J. A.; STAFFIERI, G. M. Correlaciones genéticas entre Pilodyn y densidad de la madera de *Pinus elliotti* var. *elliotti* em la mesopotâmia Argentina. **Novenas Jornadas Técnicas Forestalis**, Misiones, p. 5, 1998.

MATTHECK, C.; BETHGE, K.; ALBRECHT, W. How to read the results of resistograph M. **Arboricultural Journal**, [S.l.], v. 21, p. 331-346, 1997.

MONTAGU, K. D.; KEARNEY, D. E.; SMITH, R. G. B. The biology and silviculture of pruning planted eucalypts for clear wood production: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 179, p. 1-13, 2003.

PINHEIRO, A. L. Considerações sobre taxonomia, filogenia, ecologia, genética, melhoramento florestal e a fertilização mineral e seus reflexos na anatomia da madeira. **SIF**, Viçosa, p. 144, 1999.

RAYMOND, C. A.; MacDONALD, A. C. Where to shoot your Pilodyn: within tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* in Tasmânia. **New Forest**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 205-221, May 1998.

ROSADO, S. S.; BRUNE, A.; OLIVEIRA, L. M. Avaliação da densidade básica da madeira de árvores em pé. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 147-153, 1983.

VALE, A. T. et al. Densidade básica média, em função da profundidade de penetração do pino do "Pilodyn" e da classe diamétrica, e da variação axial da densidade básica em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 80-91, 1995.