



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DO JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LUCAS FERNANDES RODRIGUES

**EFICIÊNCIA DO PILODYN PARA A SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS
DE EUCALIPTO PARA FINS ENERGÉTICOS**

Prof. Dr. ROGÉRIO LUIZ DA SILVA
Orientador

SEROPÉDICA – RJ
JUNHO - 2011



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DO JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LUCAS FERNANDES RODRIGUES

**EFICIÊNCIA DO PILODYN PARA A SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS
DE EUCALIPTO PARA FINS ENERGÉTICOS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. ROGÉRIO LUIZ DA SILVA
Orientador

SEROPÉDICA – RJ
JUNHO - 2011

**EFICIÊNCIA DO PILODYN PARA A SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS
DE EUCALIPTO PARA FINS ENERGÉTICOS**

Comissão examinadora:

Monografia aprovada em 27 de junho de 2011.

Prof. Dr. Rogério Luiz da Silva
UFRRJ/IF/DS
Orientador

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles
UFRRJ/IF/DS
Membro

Prof. Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
UFRRJ/IF/DPF
Membro

DEDICATÓRIA

*A Meus pais, Francisco Rodrigues da Silva e
Maria Helcilene Fernandes Rodrigues pelo grande
amor, apoio e dedicação em mim depositado.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado durante toda esta caminhada, estando presente nas horas mais difíceis e me ajudando a superar todos os obstáculos encontrados.

A UFRRJ pela formação acadêmica e ensinamentos de vida.

Ao professor. Rogério Luiz da Silva pela orientação, carinho e paciência fornecidos durante todo o tempo de convivência

Aos professores da comissão examinadora, Paulo Sérgio dos Santos Leles e João Vicente de Figueiredo Latorraca, pelas críticas e contribuições fornecidas a esse trabalho.

Ao professor Lucas Amaral pela grande colaboração.

A todos os professores do curso de Engenharia Florestal por transmitirem suas experiências e sabedoria através de seus ensinamentos.

A Rigotex Indústria Têxtil pela disponibilização da área e apoio na realização do trabalho.

A International Paper, por ter cedido o aparelho utilizado nesse trabalho.

A meus pais, pelo amor, carinho, dedicação, confiança e ensinamentos transmitidos a mim e meu irmão durante nossas vidas.

A meu irmão Matheus, pela amizade, compreensão e incentivos.

À minha namorada Paula, pelo companheirismo, amizade, paciência e amor, a mim dedicados.

A todos integrantes da família Fernandes e Rodrigues, minhas avós Raimunda (*In memorian*) e Anizia, meu avô Ramiro (*In memorian*) e meu padrinho Fernando.

Aos meus amigos da grande Brasília de Minas, Marcelo, Raphael, Brener, Sandro, Luís Felipe, Luís, pelos bons momentos já vividos.

Aos amigos do M4-412 e agregados, Gilsonley (Cabeça), Pedro (Boi), Norton (Ipatinga), Alan (Acosta), Jean (Pandora), Elton (Salada), Hudson, Ronny Wagner, José Antônio (Montanha), Tafarel (Sofredor) e Milene. Minha família na Rural.

Aos amigos da turma 2006 – II, em especial ao Jairo, Wanessa e Nicelle, pela grande amizade criada.

A todos que por um motivo ou outro não foram lembrados, mas que de alguma forma colaboram com meu engrandecimento.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do método do Pilodyn para estimar a densidade básica da madeira e na classificação de diferentes materiais genéticos de eucalipto estabelecido em Paty de Alferes-RJ. Foram analisados oito materiais genéticos distintos de eucalipto aos 6,3 anos de idade, coletando os dados de 5 árvores por material genético totalizando 40 plantas, ocorrendo a seleção de acordo com a distribuição diamétrica desses materiais genéticos. Realizou-se as batidas com o Pilodyn e determinou-se a densidade básica da madeira pelo método de imersão, ambos em nível de DAP. Os valores encontrados pelos métodos do Pilodyn e da densidade básica foram então correlacionados entre si através do programa SELEGEN REML/BLUP. Os materiais genéticos apresentaram uma grande variabilidade para a propriedade de densidade da madeira, com amplitude de 0,451 a 0,638 g/cm³. Ao analisar o conjunto dos oito materiais genéticos foi encontrado um coeficiente de correlação de -0,62. Não houve relação da densidade básica e da penetração do Pilodyn com a classe diamétrica. A classificação dos materiais genéticos em função da densidade básica foi diferente em cada método de estimação, mas foi a mesma em função da matéria seca.

Palavras – chave: Selegen, matéria seca, método de imersão.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficiency of Pilodyn method to estimate the basic density of wood and the classification of different genetic material eucalyptus established in Paty de Alferes, RJ. Were analyzed eight distinct genetic material of eucalyptus to 6.3 years of age, collecting data from 5 trees for genetic material totaling 40 plants, affecting the selection according to the diameter distribution of these genetic materials. We carried out the beats with Pilodyn and determined the basic wood density by immersion method, both at the level of DAP. The values found by the methods of Pilodyn and basic density were correlated with the program SELEGEN REML / BLUP. The materials showed a high genetic variability for the property of wood density, amplitude from 0.451 to 0.638 g / cm³. By analyzing the set of the eight genetic materials was found a correlation coefficient of -0.62. There was no relation of the density and Pilodyn's penetration with the diameter class. The classification of genetic material in function of the density was different in each estimation method, but it was the same in function of dry matter.

Key words: Selegen, dry matter, immersion method

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 – Eucalipto.....	2
2.2 – Densidade Básica.....	2
2.3 – Métodos de Determinação da Densidade	3
2.4 – Métodos Não - Destrutivos.....	4
2.5 – Pilodyn.....	5
3 - MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1 - Área de estudo.....	6
3.2 - Método do Pilodyn.....	8
3.3 - Determinação da densidade básica.....	9
3.4 - Análise Experimental	9
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	10
4.1 - Variação da Densidade Básica entre os Materiais Genéticos	10
4.2 - Relação da batida do Pilodyn com a Densidade Básica.....	11
4.3 - Relação da Densidade com o Crescimento Diamétrico	13
4.4 - Seleção do Material Genético	14
5 – CONCLUSÕES.....	16
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** A. Aparelho Pilodyn Forest 6J. B. Descascamento em secções retangulares no tronco das árvores. C. Funcionamento do Pilodyn através da penetração do pino na madeira. D. Leitura em milímetros dos valores através do visor do Pilodyn..... 8
- Figura 2:** Relação entre a Penetração do Pilodyn (mm) e a densidade básica (g / cm³) para todos (n = 40) os materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes-RJ, aos 6,3 anos de idade..... 11
- Figura 3:** Relações entre o crescimento diamétrico de todas as árvores de eucalipto estudadas em Paty de Alferes - RJ, com a densidade básica da madeira e a penetração do Pilodyn..... 13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais genéticos e procedências utilizadas no experimento em Paty de Alferes - RJ.....	7
Tabela 2: Distribuição diamétrica dos materiais genéticos de Eucalipto amostrados em Paty de Alferes - RJ aos 6,3 anos de idade.....	7
Tabela 3: Valores médios das densidades básicas da madeira (g /cm ³) em ordem decrescente, para os oito materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes - RJ, aos 6,3 anos de idade.....	10
Tabela 4: Coeficientes de Correlação de Pearson obtidos pelo programa estatístico SAEG, entre a densidade básica e a penetração do Pilodyn, para todos os materiais genéticos (n=40) de eucalipto e para cada material genético especificamente (n=5), localizado em Paty de Alferes - RJ, aos 6,3 anos após o plantio.....	12
Tabela 5: Ordenamento dos materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes - RJ aos 6,3 anos de idade, em função da densidade básica (g/cm ³) obtida pelo método de imersão e da penetração do Pilodyn (mm) para todas as árvores (n=40).....	14
Tabela 6: Ordenamento dos materiais genéticos de eucalipto estudados em Paty de Alferes - RJ aos 6,3 anos de idade em função da matéria seca obtida com a densidade básica da madeira em nível de laboratório, da penetração do Pilodyn para todas as árvores (n=40).....	15

1 – INTRODUÇÃO

A crescente demanda dos segmentos industriais brasileiros que utilizam a madeira tem intensificado esforços para garantir o suprimento dessa matéria-prima, tendo em vista a auto-suficiência. Diante desta situação, é estratégico o investimento em novos plantios florestais, sobretudo com espécies de eucalipto, em sistemas silviculturais mais eficientes de produção e na adequação das propriedades da madeira visando à melhoria na qualidade do produto final produzido.

Dentre os índices que caracterizam a qualidade da madeira, tem dado um especial interesse à densidade da madeira. Isso se deve ao fato da densidade, ser uma propriedade relativamente de fácil determinação, além de possuir alta herdabilidade, estar correlacionada com um número muito grande de outras propriedades da madeira e, conseqüentemente, exercer grande influência na qualidade e no rendimento de determinados produtos.

A densidade básica da madeira tem sido um índice de qualidade consagrado pelos pesquisadores e melhoristas florestais. A amostragem para a determinação desse parâmetro da madeira normalmente implica na destruição da árvore, o que impede que futuras observações sejam efetuadas ou que a árvore sirva como matriz em programas de melhoramento florestal. Além disso, essa amostragem destrutiva consome grande tempo e requer estrutura de laboratório para sua determinação, condições estas indisponíveis muitas vezes em nível de empresa florestal.

Para estimar a densidade da madeira e reduzir as limitações das amostragens destrutivas em povoamentos comerciais, foram desenvolvidos os chamados métodos não-destrutivos. Esses métodos assumem importante papel, pois permitem obter e analisar o maior número de informações, objetivando não apenas maior precisão dos resultados, como também estabelecer critérios práticos de classificação e caracterização do material vegetal. As avaliações não-destrutivas possibilitam a obtenção de informações precisas e amplas, medindo-se um número maior de amostras, em função da rapidez e facilidade dos testes.

Existem diversos métodos e técnicas de avaliação não destrutiva de madeiras, sendo cada um deles adequado à avaliação de determinadas propriedades e características desse material. Um desses é designado pelo método do Pilodyn, que embora o aparelho utilizado nesse método tenha sido desenvolvido na Suíça para avaliar o grau de podridão da madeira de postes de transmissão, é atualmente empregado na estimativa da densidade básica da madeira em povoamentos florestais. Este equipamento funciona por meio da resistência à penetração no tronco de um pino rígido sob pressão constante, cuja profundidade de penetração é, em princípio, inversamente proporcional à densidade da madeira.

Embora o método do Pilodyn seja rápido, barato e não destrutível ele pode não traduzir corretamente a densidade básica da madeira, principalmente, em materiais genéticos distintos. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do método do Pilodyn na estimação da densidade básica e na classificação de diferentes materiais genéticos de Eucalipto e de *Corymbia citriodora* estabelecido em Paty de Alferes – RJ.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Eucalipto

Os gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* pertencem à família Myrtaceae, sendo representado por mais de 600 espécies, diversas variedades, híbridos naturais e artificiais. Por ser adaptadas às mais diversas condições de ambiente, estão entre os gêneros de espécies florestais mais estudados e cultivados em todo o mundo. São naturais do continente australiano e de ilhas adjacentes (LAMPRECHT, 1990).

O *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil no início do século XIX, sendo que sua finalidade era basicamente, como árvore decorativa, quebra-vento ou por suas supostas propriedades sanitárias (BERGER, 2000). Mas foi a partir de 1903 que houve a expansão do gênero no país, para atender as necessidades da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Na década de 60, com a criação dos incentivos fiscais para florestamento e reflorestamento, ocorreu o aumento de plantios com o gênero, principalmente, objetivando atender às necessidades dos programas nacionais de carvão vegetal, celulose e papel.

A crescente demanda de madeira e de outros produtos de origem florestal vem levando o setor florestal a ampliar as áreas reflorestadas no Brasil. Segundo dados do ano base de 2010 (ABRAF, 2011), o Brasil contava com 4.735.730 hectares de florestas plantadas, com espécies dos gêneros Eucalipto. As espécies mais plantadas eram *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. cloeziana* e diversos híbridos entre diferentes espécies (OLIVEIRA, 1997), além da espécie *Corymbia citriodora*.

As características da madeira do eucalipto também o tornam indicado para diferentes usos, entre as quais se destacam a laminação, a movelaria, as estruturas, a caixotaria, os postes, as escoras, os mourões e na produção de carvão vegetal (ALZATE, 2004). As espécies de *Eucalyptus* são utilizadas em larga escala no estabelecimento de florestas de grandes empresas e em pequenos povoamentos em propriedades rurais. Suas características de rápido crescimento, boa adaptação às condições climáticas e edáficas existentes em diferentes áreas do país, explicam a importante participação desse gênero nos povoamentos tecnicamente implantados para fins de reflorestamento no Brasil (STURION e BELLOTE, 2000).

Segundo ROSADO *et al.* (2002), o uso desse gênero tem se destacado sobre os demais por possuir espécies que apresentam grande adaptação em diversas condições ecológicas brasileiras, serem mais usadas em larga escala, para produção de pasta celulósica de fibra curta e carvão vegetal, possuírem grande potencial para a silvicultura clonal. Além de permitir a geração de matérias-primas mais homogêneas em quantidade e qualidade para atender a usos específicos da indústria, e por demonstrar uma magnífica variabilidade inter e intra-específica, expressa por suas diversificadas propriedades da madeira, possibilitando o seu emprego para os mais diversos fins tecnológicos.

2.2 – Densidade Básica

Segundo SHIOYAMA (1990), a densidade é uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume, estando relacionada a muitas propriedades e características tecnológicas fundamentais para a produção e utilização dos produtos florestais, sendo um dos

parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois afeta todas as demais propriedades desta. Por isto, a característica de densidade básica vem sendo submetida ao melhoramento genético em muitos programas (BURGER e RICHTER, 1991).

Os pesquisadores perceberam que a densidade básica está estreitamente ligada à qualidade da madeira. É uma característica com alta herdabilidade, superior às herdabilidades das características de crescimento, o que permite ganhos no programa de melhoramento florestal e uma adequação do uso das espécies florestais, especialmente as de rápido crescimento. Assim, faz-se necessária a intensificação de estudos relacionados à qualidade da madeira, com ênfase em pesquisas sobre densidade básica e características tecnológicas. (CASTELO, 2007).

De acordo com SOUZA *et al.* (1979), WILKINS e HORNE (1991) e PINHEIRO (1999), para o gênero *Eucalyptus*, a densidade pode variar com a idade, com o vigor da espécie, com o local onde crescem (clima e sítio), com o tipo de manejo imposto ao povoamento, com a taxa de crescimento e, na mesma árvore ainda varia no sentido base-topo e na distância medula casca, variando também dentro de uma mesma espécie. Ao avaliar a variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus grandis*, de quatro idades (10, 14, 20 e 25 anos) em diferentes posições radiais (0, 33, 66 e 100%), SILVA *et al.* (2004) observaram um aumento da mesma com a idade e com a variação radial, no sentido medula-casca, reflexo da quantidade e heterogeneidade de material encontrado nas madeiras de maior idade, havendo uma tendência de estabilização após a idade de 20 anos da árvore.

ADORNO e GARCIA (2003), estudando correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *E. grandis* e *E. urophylla* ambos com 8 anos de idade, afirmam que, para o *E. urophylla*, a densidade básica apresentou uma correlação inversa com as variáveis do processamento mecânico da madeira, podendo dizer que através da densidade é possível conhecer e propor soluções em programas de melhoramento genético.

BARRICHELO *et al.* (1983) observaram que a densidade básica média de árvores de *Eucalyptus grandis*, com idades compreendidas entre 5 e 10 anos, esteve altamente correlacionada com a densidade básica ao nível do DAP. Já STURION *et al.* (1987) concluíram que a densidade básica média da árvore pode ser estimada através da densidade determinada ao nível do DAP para 11 espécies de *Eucalyptus*, aos 10 anos de idade.

A determinação da densidade permite a obtenção da estimativa do peso da madeira por metro cúbico sólido, por metro cúbico empilhado (estéreo) e também expressar a produtividade da floresta em termos de matéria seca por unidade de área, o que é importante em termos de transporte, armazenamento e outras operações de controle da matéria-prima (SILVA, 1984). Além disto, o conhecimento desta propriedade é fundamental para a classificação da madeira, sendo uma informação útil sobre a qualidade da mesma, o que despertou o interesse do melhoramento genético em muitos programas estabelecidos no Brasil (BURGER & RICHTER, 1991).

2.3 – Métodos de Determinação da Densidade

Existem várias metodologias para a determinação da densidade básica na madeira, utilizando discos, toretes, cavacos e baguetas. Entre eles, citam-se o método de imersão em um líquido de densidade conhecida e o método do máximo teor de umidade, prescritos pela NBR 11941/2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2003).

O método da imersão baseia-se no princípio de Arquimedes, em que a perda aparente de peso de um corpo imerso em líquido é igual à massa do líquido deslocado. Este método é considerado um dos mais precisos e pode ser usado para amostras com formato irregular, sendo o volume determinado pela variação de peso do líquido, em virtude da imersão da amostra de madeira. De acordo com VITAL (1984), existem duas diferentes formas de se determinar o volume de uma amostra de madeira através do método de imersão. A primeira é pela variação de peso do líquido, em virtude da imersão da amostra de madeira e a segunda é pela variação de peso da amostra, quando imersa no líquido.

Segundo SMITH (1954) o método do máximo teor de umidade baseia-se na relação existente entre a densidade da madeira e o seu máximo teor de umidade. Determina-se a densidade básica sem, contudo obter o seu volume, para tanto a amostra de madeira deve estar completamente saturada. No entanto BROWING (1967) sugere que este método deve somente ser aplicado para amostras pequenas, com no máximo 3.000 mm³, devido à dificuldade de saturação completa.

PALERMO *et al.* (2004), testando os métodos da imersão, do máximo teor de umidade da madeira e o método da medição direta, de determinação da densidade básica em *Pinus elliottii*, indicaram, como o mais adequado, o método de imersão, por não requerer equipamentos sofisticados e por apresentar resultados rápidos e de fácil obtenção. TRUGILHO *et al.* (1990) realizaram um estudo comparativo de cinco métodos de determinação da densidade básica da madeira e concluíram que o método de imersão e máximo teor de umidade foram iguais estatisticamente, além de serem os mais precisos, de melhores repetibilidades e não sofreram influência das dimensões dos corpos de prova.

Embora existam bons métodos para a determinação da densidade básica da madeira, a avaliação desta característica vem sendo muitas vezes negligenciadas em função dos altos custos e tempo despendido na recolha de amostras de madeira por vezes com a necessidade do abate de árvores e sua preparação em laboratório (ZOBEL e VAN BUIJTENEN, 1989). Assim torna-se importante o desenvolvimento de técnicas que visam à determinação da densidade sem a necessidade do abate da árvore.

Vários estudos destinam-se a determinação de métodos adequados a avaliação da densidade de árvores em pé (HIGA *et al.*, 1973, SLOOTEN *et al.*, 1976). Para tal, desenvolvem-se estudos visando estabelecer relações entre a densidade da madeira de uma amostra não destrutiva tomada geralmente na árvore, ao nível do DAP, e a densidade da madeira de secções transversais da árvore, retiradas a intervalos regulares da mesma. Em resumo, esses estudos visam estabelecer relações entre os dados de densidade da madeira obtidos para o nível do DAP e os da árvore como um todo. Inúmeros trabalhos científicos já foram publicados, mediante práticas que utilizam equipamentos para este fim, como: a penetração do pino do pilodyn demonstrado por HANSEN (2000).

2.4 – Métodos Não - Destrutivos

A avaliação não destrutiva é definida como sendo a ciência de identificar as propriedades físicas e mecânicas de uma peça de determinado material sem alterar suas capacidades de uso final (ROSS *et al.*, 1998). De acordo com OLIVEIRA e SALES (2002), OLIVEIRA *et al.* (2003), os métodos não destrutivos apresentam vantagens em relação aos métodos convencionais para caracterização da madeira como: maior rapidez para analisar uma grande população e versatilidade para se adequar a uma rotina padronizada numa linha de produção. A avaliação não destrutiva é uma importante ferramenta para a caracterização

da madeira, podendo ser utilizada pelas indústrias para melhorar o controle de qualidade dos processos através de uma maior uniformidade na matéria-prima e em seus derivados (ERIKSON *et al.* 2000). Segundo ROSS *et al.* (1998) é possível uma caracterização eficaz da madeira por meio de métodos não destrutivos, uma vez que a avaliação é feita na própria peça ou estrutura.

Embora seja grande a variedade de técnicas não destrutivas para avaliação da madeira, algumas delas como Pilodyn, Resistógrafo, Extensômetro, citadas por (ROSS *et al.*, 2004), têm sido objeto de maior investigação e uso por parte dos institutos de pesquisa. Entretanto, a avaliação não destrutiva da madeira por qualquer um dos métodos não é totalmente livre de erros, pois, as equações que regem o comportamento de cada uma destas técnicas consideram o material como sendo homogêneo, isotrópico e contínuo. Como mencionado por (CARREIRA *et al.*, 2006), a madeira apresenta descontinuidade das fibras devido ao processo de desdobro e devido à presença de nós, é um material heterogêneo e anisotrópico.

2.5 – Pilodyn

O Pilodyn é um equipamento que mede a resistência da madeira à penetração de materiais. Este método fornece informações como às condições físicas de postes, árvores, toras, elementos estruturais, etc. A aplicação consiste na introdução gradual de um pino na madeira. A resistência oferecida pelo material durante a introdução pode ser registrada em um computador e descrita na forma de gráfico, cujas coordenadas são a medida de penetração (mm) e unidades arbitrárias de resistência (%). Com as informações obtidas, é possível calcular a densidade da madeira (GORNIAK & MATOS, 2000).

LOPEZ e 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. VALE *et al.* (1995), trabalhando com *E. grandis* de 8 anos de idade, afirmam que a tomada de densidade com o uso do pilodyn apresenta bons resultados quando se pretende ordenar grupos de árvores por classe de densidade.

Segundo HANSEN (2000) o pilodyn é muito utilizado em pesquisas voltadas para o agrupamento de características destinadas ao melhoramento genético. O mesmo é mencionado por PIROTON *et al.* (1995), os autores afirmam que a tomada de dados para determinação da densidade através do pilodyn é mais rápida e com um menor custo, quando há necessidade de coleta de dados em um número muito grande de árvores.

RAYMOND e MACDONALD (1998), avaliando a variação da densidade básica indiretamente com auxílio do pilodyn em *E. globulus* (5 e 10 anos) e *E. nitens* (5, 10 e 15 anos), encontraram um aumento linear da densidade entre 10 e 70%, afirmando ainda que o aparelho mostrou-se eficiente, variando apenas entre as espécies.

MOURA *et al.* (1987) realizaram algumas análises entre três diferentes métodos não destrutivos na determinação da densidade, sendo um deles o pilodyn. Foram avaliadas as árvores *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. cloeziana* e *E. tereticornis*, com 7 anos de idade. Os autores mencionam que o aparelho mostrou-se eficiente na classificação das espécies ao nível de origem, mas não demonstrou segurança na classificação da densidade ao nível de árvores individuais.

Segundo DOWNES *et al.* (1997), este método de avaliação das propriedades da madeira possui como vantagens: ser ajustável a um grande número de amostras, ser rápido e não destrutivo, ainda pode melhorar a acurácia com uma amostragem múltipla e pode

proporcionar poucos danos à árvore. Apresenta ainda as vantagens da rapidez, isenção de erros sistemáticos por parte do operador, sem a necessidade de extração de amostras de madeira com sondas e custos inferiores a outros métodos (HUBER, 1984; MOURA e SANTIAGO, 1991; GREAVES *et al.*, 1996). Mas também possui algumas desvantagens como: possuir baixa representatividade do caule, ser difícil de ser aplicado em árvores pequenas, medir somente as camadas mais externas do tronco e ser afetado pela ocorrência de madeira de reação.

Autores como SUTTER-BARROT e POUCKE (1993); RAYMOND e MACDONALD (1998); MUNERI e RAYMOND (2000) vêm com ressalvas a utilização do pilodyn para a determinação da densidade básica. Segundo estes autores a batida do pilodyn é uma via indireta de avaliar a densidade da madeira, não é seguro que este método consiga traduzir com um mínimo de rigor a densidade real da madeira, de algumas espécies, ou de algumas situações.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Área de estudo

O experimento foi instalado no Sítio Membeca, área pertencente à empresa Rigotex Têxtil, no distrito de Avelar, Município de Paty de Alferes, Estado do Rio de Janeiro. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é Cw (tropical úmido de altitude), com chuvas no verão e estiagem no inverno (INMET/MAARA, 1995). Nos últimos cinco anos (PESAGRO, 2010), a região apresentou precipitação média anual de 1.245 mm, com chuvas concentradas de novembro a março e período seco de abril a agosto. Apresenta um relevo ondulado a fortemente ondulado e os solos predominantes são classificados como Latossolos, Argissolos e Cambissolos (RIO DE JANEIRO, 1992). O campo experimental tem uma altitude média de 706 metros e as seguintes coordenadas geográficas: 22°17'57,80" e 43°16'19,65".

O experimento foi implantado em dezembro de 2005, utilizado espaçamento de 3 x 2 m, com preparo do solo, controle silvicultural durante todo período de evolução do plantio e adubação de plantio com 200 gramas de NPK (04 – 30 – 04) + 0,4% de Zn na cova.

Neste trabalho foram utilizados oito materiais genéticos, cujas informações sobre procedência encontram-se na Tabela 1. Os materiais genéticos foram distribuídos em oito tratamentos (materiais genéticos) e três repetições, formando 24 parcelas. Cada parcela foi formada por 7 linhas de 5 covas de plantio, assim totalizando 35 plantas, compreendendo 15 centrais e as outras 20 constituintes da bordadura.

Tabela 1: Materiais genéticos e procedências utilizadas no experimento em Paty de Alferes-RJ

Material genético	Procedência
<i>Corymbria citriodora</i>	Anhembi – SP
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	Anhembi – SP
Clone 1 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	Campinas – SP
Clone 2 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	Guaíba – RS
<i>Eucalyptus pellita</i> F.Muell	Anhembi – SP
<i>Eucalyptus saligna</i> Smith	Anhembi – SP
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	Anhembi – SP
<i>Eucalyptus urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	Ititrapina – SP

Aos 6,3 anos de idade as árvores tiveram o DAP (diâmetro a altura do peito) e altura total mensuradas. Também foram realizadas batidas do Pilodyn e determinada a densidade básica da madeira em laboratório. Para coleta dos dados foram escolhidas 5 árvores por material genético, distribuídos em valores diamétricos (Tabela 2), selecionadas em função do menor e maior valores encontrados para os diâmetros de cada material genético, sendo que dentro dessa amplitude foram divididos em mais três valores de diâmetros, totalizando 40 plantas amostradas no experimento. Todas as plantas selecionadas foram abatidas e cubadas rigorosamente pelo método de Smalian nas posições de 0,10, 1,30, 3,30, 5,30 metros e assim sucessivamente de 2 em 2 metros até o diâmetro mínimo de 5 cm. Os volumes reais obtidos pela cubagem foram utilizados como parâmetro dentro da classificação dos materiais genéticos realizada pelo programa SELEGEN REML/BLUP.

Tabela 2: Distribuição diamétrica dos materiais genéticos de eucalipto amostrados em Paty de Alferes – RJ, aos 6,3 anos de idade

Materiais genéticos	Distribuição Diamétrica (cm)				
	1^a	2^a	3^a	4^a	5^a
<i>Corymbria citriodora</i>	4,46	5,89	7,96	11,14	13,37
<i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	7,64	9,96	12,41	14,32	17,83
Clone 1 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	9,10	10,73	13,11	14,64	16,39
Clone 2 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	10,44	12,00	14,90	17,60	20,15
<i>Eucalyptus pellita</i> F.Muell	5,86	8,85	11,78	15,28	17,57
<i>Eucalyptus saligna</i> Smith	7,03	9,96	13,91	15,37	18,30
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	8,91	12,10	14,32	18,78	20,05
Urograndis (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	8,02	11,14	14,13	17,32	20,56

3.2 - Método do Pilodyn

O método do Pilodyn consiste na medição a resistência mecânica da madeira à penetração de uma vareta de aço na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 Joules. Para tal foi necessário descascar previamente quatro secções retangulares em torno do tronco (Figura 1B), de forma que a vareta de aço penetre apenas no lenho e não na casca. Depois de encostado ao tronco, dispara-se o aparelho (Figura 1C) e mede-se a penetração da vareta no visor do mesmo (Figura 1D). Visando padronizar o experimento e obter a densidade básica média na circunferência das árvores selecionadas foram efetuadas quatro leituras no sentido anti-horário em função da linha inferior de plantio, acontecendo essas a 1,30 m de altura de cada planta da superfície do solo.

Neste trabalho foi utilizado o aparelho Pilodyn Forest 6J (Figura 1A), que possui 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.



Figura 1: A. Aparelho Pilodyn Forest 6J. B. Descascamento em secções retangulares no tronco das árvores. C. Funcionamento do Pilodyn através da penetração do pino na madeira. D. Leitura em milímetros dos valores através do visor do Pilodyn.

3.3 - Determinação da densidade básica

Posteriormente, a batida do Pilodyn as árvores selecionadas foram abatidas, retirando um disco de madeira a 1,3 m de altura de cada árvore. Esses foram identificados, separados por material genético e levados para o Laboratório de Física e Secagem (LAFIS), para determinação da densidade básica pelo método de imersão.

O método de determinação da densidade básica em imersão com água consiste em saturar a amostra com água e depois determinar seu volume por meio do empuxo. Neste experimento os discos ficaram mergulhados em água em um tanque de 1000 litros. Após quinze dias obteve-se a saturação máxima. Os discos foram colocados separadamente em um recipiente com água, sob balança tarada, com precisão de 0,01g e o volume foi determinado através do princípio de Arquimedes: Onde a perda aparente de peso de um corpo em um líquido é igual ao peso do líquido deslocado.

Para determinação do volume da madeira foi utilizado um suporte conectado numa de suas extremidades na parte inferior da balança de precisão e na outra a um prego, sendo que esse prego era inserido no disco de madeira e posteriormente mergulhado dentro do recipiente com água, tomando o cuidado para que o disco não entrasse em contato com as paredes do recipiente e observando se o disco não flutuava. Após a determinação do volume as amostras foram colocadas em uma estufa a 105 °C para determinar o peso seco da madeira, os discos foram considerados completamente secos quando não foi identificada variação nas suas massas, em sucessivas medições feitas durante o processo de secagem. O peso foi obtido por meio de pesagem da amostra em balança eletrônica. O volume foi determinado pela variação do peso da amostra, conforme descrito por VITAL (1984) e pela norma ASTM D-2395 (1999).

Para o cálculo de densidade básica, dividiu-se o peso da madeira seca em estufa (103 ± 2), pelo volume da madeira completamente saturado.

$$Db = \frac{Ms}{Vv}$$

Onde:

Db = Densidade básica (g/cm³)

M_s = Massa da madeira seca a 103 ± 2 °C (g)

V_v = Volume da madeira completamente saturado (cm³)

3.4 - Análise Experimental

Os dados encontrados aos 6,3 anos de idade foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. Os modelos de regressão foram determinados em função do diâmetro a 1,3 metros de altura nas plantas. Além disto, foi realizada uma análise de correlação de Pearson entre os valores da batida do Pilodyn e a densidade da madeira determinada pelo

método de imersão, através do programa de análises estatísticas SAEG -Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas- de acordo com (RIBEIRO JUNIOR, 2001).

Também foi realizada a classificação dos materiais genéticos por meio do programa computacional SELEGEN – REML/BLUP (RESENDE, 2002), por meio do modelo estatístico desenvolvido para blocos ao acaso, testes de clones não aparentados e uma planta por parcela. Essa classificação foi realizada em função da densidade básica da madeira obtida em laboratório por meio do método de imersão e da matéria seca que foi obtida através do volume real de cada árvore multiplicado por sua respectiva densidade básica. Determinando através da classificação dos materiais genéticos o índice de coincidência, que se refere à repetição dos resultados em função de uma ou mais variáveis, sendo essas a densidade básica (g/cm^3) obtida pelo método da imersão, o volume (m^3) e os valores de densidade básica estimados pelo método do Pilodyn (g/cm^3).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - Variação da Densidade Básica entre os Materiais Genéticos

Os valores médios de densidade básica da madeira por árvore, obtidos pelo método de imersão para oito materiais genéticos aos 6,3 anos de idade analisados em Paty de Alferes - RJ são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios das densidades básicas da madeira da madeira (g/cm^3) em ordem decrescente, para os oito materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes - RJ, aos 6,3 anos de idade

Materiais Genéticos	Média das Densidades Básicas (g/cm^3)
<i>Corymbia citriodora</i>	0,638
<i>Eucalyptus pellita</i>	0,590
Clone 2 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,588
Clone 1 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	0,569
Urograndis (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	0,551
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,511
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,486
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,451

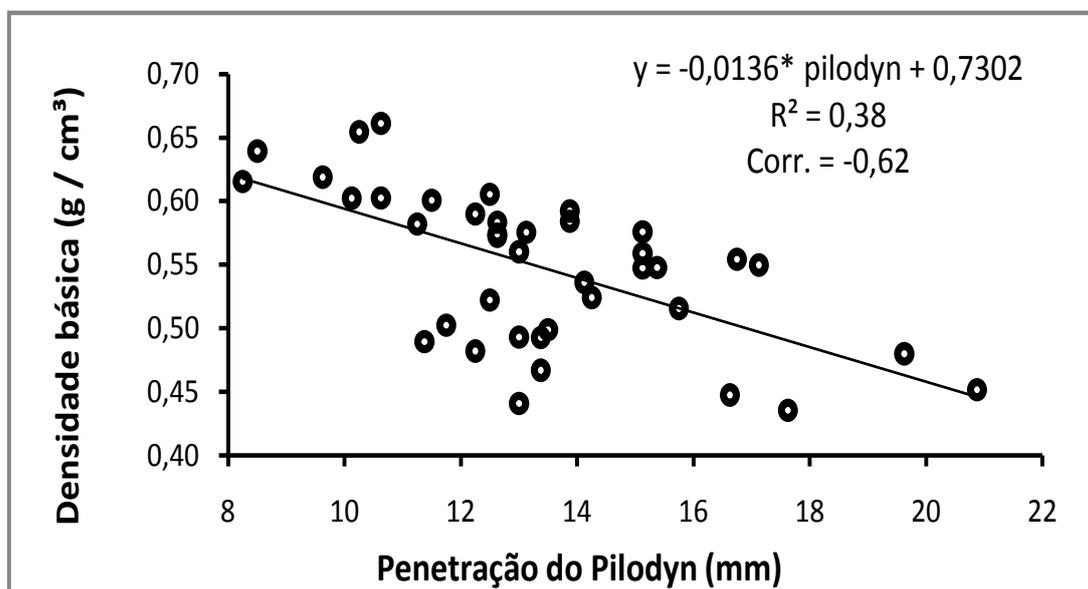
Observa-se na Tabela 3 que o *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus pellita* apresentaram os maiores valores de densidade básica ($0,638 \text{ g/cm}^3$ e $0,590 \text{ g/cm}^3$), respectivamente. Resultados semelhantes para o *Corymbia citriodora* foram encontrados por FOELKEL *et al.* (1975), com médias de densidade básica entre $0,637$ e $0,738 \text{ g/cm}^3$. Já STURION *et al.* (1987) estudando a variação da densidade básica da madeira para doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba-MG, relatam que o *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus pellita* apresentaram valores de densidade básica de $0,713 \text{ g/cm}^3$ e $0,611 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, diferenças essas explicadas pela idade do material e pelo local de plantio.

O *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* demonstraram valores de densidade menores que as demais, com densidades básicas de 0,486 e 0,451 g/cm³, respectivamente. RIBEIRO e FILHO (1993) apontam valores semelhantes de densidade para as duas espécies. TOMAZELLO FILHO (1985) relata que árvores de *E. grandis*, aos 10 anos de idade, em Salesópolis, SP, exibiu valor médio de densidade básica da madeira de 0,40 g/cm³. O Clone 2 (*E. grandis* x *E. urophylla*), Clone 1 (*E. grandis* x *E. urophylla*), Urograndis e *Eucalyptus urophylla* apresentaram valores intermediários para a densidade básica.

De modo geral, os materiais genéticos apresentaram uma grande variabilidade para característica densidade da madeira, com variação de 0,451 a 0,638 g/cm³. Este fato, indica que há possibilidade de trabalhar com materiais genéticos de maior densidade, visando à geração de energia em caldeiras de biomassa. Segundo SANTANA (2009) o potencial calórico da madeira de *E. grandis* e *E. urophylla* analisado em relação a produção energética apresentou uma tendência de crescimento com o aumento da idade e com a maior densidade da madeira, indicando que as árvores mais velhas e com maiores valores de densidade dispõem de uma maior quantidade de energia na forma de calor por unidade de volume.

4.2 - Relação da batida do Pilodyn com a Densidade Básica

A Figura 2 ilustra graficamente a regressão linear simples entre a Penetração do Pilodyn (mm) e a densidade básica (g/cm³) de todos os materiais genéticos analisados em Paty de Alferes-RJ.



* significativo a 1% de probabilidade pelo teste t

Figura 2: Relação entre a Penetração do Pilodyn (mm) e a densidade básica (g / cm³) para todos (n = 40) os materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes-RJ, aos 6,3 anos de idade

Obteve-se na Figura 2 que as maiores densidades estão nos menores valores de penetração do Pilodyn, isso é explicada por conta da maior resistência a penetração do aparelho na madeira, o que pode representar a dureza da madeira. No entanto, a regressão da

densidade básica ajustada em função da penetração do Pilodyn, apresentou um coeficiente de correlação de -0,62 que embora seja significativo estatisticamente a 1% de probabilidade, demonstra que apenas 38 % da densidade básica é expressa pela penetração do Pilodyn. Estes resultados estão de acordo com os relatados por GONÇALVES (2006) que avaliou a qualidade de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* para produtos sólidos. Resultado inferior foi encontrado por VALE *et al.* (1995) com coeficiente de correlação de -0,55 para a espécie *Eucalyptus grandis* com oito anos de idade. Os valores encontrados traduzem que a utilização do Pilodyn apresenta uma baixa eficiência na estimativa indireta da densidade básica.

Também foi analisado os coeficientes de correlação de Pearson, entre a densidade básica e a penetração do Pilodyn para todos os oito materiais genéticos (Tabela 4).

Tabela 4: Coeficientes de Correlação de Pearson obtidos pelo programa estatístico SAEG, entre a densidade básica e a penetração do Pilodyn, para todos os materiais genéticos (n=40) de eucalipto e para cada material genético especificamente (n=5), localizado em Paty de Alferes - RJ, aos 6,3 anos após o plantio

Materiais Genéticos	Coefficiente de Correlação
Clone 1 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	-0,93*
Clone 2 (<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>)	-0,55 ^{n.s}
<i>Corymbia citriodora</i>	0,73 ^{n.s}
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,52 ^{n.s}
<i>Eucalyptus pellita</i>	-0,58 ^{n.s}
<i>Eucalyptus saligna</i>	-0,07 ^{n.s}
Urograndis (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>)	0,17 ^{n.s}
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,31 ^{n.s}

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste t

n.s – não significativo pelo teste t

Percebe-se que em nível de material genético especificamente, somente o Clone 1 demonstrou ser significativo estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste t com coeficiente de correlação de Pearson de -0,93, permitindo indicar muito bem a densidade básica explicada pela penetração do pino do Pilodyn. Esse valor é superior ao encontrado por PÁDUA (2009) avaliando a densidade básica da madeira de um híbrido de *Eucalytus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

Já os demais materiais genéticos não apresentaram significância estatística dos resultados pelo teste t, não conseguindo expressar uma explicação da densidade básica pela penetração do pino do Pilodyn na madeira. Fato esse que demonstra as enormes limitações deste método para estimar com um mínimo de rigor a densidade básica da madeira destes materiais genéticos. Essa reduzida capacidade do método do Pilodyn em estimar corretamente a variação da densidade já tinha sido anteriormente referida por outros autores

como: COWN (1981), MOURA et al. (1987), RAYMOND e MACDONALD (1998), MUNERI e RAYMOND (2000).

Os resultados encontrados para a relação da batida do Pilodyn com a densidade básica variou entre os materiais genéticos, indicando uma diferente precisão da estimativa em função da densidade da madeira. Vale ressaltar o pequeno número de amostras (5) que foram utilizadas em cada material genético, o que pode ter contribuído para a incoerência dos resultados. Provavelmente com um maior número de medições ao nível do DAP, ou seja, um aumento no número de árvores medidas poderia melhorar a eficiência da mensuração da densidade pelo método do Pilodyn.

4.3 - Relação da Densidade com o Crescimento Diamétrico

A relação entre o crescimento diamétrico dos materiais genéticos estudados em Paty de Alferes-RJ, com a densidade básica e o valor da penetração do pino do Pilodyn nas árvores de eucalipto é apresentada na Figura 2.

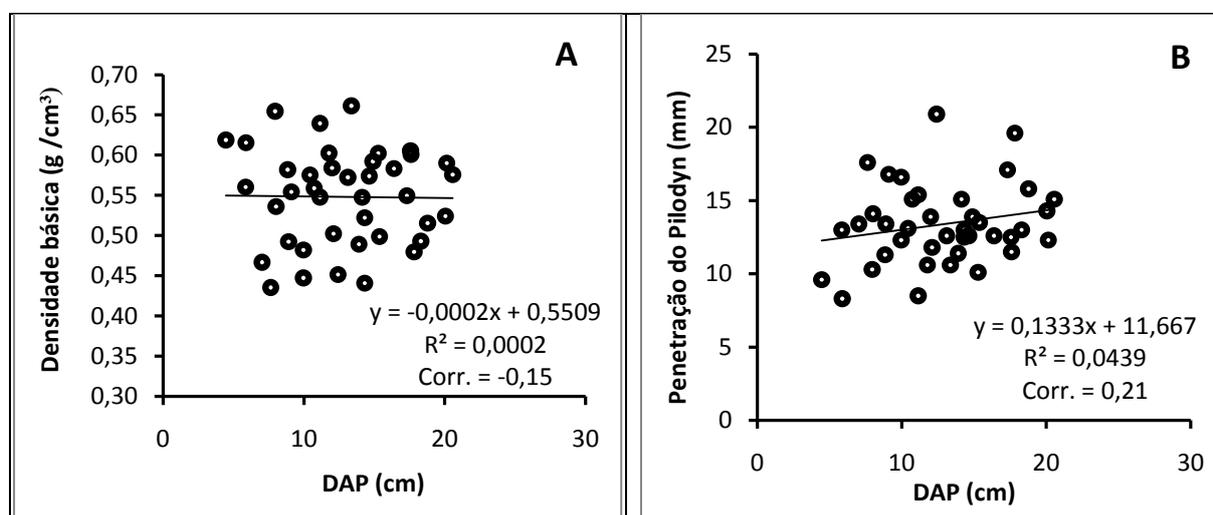


Figura 3: Relações entre o crescimento diamétrico de eucalipto, localizadas em Paty de Alferes - RJ, aos 6,3 anos após o plantio, com a densidade básica da madeira e a penetração do Pilodyn.

Percebe-se na Figura 2A que não houve nenhuma relação entre a densidade básica da madeira e as classes de diâmetro das árvores, pois essa análise apresentou um valor de correlação pequeno entre as duas variáveis (-0,15), isso é explicado devido o fato dos materiais genéticos apresentarem as mesmas idades e que segundo PINHEIRO (1999) a densidade básica pode variar com a idade, com o vigor da espécie e com o local de crescimento. Portanto, não é possível detectar uma relação entre o aumento do diâmetro e o comportamento da densidade básica da madeira. Esses resultados são semelhantes aos relatados por BRASIL (1979), que avaliou a densidade básica de madeira de *Eucalyptus grandis* aos 3 anos de idade. Mas são diferentes dos encontrados por TRUGILHO *et al.*, (2010) com o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, no qual as árvores mais vigorosas, aos 5,6 anos, apresentavam em média maior densidade básica.

Na Figura 2B, nota-se que o comportamento da penetração do Pilodyn em função da classe de DAP das árvores estudadas, apresentou um coeficiente de determinação de 0,21. Demonstrando também uma pequena relação com aumento do diâmetro das árvores, ou seja,

que a penetração do pino aparelho também não pode ser correlacionada com a classe de diâmetro dos materiais genéticos.

A relação da densidade básica e da penetração do Pilodyn com a classe diamétrica indica que não há nenhuma ligação entre essas variáveis e a classe de DAP. Evidencia que para seleção ou indicação de espécies não se deve levar somente em conta a variação da classe de diâmetro correlacionada com a densidade básica tanto mensurada pelo método convencional apresentado ou pelo método do Pilodyn.

4.4 - Seleção do Material Genético

Por meio do programa SELEGEN - REML/BLUP (RESENDE, 2002) foi realizado o ordenamento dos materiais genéticos em função da densidade básica da madeira, obtida em laboratório pelo método da imersão em água. Também foi obtida a classificação da densidade pelo método do Pilodyn para todos os materiais genéticos agrupados, como é apresentado na Tabela 4.

Tabela 5: Ordenamento dos materiais genéticos de eucalipto analisados em Paty de Alferes-RJ aos 6,3 anos de idade, em função da densidade básica (g/cm^3) obtida pelo método da imersão e da penetração do Pilodyn (mm) para todas as árvores ($n=40$)

Classificação	Densidade Básica	
	Laboratório	Pilodyn (geral)
1º	<i>C. citriodora</i> (0, 638)	<i>C. citriodora</i> (0, 602)
2º	<i>E. pellita</i> (0, 590)	<i>E. pellita</i> (0, 574)
3º	Clone 2 (0,588)	<i>E. saligna</i> (0, 557)
4º	Clone 1 (0, 568)	Clone 2 (0, 554)
5º	<i>E. urograndis</i> (0, 551)	<i>E. urophylla</i> (0, 546)
6º	<i>E. urophylla</i> (0, 511)	Clone 1 (0, 541)
7º	<i>E. saligna</i> (0, 486)	<i>E. urograndis</i> (0, 521)
8º	<i>E. grandis</i> (0, 451)	<i>E. grandis</i> (0, 492)
Índice de Coincidência (%)	-	37,5%

A classificação dos materiais genéticos função da densidade básica obtida em laboratório, diferiu-se bastante quando comparada com a densidade da madeira obtida pelo método do Pilodyn (Tabela 5). No ranking dos materiais pelo método do Pilodyn geral

encontrou-se um valor de 37,5% de coincidência de posição na classificação. A coincidência ocorreu na primeira, segunda e última colocação dentro da classificação, indicando assim o material genético de maior e menor densidade básica, o que pode ser útil no agrupamento de indivíduos durante o processo de seleção no programa de melhoramento genético.

Os materiais genéticos também foram classificados (Tabela 6) em função da matéria seca, considerando a densidade básica da madeira (g/cm^3), obtida por diferentes métodos e a produção volumétrica de madeira (m^3) em cada um dos materiais genéticos.

Tabela 6: Ordenamento dos materiais genéticos de eucalipto estudados em Paty de Alferes-RJ aos 6,3 anos de idade em função da matéria seca obtida com a densidade básica da madeira em nível de laboratório, da penetração do Pilodyn para todas as árvores (n=40)

Classificação	Volume Real (m^3)	Densidade Básica (g/cm^3)	Pilodyn Geral	Matéria Seca	
				Laboratório	Estimada
1°	0,156	0,588	0,554	Clone 2 (92,229)	Clone 2 (87,153)
2°	0,144	0,551	0,521	<i>E. urograndis</i> (80,602)	<i>E. urograndis</i> (74,706)
3°	0,137	0,511	0,546	<i>E. urophylla</i> (70,986)	<i>E. urophylla</i> (74,138)
4°	0,130	0,486	0,557	<i>E. saligna</i> (63,802)	<i>E. saligna</i> (72,192)
5°	0,110	0,451	0,492	Clone 1 (60,798)	Clone 1 (58,306)
6°	0,106	0,568	0,541	<i>E. grandis</i> (50,976)	<i>E. grandis</i> (53,317)
7°	0,076	0,590	0,574	<i>E. pellita</i> (45,549)	<i>E. pellita</i> (43,700)
8°	0,039	0,638	0,602	<i>C. citriodora</i> (25,503)	<i>C. citriodora</i> (23,296)
Índice de Coincidência (%)	-	-	-	100%	100%

A classificação dos materiais genéticos em relação à matéria seca (Tabela 6), obtida com a densidade básica da madeira em nível de laboratório, da penetração do Pilodyn para todas as árvores, não apresentou nenhuma alteração. Estes resultados indicam que o Pilodyn pode auxiliar na seleção de materiais genéticos, com intuito de aprimorar a etapa de seleção já que alia uma característica de qualidade da madeira ao processo de seleção, não mais só considerando a produção volumétrica como único critério.

A seleção de materiais não deve levar em conta somente a qualidade da madeira por meio da densidade básica, pois pode selecionar materiais que apresentam excelentes valores

dessa característica, mas que quando aliado a produção volumétrica da madeira, ocorre uma modificação dentro da ordem de seleção. Assim, deve-se aliar a densidade básica da madeira com sua respectiva produção volumétrica, pois estará emitindo uma maior produção com uma madeira de boa qualidade, resultando em nível de empresa um aumento no rendimento de matéria-prima e conseqüentemente uma maior lucratividade.

5 – CONCLUSÕES

Com base nos resultados, são apresentadas as seguintes conclusões:

- O Pilodyn demonstrou uma razoável eficiência na estimacão da densidade básica da madeira, quando analisados todos os materiais genéticos;
- Não foi observada nenhuma relação entre a densidade básica e a penetraão do pilodyn com a classe diamétrica das árvores;
- Para seleão de árvores visando programas de melhoramento genético é necessário aliar a produão volumétrica com a qualidade da madeira para que se possa obter uma maior eficiência da seleão dos materiais genéticos.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – **Anuário estatístico da ABRAF 2010**. Disponível em < <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 15 de abr. de 2011

ADORNO, M.F.C.; GARCIA, J.N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 44-53, 2003.

ALZATE, S.B.A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. grandis* x *urophylla***. 2004. 133f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM Standards**. Section 4 - Construction. D-2395: Standard test methods for specific gravity of wood and wood based materials, v. 04.10, p. 350-357, 1999.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; COUTO, H. T. Z.; CAMPINHOS JUNIOR, E. Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose da madeira de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPÓSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1980, Águas de São Pedro, São Paulo. **Anais...**: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983, p. 802-808.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da fertilização.** 2000. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

BRASIL, M. A. M.; VEIGA, R. A. A.; MELLO, H. A. Densidade básica de madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, aos 3 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n 19, p. 63-76, 1979.

BROWING, B. L. **Methods of Wood Chemistry.** New York, Interscience. 364 p. 1967

BURGER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Ed. Nobel, 154p. 1991.

CARREIRA, M. R.; CHEUNG, A. B.; F. OLIVEIRA, G. R.; DIAS, A. A.; CALIL JÚNIOR, C.; SALES, A.; CANDIAN, M. Classificação de peças estruturais de *Pinus sp* por ultrassom. **Anais... 17_ CBECIMat - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS**, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil: p. 8316-8328, 2006

CASTELO, P. A. R. **Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus taeda* em diferentes sítios de crescimento e espaçamentos, através do método não destrutivo de emissão de ondas de tensão.** 2007. 151f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

COWN, D.J. Use of a Pilodyn wood tester for estimating wood density in standing trees – influence of site and tree age. XVII IUFRO WORLD FORESTRY CONFERENCE, **Anais...** Kyoto, Japan, 1981.

DOWNES, G. M.; HUDSON, I. L.; RAYMOND, C. A.; DEAN, G. H.; MICHELL, A. J.; SCHIMLECK, R.; EVANS, R.; MUNERI, A. **Sampling plantation eucalypts for wood and fiber properties.** Austrália: CSIRO, 1997. 132 p.

ERIKSON, R. G.; GORMAN, T. M.; GREEN, D. W.; GRAHAM, D. Mechanical grading of lumber sawn from small-diameter lodgepole pine, ponderosa pine and grand fir trees from northern Idaho. *Forest product journal*, v. 50, n. 7/8, p. 59-65, 2000.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo da madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, n. 10, p. 17-37, 1975.

GONÇALVES, F. G. **Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos.** 2006. 167f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES.

GORNIK, E.; MATOS, J. L. M. Métodos não destrutivos para determinação e avaliação de propriedades da madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, **Anais...** São Carlos: UFSC, p. 121-131, 2000.

GREAVES, B.L.; BORRALHO, N.M.G.; RAYMOND, C.A.; FARRINGTON, A.: Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. *CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH*, 26(9): p. 1643-1650, 1996.

HANSEN, C. P. Application of the Pilodyn in forest tree improvement. **DFSC - Danida Forest Seed Centre**, Series of Technical Notes, Number 55, Denmark, July, 2000.

HIGA, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* e *P. taeda*. **IPEF**, Piracicaba (7): p. 79-90, 1973.

HUBER, F. Détection en forêt du caractère ondé des érables sur pied. *Ann. Sci. For.* 41(4): 461-470, 1984.

INMET/MAARA. **Boletim Agrometeorológico (1974-1993)**. Rio de Janeiro, 1995 (Relatório Interno).

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas- possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Tradução: Guilherme de Almeida Sedas e Gilberto Calcagnotto. Rossdorf: TZ – Verl-Ges. (GTZ). 343p., 1990.

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, Argentina. 5p., 1998.

MOURA, V.P.G.; BARNES, R.D.; BIRKS, J.S. A comparison of three methods of assessing wood density in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. And other *Eucalyptus* species in Brazil. **Australian Forest Research**, n. 17, p. 83-90, 1987.

MOURA, V.P.G.; SANTIAGO, J. Densidade básica da madeira de espécies de *Pinus* tropicais determinada através de métodos não-destrutivos. Planaltina, EMBRAPA-CPAC (Boletim de Pesquisa, 33). 1991. 14p.

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

OLIVEIRA, F. G. R.; FRANCIELI, M. C.; LUCCHETE, F.; CALIL JR., C.; SALES, A. Avaliação de propriedades mecânicas de madeira por meio de ultra-som. In: III Pan-American Conference For Nondestructive Testing. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil. 2003.

OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, A. Ultrasonic measurements in Brazilian hardwood. **Materials research**, v. 5, n. 1, p.51 – 55, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PÁDUA, F. A de. **Amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de um híbrido de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. 2009. 87f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; SEVERO, E. T. D.; REZENDE, M. A.; ABREU, H. S. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* ENGELM através da atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2004.

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

PIROTON, S.; BAILLY, F.; SERVAIS, A. Use of Pilodyn for indirect selection of wood basic density of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst). **Annales Gembloux**, 101, 3- 4, p. 171-184, 1995.

RAYMOND, C.A.; MACDONALD, A.C. Where to shoot your Pilodyn: whithing tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* in Tasmania, **New Forest 15**: p. 205-221, 1998.

RESENDE, M. D. V. 2002b. **Software Selegen-REML/BLUP**. Colombo-PR: EMBRAPA/CNPQ, 67p (Embrapa Florestas, Documento 77).

RIBEIRO, F. A.; FILHO, J. Z. Variação da Densidade Básica da Madeira em Espécies/Procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 76-85, 1993.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. UFV, Viçosa, MG, 2001, 301p.

RIO DE JANEIRO. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Fórum para o desenvolvimento da região centro-sul fluminense – subsídios para debates e informações gerais. Rio de Janeiro: Banerj / Jornal do Brasil, 80 p., 1992.

ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T. Avanços genéticos na obtenção de sólidos de *Eucalyptus* de qualidade superior. In: SEMINÁRIO SÓLIDOS DE EUCALIPTO: avanços científicos e tecnológicos, 1., 2002, Lavras. **Anais...** Lavras, MG: UFLA: Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis, p.114-125, 2002.

ROSS, R. J. Nondestructive evaluation of wood. **Forest Products Journal**. v. 48, n.1, p. 14-19, 1998.

ROSS, R. J.; BRASHAW, B. K.; WANG, X.; WHITE, R.H.; PELLERIN, R. F. **Wood and timber condition assessment manual**. Madison. Forest Products Laboratory. 2004.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* com enfoque energético**. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SHIMOYAMA, V.R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. SP.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JUNIOR, S.; MATOS, J. L. M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 13-22, 2004.

SLOOTEN, H. J. V. *et al.* Levantamento da densidade da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* em plantios no sul do Brasil. PNUD/FAO/IBDF/BRA - 45, **Série técnica**, 5. 1976.

SMITH, D. M. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples**. Madison, Forest Products Laboratory. 8 p. 1954.

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**, Viçosa, v. 1, p. 16-27, 1979.

STURION, J. A.; BELLOTE, A. F. J. Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Embrapa Florestas, p. 209-219. 2000.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; GRICOLLETTI JUNIOR, A.; MORITA, M. Variação da Densidade Básica da Madeira de Doze Espécies *Eucalyptus* Plantados em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.14, p. 28-38, 1987.

SUTTER-BARROT, E.; POUCKE, G.V. Relation qualité du bois-croissance au niveau intra et inter-provenance pour L'Épice de Sitka (*Picea sitchensis*). *AFOCEL* (1992). **Annales de Recherches Sylvicoles**, 1993, p. 179-205.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, v.29, p. 37-45, 1985.

TRUGILHO, P. F.; ARANTES, M. D. C.; PÁDUA, F. A. de; ALMADO, R. P. de.; BALIZA, A. E. R. Estimativa de carbono fixo na madeira de um clone de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 33-40, 2010.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 20, p. 307-319, 1990.

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.

VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. **Boletim Técnico - SIF**, n. 1, 21p. 1984.

WILKINS A.P.; HORNE, R. Wood-density variation of young plantation-grown *Eucalyptus grandis* in response to silvicultural treatments. **Forest Ecology Management**, (40): p. 39-50, 1991.

ZOBEL, B. J., VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood Variation - Its Causes and Control**. **Springer Series in Wood Science**, Ed: Timell, T. E., Springer-Verlag, 363p, 1989.