



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CRESCIMENTO, CONTEÚDO DE CARBONO E CARACTERÍSTICAS DA
MADEIRA DE *Melia azedarach* L., EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE
PLANTIO EM RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL**

Thobias Fagundes Florindo Machado

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles

**SEROPÉDICA – RJ
Junho – 2009**



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CRESCIMENTO, CONTEÚDO DE CARBONO E CARACTERÍSTICAS DA
MADEIRA DE *Melia azedarach* L., EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE
PLANTIO EM RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL**

Thobias Fagundes Florindo Machado

Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

**SEROPÉDICA – RJ
Junho – 2009**



**INSTITUTO DE FLORESTAS
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CRESCIMENTO, CONTEÚDO DE CARBONO E CARACTERÍSTICAS DA
MADEIRA DE *Melia azedarach* L., EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE
PLANTIO EM RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL**

Thobias Fagundes Florindo Machado

Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 19 de Junho de 2009

Banca Examinadora:

Prof. Paulo Sérgio dos Santos Leles – UFRRJ
Orientador

Prof. Azarias Machado de Andrade - UFRRJ

Prof. Carlos Alberto Moraes Passos - UFRRJ

DEDICO

Aos meus pais, especialmente minha mãe por sempre me apoiar e me dar força nos momentos difíceis, obrigado por tudo mãe.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à DEUS.

Aos meus pais em especial minha mãe e irmão por sempre me apoiarem.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelos anos de estudo e conhecimentos adquiridos.

Ao amigo e companheiro, professor Azarias Machado de Andrade e família, pela acolhida desde minha chegada a Universidade, e por aceitar o convite para participar de parte de orientação e da banca examinadora. Obrigado por tudo, família Machado de Andrade.

Ao professor Paulo Sérgio dos Santos Leles pelos ensinamentos, amizade e compreensão e principalmente orientação nesse trabalho.

Aos companheiros do quarto 516 (Alfredo, Michel, Ronan, Fernando, Jonas, Emanuel, Carlos), compartilhando momentos bons e ruins.

Aos colegas de graduação da turma 2004/II.

À equipe do Laboratório de Estudos e Pesquisas em Reflorestamento – LAPER, do Departamento de Silvicultura, pela ajuda e amizade acima de tudo.

À UTE Barbosa Lima Sobrinho por sempre apoiar os trabalhos desenvolvidos pelo LAPER na área de reflorestamento de sua propriedade.

Ao mestrando Alysson Canabrava Lisboa, pela ajuda e conhecimentos compartilhados e amizade.

Ao técnico Paulo César, o PC, pela ajuda nas coletas de campo e sincera amizade.

Ao Prof. Carlos Alberto por aceitar participar da Banca Examinadora.

À todos que aqui não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram diretamente ou indiretamente para o meu crescimento.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento, a quantificação de biomassa da parte aérea e analisar as características tecnológicas da madeira de *Melia azedarach* L. (para raio), em diferentes espaçamentos em uma área de recomposição florestal da Bacia do Rio Guandu. Os espaçamentos de plantio utilizados foram: 1,0 x 1,0; 1,5 x 1,5; 2,0 x 2,0 e 3,0 x 2,0 m. Aos 44 meses após o plantio, foram medidos a circunferência ao nível do solo (CNS), circunferência a altura do peito (CAP), qualidade do fuste (presença e a altura da bifurcação), de todas as árvores de *Melia azedarach*. Com base nesta avaliação, para cada espaçamento, foram selecionadas cinco árvores que foram abatidas, medida a altura, cubadas, separadas em componentes e pesadas. Em seguida retiradas amostras dos componentes da parte aérea, que foram levadas ao laboratório para pesagem, colocação em estufa e determinação de matéria seca dos componentes. Das amostras de madeira, foram retiradas sub-amostras para determinação da densidade básica da madeira e a pirólise para possíveis fins energéticos. Os componentes da parte aérea foram agrupados e enviados para análise do teor de carbono. Nesta última análise foi utilizado apenas árvores dos espaçamentos 1 x 1 e 3 x 2 m. Constatou-se que houve diferenças significativas apenas para a altura, sendo que as médias das plantas do espaçamento 2 x 2 m apresentaram valores superiores as dos demais espaçamentos. Foi verificado que o crescimento das plantas não teve comportamento padrão em relação ao espaçamento de plantio. A concentração de carbono variou de 45 a 50% em relação aos componentes. Em relação às características tecnológicas não ocorreram diferenças entre as plantas em decorrência do espaçamento de plantio. Concluiu-se que *Melia azedarach* L. apresentou melhor crescimento no espaçamento 2 x 2 m e que o espaçamento de plantio não influenciou nas características tecnológicas da madeira.

Palavras-chave: *Melia azedarach*, crescimento e quantificação de biomassa.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the growth, the quantification of biomass of shoots and analyzing the technological characteristics of the wood of *Melia azedarach* L. (para raio) at different densities in an area of forest recomposition of Guandu River Basin. The planting spacing used were: 1.0 x 1.0, 1.5 x 1.5, 2.0 x 2.0 and 3.0 x 2.0 m. At 44 months after planting, were measured the circumference at ground level (CNS), circumference at breast height (CAP), the quality of the stem (presence and height of the fork), all trees of *Melia azedarach*. Based on this evaluation, for each spacing, were selected five trees that were felled, measured the height, measured the volume, separated into components and heavy. Then withdrawn samples of components of the shoot, which were brought to the laboratory for weighing, placing in the oven and determination of dry components. Samples of wood were removed from sub-samples for determination of density and pyrolysis of wood for energy purposes possible. The components of the shoots were divided and sent for analysis of carbon content. This last analysis was used only tree spacing of 1 x 1 and 3 x 2 m. It appeared that there were significant differences only for the time being that the average plant spacing of 2 x 2 m showed higher values than those of the other spacings. It was found that plant growth had no performance standard on spacing for planting. The concentration of carbon ranged from 45 to 50% for components. For technological characteristics were not differences between the plants due to the spacing of planting. It was concluded that *Melia azedarach* L. showed better growth with spacing 2 x 2 m and the spacing of planting did not influence the technological characteristics of wood.

Key words: *Melia azedarach*, growth and quantification of biomass.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Espécie	2
2.2 Espaçamento	3
3 MATERIAL E MÉTODOS	3
3.1 Caracterização da área	3
3.2 O experimento	4
3.3 Determinações dendrométricas, da biomassa da parte aérea e do conteúdo de carbono fixado	4
3.4 Determinação da densidade básica da madeira	5
3.5 Pirólise dos materiais lenhosos	5
3.6 Análise química imediata dos carvões	6
3.7 Análise dos dados	7
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
4.1 Dados dendrométricos	7
4.2 Produção de biomassa da parte aérea	8
4.3 Fixação de carbono	9
4.4 Características tecnológicas	11
5 CONCLUSÕES.....	14
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
7 ANEXOS	18

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Cadinho metálico, utilizado durante a pirólise das matérias-primas lenhosas .	6
Figura 2: Sistema adaptado para a pirólise das matérias-primas lenhosas	6
Figura 3: Peso de matéria seca de componentes da parte aérea de <i>Melia azedarach</i> L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, na área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ	9

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Valores dendrométricos médios de <i>Melia azedarach</i> L., aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ	8
Tabela 2: Teor de carbono fixado (%) por <i>Melia azedarach</i> L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ	10
Tabela 3: Carbono fixado na biomassa de <i>Melia azedarach</i> L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ	11
Tabela 4: Valores médios da densidade básica da madeira de <i>Melia azedarach</i> L., aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ	11
Tabela 5: Valores médios dos rendimentos em carvão (RGR), gases condensáveis (RGC) e gases incondensáveis (RGI), após a pirólise da madeira de <i>Melia azedarach</i> L. à temperatura de 700 °C, aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ.....	12
Tabela 6: Valores médios dos teores de matérias voláteis (TMV), cinza (TCZ), carbono fixo (TCF) e rendimento em carbono fixo (RCF) dos carvões da espécie <i>Melia azedarach</i> L., aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ.....	13

1. INTRODUÇÃO

Em função da crescente conscientização sobre a importância da preservação ambiental e do avanço das leis que disciplinam a ação humana sobre as florestas de proteção, nos últimos anos tem aumentado o incentivo para o plantio de espécies florestais nativas para a recomposição florestal. A maioria dos programas de recomposição florestal tem dado atenção ao uso de espécies nativas da região, pois estas normalmente constituem importante patrimônio cultural e econômico para as populações locais. Segundo JARDIM (2006) uma das estratégias possíveis para diminuir o acúmulo de CO₂ na atmosfera é recuperar as florestas tropicais degradadas através de recomposição florestal com plantio de espécies arbustivas e arbóreas adaptadas às condições locais, pois o incremento de biomassa florestal está correlacionado com a captação do carbono da atmosfera, já que a matéria orgânica armazenada em um ecossistema é diretamente representada pela sua biomassa. Em projetos de recomposição florestal é importante o uso de técnicas adequadas escolha das espécies e espaçamento.

Hoje são inúmeros os estudos sobre espaçamentos de plantio para fins comerciais, com finalidade de produção, com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, entretanto, poucos são os estudos sobre espaçamentos para reflorestamento com fins de recomposição florestal. O espaçamento inadequado pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta, em razão da intensa competição intra-específica por água, luz, nutrientes e espaço (LELES et al., 1998). PIÑA-RODRIGUES et al. (1997) demonstraram ser uma alternativa viável técnica e economicamente o uso de espaçamentos adensados (1,0 x 1,0 m), por propiciar rápida cobertura do solo, inibindo o crescimento da vegetação espontânea de sub-bosque e reduzindo o número de manutenções em comparação aos espaçamentos convencionais. NASCIMENTO (2007) estudando sete espaçamentos (1,0 x 0,5 a 3,0 x 2,0 m) em plantio de recomposição recomendou o espaçamento intermediário de 2,0 x 1,5 m, levando em consideração o crescimento das plantas e os custos de implantação e de manutenção.

A escolha das espécies é um fator muito importante a se considerar para o sucesso de um reflorestamento. A presença das espécies pioneiras é essencial para o sucesso do plantio, isso porque o crescimento destas é mais rápido do que o das secundárias, fornecendo proteção ao solo e condições microclimáticas mais adequadas ao estabelecimento e crescimento das espécies, por exemplo, espécies clímax.

A respeito de *Melia azedarach* para uso em recomposição florestal, segundo LORENZI (2003), é uma espécie caducifólia, que pode atingir de 15 a 20 m de altura, originária da Índia e China. É uma planta rústica tolerante ao calor, seca e também a solos com deficiência de nutrientes. Uma de suas principais características é a produção de folhas e frutos (BURKS, 1997), que caem em determinada época do ano, produzindo assim quantidade considerável de serrapilheira para recobrimento do solo. Seus frutos são carnosos, o que torna a espécie essencial para alimentação da fauna local, especialmente aves, auxiliando a chegada de chuva de sementes para reflorestamento (VIEIRA e GANDOLFI, 2006). Com essas particularidades a espécie tornou-se altamente utilizada em florestamentos e reflorestamentos em ambientes diversos.

Em função das características da espécie, o trabalho tem por objetivo avaliar o crescimento, realizar a quantificação de biomassa da parte aérea e analisar as características

tecnológicas da madeira de *Melia azedarach* L. em diferentes espaçamentos utilizados em plantios de recomposição florestal na Bacia do Rio Guandu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécie

Melia azedarach é conhecida popularmente como: para raio, santa-bárbara, cinamomo, chá-de-soldado e árvore-santa entre outros nomes (LORENZI, 2003). A espécie é da família Meliaceae, originária da Ásia, atinge cerca de 10 a 15 m de altura, floresce, por vezes, desde jovem, com 3 m de altura. É uma árvore decídua, com folhas alternas, flores pequenas e numerosas nos conjuntos terminais grandes, fruto tipo drupa, amareladas e enrugadas, que persistem com o inverno. É comumente encontrada em áreas perturbadas, natural em bordas das estradas, nas clareiras de florestas e até mesmo em áreas naturais; na paisagem é usada como árvore ornamental (GUISELINI et al., 1999). Seus propágulos formam um banco de sementes bastante denso, com elevado número de emergentes a pleno sol, indicando seu potencial no solo (VIEIRA, 2004). Segundo SILVA (2005), seus frutos atraem muitos dispersores, especialmente pássaros, que ingerem os frutos inteiros e deixam o local, o que permite que as sementes de *Melia azedarach* sejam dispersas para longe da planta genitora.

SORREANO (2002) estudou três áreas recuperadas com diferentes idades e constatou que *Melia azedarach* foi uma das espécies com maior número de indivíduos e propágulos das áreas. SIQUEIRA (2002) encontrou resultados similares aos de SORREANO (2002) para outra área com uma grande quantidade de propágulos de *Melia azedarach*.

De acordo com SILVA (2005), dentre as formas de dispersão de *Melia azedarach*, destacam-se a ornitocória e a reprodução assexuada, em que a espécie forma densas colônias. As sementes de *Melia azedarach* têm viabilidade de até dois anos para o armazenamento. Estas características contribuem para a invasão de *Melia azedarach* em comunidades vegetais e sugerem vantagens competitivas sobre as espécies de plantas nativas, podendo causar grandes perturbações nos sistemas funcionais das comunidades invadidas. No entanto, de acordo com VIEIRA e GANDOLFI (2006), *Melia azedarach* parece não suportar o sombreamento no interior de florestas fechadas.

Possui madeira leve com densidade variando de 0,42 a 0,53 g/cm³, de cor rosa com tonalidade avermelhada, textura áspera e grã direita, com gosto e cheiro indistintos. Sua madeira é de fácil aplainamento, desdobro, furação, torneamento, faqueamento e lixamento e aceita bem o verniz.

A espécie é usada na fabricação de móveis e armários, na decoração externa; e utilizado ainda na confecção de pequenas caixas, brinquedos e artigos esportivos como raquetes de tênis. Em função dessa diversidade de usos, é plantado comercialmente no Sul do país e na Argentina, onde se encontra o maior plantio puro da espécie no mundo.

Estudos revelam que *Melia azedarach* na América do Sul, apresenta um incremento entre 24 e 44 m³/ha/ano na Argentina, mais especificamente na província de Misiones, onde é a espécie mais plantada. Em Guayabi no Paraguai, sua rotação é de 12 a 15 anos, devendo ser aplicados dois ou mais desbastes, no terceiro e sexto anos, removendo-se em cada desbaste 50 % das árvores e requer desramas nos dois primeiros anos, caso se deseje fustes limpos até 6 m de altura. Os povoamentos podem ser manejados por talhadia.

Estudos com a espécie no Quênia demonstraram que quando implantada, foi essencial para ajudar no processo de reversão dos efeitos da desertificação contribuindo assim com resultados positivos, uma vez que a espécie é de rápido crescimento o que acelera a recuperação de áreas degradadas.

2.2 Espaçamento

O crescimento das plantas sob diferentes espaçamentos de plantio é influenciado pelos fatores abióticos do meio, pois estes acabam que controlam a disponibilidade de água, luz e nutrientes para as plantas. No Brasil, os estudos sobre espaçamentos estão focados nas espécies de rápido crescimento, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, e em menor escala com espécies florestais nativas da flora brasileira, em povoamentos puros.

O espaçamento pode afetar o desenvolvimento de florestas plantadas, principalmente no caso das espécies de rápido crescimento. O espaçamento inadequado pode acentuar os efeitos da deficiência hídrica sobre as plantas, diminuindo a produtividade da floresta, em razão da intensa competição intra-específica por água, luz, nutrientes e espaço (LELES et al., 1998).

Para BALLONI e SIMÕES (1980) o espaçamento tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Ele afeta as taxas de crescimento das plantas, qualidade da madeira, idade de corte, bem como as práticas de exploração e manejo florestal e, conseqüentemente os custos de produção.

Em princípio a escolha do espaçamento ideal depende da qualidade do sítio, da espécie a ser plantada e do objetivo do plantio. No caso das florestas de produção, onde o objetivo principal é de exploração econômica da floresta, quanto pior a qualidade do sítio, maior deve ser o espaçamento, evitando, assim, uma competição muito intensa entre as plantas (REIS e REIS, 1993). Assim a floresta plantada teria sustentabilidade e maiores chances de dar um retorno econômico compensador. Quando temos a implantação de uma floresta de proteção, nesses piores sítios, deve-se adotar espaçamentos menores, já que os objetivos iniciais são: o rápido recobrimento do solo de forma a diminuir os processos erosivos e proporcionar o sombreamento das espécies clímax pelas copas das espécies pioneiras. No entanto, mesmo para florestas de proteção pode-se utilizar espaçamentos maiores quando se trabalha num sítio de melhor qualidade, uma vez que o bom crescimento das plantas proporcionaria o recobrimento do solo no tempo desejável. Deve-se ressaltar ainda, que um espaçamento menor diminui os custos de manutenção porque o rápido fechamento das copas proporciona uma eliminação natural da vegetação competidora (BOTELHO e DAVIDE, 2002).

Estudos revelam que quanto maior o espaçamento maior crescimento em altura e diâmetro das árvores (AGUIAR et al, 1992). FLEIG (2003) conclui que as maiores áreas basais ocorreram nos maiores espaçamentos, assim como a área de copa e altura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de trabalho

A área de estudo tem como coordenadas geográficas 22° 43' 55" Latitude S e 43° 38' 26" Longitude W, no Município de Seropédica região da Baixada Fluminense do Estado Rio de Janeiro, na Usina Termelétrica Barbosa Lima Sobrinho, pertencente a

Petrobras, localizada no km 200 da Rodovia Presidente Dutra, próxima ao Rio Guandu. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (BRASIL, 1980).

De acordo com dados dos últimos dez anos da Estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) localizada em Seropédica, a temperatura média máxima é de 32,2°C e a mínima é de 20,3°C. A precipitação média é de 1.279 mm ao ano, com período de menor precipitação de julho a agosto e maior concentração de chuvas de dezembro a fevereiro.

3.2 O experimento

Este trabalho faz parte do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento “Recomposição da Bacia do Rio Guandu”, convênio ANEEL – SFE / FAPUR – UFRRJ. Neste projeto, foram utilizadas 48 espécies arbóreas (Anexo 1A), plantadas em povoamento misto, nos espaçamentos 1,0 x 1,0 ; 1,5 x 1,5; 2,0 x 2,0 e 3,0 x 2,0 m, os quais constituem os tratamentos. Em cada espaçamento foi utilizado uma área de 50 x 66 m.

As mudas foram produzidas no Viveiro Luiz Fernando Oliveira Capellão, pertencente ao Departamento de Silvicultura, do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e, na época do plantio, apresentavam altura variando de 30 a 90 cm, conforme a espécie.

A área foi arada e gradeada, em seguida foi marcado o local das covas, obedecendo aos respectivos espaçamentos. Foram abertas covas, manualmente, de 25 x 25 x 25 cm, e estas foram adubadas com a dosagem de 100 g de N-P-K (06-30-06) / cova. Em seguida, executou-se o plantio no mês de dezembro de 2004. A distribuição das mudas no campo obedeceu ao esquema de uma linha de espécie pioneira e outra linha, intercalando uma muda de espécie pioneira e outra de espécie não pioneira.

O controle das formigas cortadeiras, utilizando-se iscas granuladas, foi realizado dois meses antes do plantio, imediatamente após o plantio e nos seis meses seguintes.

A primeira capina foi realizada 45 dias após o plantio em toda área e, outras capinas foram executadas até os 30 meses (junho de 2007). O intervalo entre as capinas foi determinado de acordo com observações visuais do tamanho da matocompetição, que pode influenciar de maneira negativa no crescimento das espécies florestais.

3.3 Determinações dendrométricas, da biomassa da parte aérea e do conteúdo de carbono fixado

Primeiramente, foi realizado um censo de toda área, medindo circunferência ao nível do solo (CNS), circunferência a altura do peito (CAP), tipo de fuste e altura total. No caso de árvores com mais de um fuste, mediu-se todas CAP's e como altura total foi considerada o fuste de maior altura. Em laboratório, de posse dos dados, em cada espaçamento, foram selecionadas 5 árvores médias para serem abatidas, com o intuito de que essas árvores amostradas representassem os indivíduos daquele espaçamento. Estas avaliações ocorreram aos 44 meses após o plantio.

As árvores foram abatidas ao nível do solo e cubadas rigorosamente para obter o volume do fuste (com e sem casca), com a aplicação da metodologia de Smalian (HUSCH et al., 1993). Em seguida, as árvores foram divididas em componentes: folhas, galhos, madeira e casca, pesadas em balança de campo e retiradas amostras para determinação do peso úmido. Também foram retirados discos, com espessura de 5 cm, da base, meio e do topo do fuste. Considerou-se como fuste, o tronco de diâmetro até 5 cm de circunferência,

segundo inferior a este considerado como copa (folhas e galhos). Em árvores que apresentaram mais de um fuste, foram retiradas amostras somente do fuste que apresentou o maior CAP, ou o responsável pela condução vertical da árvore.

No mesmo dia da etapa de campo, as amostras de discos do fuste foram separadas em madeira e casca, medida a espessura das cascas e todas as amostras foram pesadas, determinando assim o peso úmido. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada a 65 ± 2 °C, para obtenção do peso seco. Com base nas informações de peso total, peso da amostra úmida e peso da amostra seca, determinou-se a matéria seca de cada componente da parte aérea das árvores.

Para determinação do teor de carbono da parte aérea das árvores não foi considerado o espaçamento de plantio. Retirou-se de cada componente uma subamostra de material, que foi moída e encaminhada ao Laboratório de Isótopos Estáveis, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O método utilizado para determinação do carbono foi o da combustão úmida ou seca, na qual as amostras são colocadas em um recipiente de cerâmica e levadas ao equipamento que, em cerca de 60 segundos, realiza a combustão e quantifica o teor de carbono encontrado na amostra. De posse da concentração de carbono fixado e da matéria seca, calculou-se o conteúdo de carbono fixado nos diferentes componentes da parte aérea, até a idade de 44 meses após o plantio.

3.4 Determinação da densidade básica da madeira

De cada árvore abatida, foram retirados discos de madeira sem casca (base, meio e topo do fuste). Estes discos foram quarteados e retiradas amostras para a determinação da densidade básica da madeira, pelo método hidrostático, segundo a metodologia proposta por VITAL (1984). As amostras foram imersas em água até a completa saturação, o que ocorreu ao final de aproximadamente, 48 horas e determinados os volumes das amostras com base nos volumes de água deslocados pelas mesmas ao serem imersas num becker com água. Em seguida, as amostras saturadas em água foram colocadas em estufa regulada a 105 ± 3 °C até a completa secagem (0% de umidade). Com base no volume saturado e massa absolutamente seca das amostras determinou-se a densidade básica. Para esta avaliação foram utilizadas amostras das 5 árvores de *Melia azedarach* por espaçamento, com 3 repetições, totalizando 60 amostras.

3.5 Pirólise dos materiais lenhosos

Para avaliação da pirólise dos materiais lenhosos, foram utilizados apenas os espaçamentos extremos: 1 x 1 e 3 x 2 m. As amostras de discos de madeira que foram cavaqueadas e não utilizadas para determinação da densidade básica da madeira, das cinco árvores de cada espaçamento foram misturadas, formando assim uma única amostra para cada um dos espaçamentos estudados. Dessas, foram retiradas 5 sub-amostras, que foram colocadas em estufa regulada a 105 ± 3 °C, até a completa secagem (0% de umidade), e em seguida submetidas ao processo de pirólise, até a temperatura de 700 °C. O carvão vegetal foi produzido dentro de um cadinho metálico (Figura 1), que por sua vez, foi acondicionado dentro do forno mufla apresentado na Figura 2, devidamente adaptado para a pirólise das matérias-primas lenhosas. Durante as destilações, os vapores liberados foram condensados e quantificados.



Figura 1 - Cadinho metálico, utilizado durante a pirólise das matérias-primas lenhosas.

Os gases incondensáveis, com alguns constituintes inflamáveis na sua composição, foram queimados na saída do sistema de arrefecimento. De posse das massas de cada um dos produtos, foram obtidos os rendimentos gravimétricos em carvão vegetal, em líquido pirolenhoso e em gases incondensáveis.



Figura 2 - Sistema adaptado para a pirólise das matérias-primas lenhosas.

1 = forno mufla; 2 = condensadores de Liebig e 3 = recipiente para coletar o líquido pirolenhoso.

3.6 Análise química imediata dos carvões

Com o carvão obtido após a pirólise dos materiais lenhosos (item 3.5), provenientes de cada espaçamento de plantio foram retiradas 5 amostras para a realização da análise química do carvão.

As amostras de carvão foram separadas, maceradas e peneiradas em peneiras de 40 e de 60 mesh. O material retido na peneira de 60 mesh foi colocado em estufa regulada a 105 ± 3 °C, por aproximadamente 48 horas. Amostras de 1g de carvão foram utilizados no decorrer da análise química do mesmo. Foram determinados os teores de materiais voláteis, de cinza e de carbono no carvão, com base na metodologia proposta por OLIVEIRA et al. (1982), derivada da norma ASTM D-1762-64.

3.7 Análise dos dados

Os dados das variáveis de crescimento, biomassa, rendimento e teores foram submetidos às pré-condições de análise de variância (normalidade dos dados e homogeneidade de variância dos tratamentos), para verificar a necessidade de transformação. As variáveis peso da matéria seca de folhas e teor de cinzas foram transformados em raiz quadrada. Em seguida, realizou-se a análise de variância, tendo como fonte de variação o espaçamento, e para a(s) variável(eis) que houve diferença significativa, as médias foram submetidos ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Em todas as análises estatísticas, utilizou-se o Software SAEG – Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, de acordo com RIBEIRO JÚNIOR (2001).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados dendrométricos

Verificou-se que apenas a média da altura da parte aérea das árvores apresentou diferenças significativas entre os espaçamentos, cujo resumo da análise de variância é apresentado no anexo 1B.

De acordo com a Tabela 1, constata-se que no espaçamento de 2 x 2 m as árvores de *Melia azedarach* apresentaram alturas significativamente superiores às do espaçamento de 3 x 2 m. Observa-se, também, que não houve comportamento padrão do crescimento médio das árvores em função do povoamento, o que também foi constatado por NASCIMENTO (2007) com outras espécies florestais e por SILVA (2008) com *Melia azedarach*. Devido a espécie em estudo ser considerada lucífera (LORENZI, 2003), esperava-se maior crescimento em altura nas plantas dos espaçamentos mais adensados pela maior procura por luz, o que não ocorreu, provavelmente devido, ao efeito das plantas próximas as de *Melia azedarach*, que não era a mesma disposição das espécies nos espaçamentos. Normalmente, em povoamentos de eucalipto, o maior crescimento médio das árvores ocorre nos maiores espaçamentos, conforme observado por LELES et al. (1998), LADEIRA et al. (2001) e OLIVEIRA NETO et al. (2003). Segundo BALLONI e SIMÕES (1980), normalmente, o espaçamento tem maior influência no crescimento em diâmetro do que em altura. Estes autores ainda mencionam que existem casos onde a altura média aumenta com o espaçamento, outros onde o resultado é inverso e, outros onde o espaçamento não tem influência sobre o crescimento em altura, dependendo da espécie, idade das plantas e dos espaçamentos usados.

Tabela 1: Valores dendrométricos médios de *Melia azedarach* L., aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Espaçam. (m)	Altura (m)	Área basal (m ² / árvore)	Volume (m ³ / árvore)	
			Com casca	Sem casca
2,0 x 2,0	11,82 A	0,101134	0,148199	0,095072
1,0 x 1,0	10,80 AB	0,048018	0,072817	0,048361
1,5 x 1,5	9,22 AB	0,033930	0,051366	0,033344
3,0 x 2,0	8,76 B	0,080434	0,113889	0,081762

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Devido ao trabalho ser desenvolvido em um povoamento misto, as árvores em torno das *Melia azedarach* avaliadas não eram as mesmas nos diferentes espaçamentos. Assim, provavelmente, pode ter havido influência das plantas vizinhas, principalmente largura da copa, no crescimento de *Melia azedarach*.

Apesar de não haver diferenças estatísticas (F < 0,05), percebe-se que no espaçamento 2 x 2 m, a média de crescimento das árvores de *Melia azedarach* foi praticamente o dobro, quando comparado com o espaçamento 1 x 1 m, tanto em área basal, como em volume com casca e sem casca. A área basal média das árvores do espaçamento 2 x 2 m foi 20,5% maior que o espaçamento 3 x 2 m e de 23,1% de volume com casca e 14 % de volume sem casca. Em relação ao volume, verifica-se que, apesar da maior área útil por planta, as árvores de *Melia azedarach* do espaçamento 3 x 2 m apresentaram menores valores do que as do espaçamento 2 x 2 m, e que as do espaçamento 1,5 x 1,5 m os menores valores, inclusive inferiores ao do espaçamento 1,0 x 1,0 m. Esta não existência de diferenças estatísticas, deve-se, provavelmente, à dificuldade de se amostrar as árvores médias, mesmo com todos os cuidados de amostragem descritos na metodologia.

A vegetação natural da área é de capim colônio (*Panicum maximum*) que foi controlado com capinas e roçadas, mas que em alguns momentos, devido a atrasos destas operações, estava muito alto. Estudos realizados por NASCIMENTO (2007) na mesma área deste trabalho quando o povoamento estava com 23 meses (maio de 2006) e que estava seis meses sem capina ou roçada, observou que a matéria seca da matocompetição era de 175,7; 49,0; 64,4 e 11,0 g/m², respectivamente no espaçamento 3,0 x 2,0; 2,0 x 2,0; 1,5 x 1,5 e 1,0 x 1,0 m, evidenciando que nos espaçamentos mais amplos houve maior competição do colônio, o que pode, em determinados momentos, ter contribuído para o menor crescimento de *Melia azedarach* no espaçamento 3 x 2 m em relação ao 2 x 2 m, observado neste estudo. Também PIÑA-RODRIGUES et al. (1997) constataram que a incidência de capim colônio, aos seis meses após o plantio de recomposição florestal, no sub-bosque de uma área de espaçamento de plantio de 1 x 1 m foi aproximadamente 4 vezes inferior ao do espaçamento 3 x 2 m.

4.2 Produção de biomassa da parte aérea

No Anexo 2B são apresentados os resumos da análise de variância dos valores de peso de matéria seca de folhas, galhos, madeira, casca, tronco e total onde constata-se que não houve diferenças significativas da produção de biomassa destes componentes das árvores de *Melia azedarach* em função do espaçamento.

Apesar de não detectar diferenças significativas ($F < 0,05$), constata-se pela Figura 3 que, em média, as árvores do espaçamento 2 x 2 m foram as que apresentaram o maior peso de matéria seca entres os espaçamentos, conforme observados pelos dados de crescimento (Tabela 1). Nesta idade avaliada, no componente madeira é onde está alocada a maior parte da biomassa da parte aérea. Segundo LARCHER (2000), a matéria seca que constitui a biomassa é formada especialmente por carbono e por nutrientes minerais cujas concentrações variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, condições edafoclimáticas e com a parte do vegetal considerada.

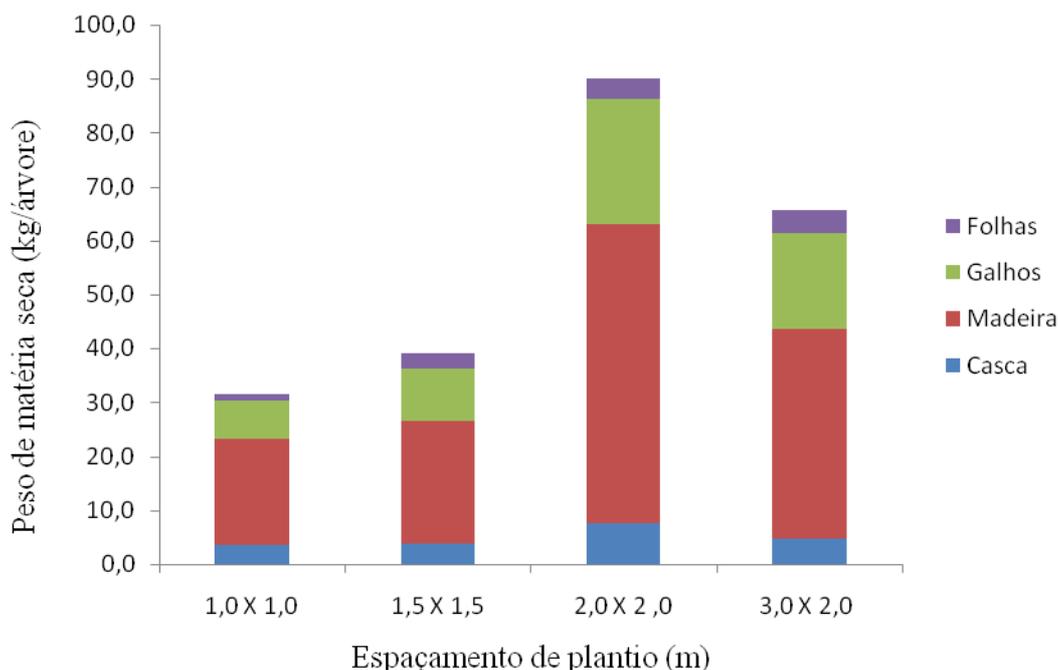


Figura 3 - Peso de matéria seca de componentes da parte aérea de *Melia azedarach* L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, na área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ.

4.3 Fixação de carbono

Na Tabela 2 são apresentados os dados da concentração de carbono fixado nos diferentes componentes da parte aérea, independentemente do espaçamento de plantio. Verifica-se que foi na casca onde apresentou a maior concentração de carbono e que em média, *Melia azedarach* apresenta valores de concentração de carbono semelhantes a média de algumas espécies de Mata Atlântica¹ que também fazem parte do reflorestamento utilizado neste trabalho e que constam no Anexo 1A.

¹ Dados ainda não publicados, que fazem parte da Dissertação, em fase de elaboração, de A. C. Lisboa, do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da UFRRJ

Tabela 2: Teor de carbono fixado (%) por *Melia azedarach* L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Componentes	<i>Melia azedarach</i>	Outras espécies*
Casca	50,06	45,92
Madeira	47,41	46,17
Galhos	45,08	45,45
Folhas	46,59	45,92

* Valores médios de outras espécies florestais do mesmo povoamento. Fonte Lisboa et. al (dados ainda não publicados)

O teor de carbono fixado na biomassa florestal, segundo SANQUETTA et al., (2004) e SOARES et al. (2006), está em torno de 50%. HIGUSHI e CARVALHO JÚNIOR (1994), analisando várias espécies da Floresta Tropical Úmida Densa de Terra Firme na região de Manaus-AM, concluíram que o teor médio em carbono para o tronco é de 48,4% e para galhos vivos de 46,8%. ROCHADELLI (2001) ao estudar a fixação de carbono em reflorestamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella Bentham*), verificou que a concentração variou 40 a 45%.

Comparando a fixação de carbono nos diferentes componentes das árvores, NEVES (2000) encontrou em *Eucalytus grandis* x *E. urophylla*, com aproximadamente 5 anos de idade, os menores percentuais de carbono na casca, diferentemente do presente trabalho onde a maior concentração de carbono estava casca de *Melia azedarach*. Uma possível explicação encontra-se numa revisão de SILVA (2008), citando trabalhos que mencionam que os componentes químicos existentes na casca de *Melia azedarach* apresentam grande número de compostos com longas cadeias carbônicas em sua composição.

A concentração de carbono na casca é superior a 50% (Tabela 2), evidenciando a importância de não queimar este componente, e sim em caso de uso da madeira, fazer reaproveitamento da casca como fonte de matéria orgânica. Em termos de quantidade (conteúdo) de carbono fixado, que é em função da concentração de carbono e produção de biomassa (Tabela 3), os dados mostram que é na madeira que encontra-se a maior parte do carbono e são as folhas que menos contribuem para fixação de carbono, devido a menor produção de biomassa (Figura 3).

Tabela 3: Carbono fixado na biomassa de *Melia azedarach* L. aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Espaçam. (m)	Casca	Madeira	Galho	Folha	Total
	----- kg de carbono fixado / árvore -----				
1,0 x 1,0	1,75	9,36	3,16	0,54	14,81
1,5 x 1,5	1,93	10,72	4,46	1,27	18,38
2,0 x 2,0	3,77	26,32	10,48	1,70	42,27
3,0 x 2,0	2,39	18,42	8,06	1,93	30,08

Em termos de árvore individual, a Tabela 3 mostra que é no espaçamento 2 x 2 m que a espécie fixa a maior quantidade de carbono, conforme também observado no crescimento (Tabela 1) e na produção de biomassa (Figura 3). Simulando uma situação de um povoamento misto para produção de madeira ou outros produtos de *Melia azedarach* e esta espécie representasse 50% dos indivíduos, a quantidade de carbono fixada por hectare na biomassa da parte aérea das plantas nos espaçamentos 1,0 x 1,0; 1,5 x 1,5; 2,0 x 2,0 e 3,0 x 2,0 m seria respectivamente de 74.050; 40.850; 52.838 e 25.072 kg de carbono/ha, aos 44 meses de idade. Este valor se a sobrevivência de *Melia azedarach* fosse de 100%.

4.4 Características tecnológicas

A análise de variância mostrou que não houve diferenças significativas dos valores médios das densidades básicas da madeira de *Melia azedarach*, em função dos quatro espaçamentos de plantio, cujas médias são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Valores médios da densidade básica da madeira de *Melia azedarach* L., aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	Densidade média (g/cm ³)
1,0 x 1,0	0,49
1,5 x 1,5	0,45
2,0 x 2,0	0,50
3,0 x 2,0	0,46

Conforme ANDRADE (1989), ANDRADE e CARVALHO (1998) para fins energéticos, quanto maior for a densidade básica da madeira melhor, ou seja, uma maior massa de material orgânico por unidade de volume estará sendo transformada em carbono. Portanto, se forem consideradas apenas as densidades básicas em termos absolutos, a

madeira do espaçamento 2 x 2 m não apresenta um maior potencial energético, visto que não existe diferenças significativas entre os espaçamentos demonstrado segundo análise estatística.

VITAL et al. (1981), estudando a influência do espaçamento na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* aos 30 meses de idade, constataram que não existe, nessa idade, uma correlação significativa entre a densidade básica média com o espaçamento de plantio.

No Anexo 3B são apresentados os resumos da análise de variância dos valores do rendimento de gases condensáveis (RGC), rendimento de gases incondensáveis (RGI) e rendimento gravimétrico em carvão (RGR). Constatou-se que não houve diferenças significativas entre os valores médios destas variáveis em função dos dois espaçamentos testados (1 x 1 e 3 x 2 m), cujos resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Valores médios dos rendimentos em carvão (RGR), gases condensáveis (RGC) e gases incondensáveis (RGI), após a pirólise da madeira de *Melia azedarach* L. à temperatura de 700 °C, aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	RGR (%)	RGC (%)	RGI (%)
1,0 x 1,0	24,34	40,32	35,33
3,0 x 2,0	24,57	41,89	33,53

Dentro de certos limites técnicos e para uma mesma espécie vegetal, quanto maior a temperatura máxima de carbonização menor o rendimento gravimétrico em carvão, resultado da maior emissão de gases nas maiores temperaturas de pirólise, em razão do maior tempo de exposição aos efeitos degradantes da energia térmica. ANDRADE e CARVALHO (1998) ressaltaram que, com o aumento da temperatura máxima de carbonização, se intensifica o processo de extração dos compostos volatilizáveis presentes na madeira quando esta é submetida à ação da energia térmica.

De acordo com a Tabela 5 verifica-se que há uma correlação negativa entre o rendimento gravimétrico em carvão e a temperatura máxima de carbonização, conforme também verificado por BRITO (1990); ANDRADE (1993) e NOGUEIRA et al. (2000). MACHADO (2007) utilizando a temperatura máxima de pirólise de 600 °C para *E. grandis* encontrou valores próximos ao do presente trabalho. Segundo o mesmo autor, à medida que aumenta a temperatura máxima de pirólise, os valores médios dos rendimentos gravimétricos em carvão tendem a diminuir, confirmando as considerações de ANDRADE (1989).

TRUGILHO e SILVA (2001), estudando a influência da temperatura final na carbonização de jatobá (*Hymenea courbaril* L.), encontraram valores superiores no rendimento gravimétrico em carvão (RGR) em comparação com os rendimentos de *Melia azedarach*, fato que pode ter sido influenciado por diferenças entre os teores de lignina das espécies ou densidades básicas das mesmas. Tais fatores são preponderantes para a produção de carvão vegetal.

O maior rendimento em carvão corresponde ao menor rendimento em gases condensáveis. Com isso pode-se inferir, dentro de certos limites, que para uma mesma matéria-prima, aos menores rendimentos em gases condensáveis (RGC) correspondem os

maiores rendimentos gravimétricos em carvão. Isso pode ter ocorrido em consequência da permanência, na constituição do carvão vegetal, de certos componentes químicos que resultariam em voláteis que estariam presentes na fumaça. Segundo ANDRADE (1989), considerando-se que esses constituintes ainda permaneceram na composição do carvão, ocasionando a elevação da sua massa, o rendimento gravimétrico em carvão apresenta, em contrapartida, um correspondente acréscimo.

No Anexo 4B são apresentados os resumos da análise de variância dos valores dos teores de materiais voláteis (TMV), teor de cinza (TCZ), teor de carbono fixo (TCF) e rendimento em carbono fixo (RCF).

Na Tabela 6 constam os valores médios dos teores de matérias voláteis (TMV), de cinza (TCZ) e de carbono fixo (TCF), bem como os rendimentos em carbono fixo (RCF) dos carvões da espécie nos dois espaçamentos estudados.

Tabela 6: Valores médios dos teores de matérias voláteis (TMV), cinza (TCZ), carbono fixo (TCF) e rendimento em carbono fixo (RCF) dos carvões da espécie *Melia azedarach* L., à temperatura de 700 °C, aos 44 meses de idade, implantados em diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	TMV (%)	TCZ (%)	TCF (%)	RCF (%)
1,0 x 1,0	10,2	2,0	87,8	21,38
3,0 x 2,0	11,4	2,2	86,4	21,23

A análise química dos carvões demonstrou (Tabela 6), que para a espécie em questão, há uma tendência ao aumento dos teores de matérias voláteis à medida que se aumenta o espaçamento. O contrário foi observado em relação ao teor de carbono fixo dos carvões. Entretanto não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos na temperatura máxima de pirólise analisada (700 °C).

Em relação ao teor de cinza, segundo ANDRADE (1993), há uma tendência ao aumento do mesmo à medida que se diminui o rendimento gravimétrico em carvão. Valores semelhantes foram encontrados por MACHADO (2007).

Os rendimentos em carbono fixo, produto dos respectivos rendimentos em carvão e do teor de carbono fixo apresentaram valores médios distribuídos num pequeno intervalo de 21,23% a 21,38%. Para ANDRADE (1989), o rendimento em carbono fixo é um dos parâmetros que melhor expressam a qualidade da matéria-prima lenhosa para a produção de carvão vegetal. Quanto maior for o rendimento em carbono fixo, melhor será a qualidade da biomassa para fins energéticos. Em relação ao rendimento em carbono fixo, não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os espaçamentos.

O maior teor de carbono fixo ocorreu no carvão do espaçamento 1 x 1 m justamente no tratamento com menor teor de matérias voláteis que, provavelmente, foram liberados, no processo de carbonização propriamente dito.

5. CONCLUSÕES

Para as condições de estudo, as árvores de *Melia azedarach* L. apresentaram o maior crescimento médio no espaçamento 2 x 2 m. A concentração de carbono variou de 45 a 50%, dependendo do componente da parte aérea.

O espaçamento de plantio não influenciou as características tecnológicas da madeira das árvores de *Melia azedarach* L. Recomenda-se que novas análises sejam executadas quando as árvores apresentarem idades mais avançadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I. B. et al. Efeito do espaçamento no desenvolvimento de *Dipteryx alata* vog. em Jaboticabal, SP, até a idade de 20 anos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo v. 4, p.570-572, 1992.
- ANDRADE, A. M. de & CARVALHO, L. M. de. Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.5, n.1, p. 24-42, 1998.
- ANDRADE, A. M. de. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto**. 1993. 105 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ANDRADE, A. M. de. **Influência da casca de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden no rendimento e qualidade de carvão vegetal**. 1989. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ASTM - American Society for Testing and Materials. **Standard method for chemical analyses of wood charcol**. Phyladelphia, 1977. 1042p
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v.1, n.3, p.1-16, 1980.
- BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recomposição de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SINRAD – SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2002, Lavras. **Anais ...** Lavras: CEMAC / UFLA, 2002. p.194-211.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto RADAM Brasil**. Folhas sc. 21. Juremo: Geomorfologia, pedologias, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro-RJ, 1980: v.20, 460 p.
- BRITO, J. O. Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira. **Documentos Florestais**, n.9, p. 1-19, 1990.

BURKS, K. C. *Melia azedarach*. Fact sheet prepared by the Bureau of Aquatic Plant Management. **Department of Environmental Protection, State of Florida, Tallahassee, FL**. 1997.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: EMBRAPA FLORESTAS, 2003. v.1, 1039p.

FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Influência do espaçamento e idade da brotação na morfometria de povoamentos de *Illex paraguariensis* St. Hill. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v.13, n.1, p.73-88, 2003.

GUISELINI, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.3, p.380-384, 1999.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JUNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono das espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: Uma Nova Oportunidade De Negócios Para O Brasil, 1994, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 125-153.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3.ed. Florida: Krieger Publishing company. 1993. 402 p.

IPEF. Espécies arbóreas. Disponível em <http://www.ipef.br>, acesso em 18 de junho de 2009.

JARDIM, P. S. **Crescimento e biomassa de espécies arbóreas nativas da floresta estacional em reflorestamentos no Norte do Paraná, Brasil**. 2006. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Londrina, PR.

LADEIRA, B.C.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.1, p.69-78, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 2000. 531p.

LELES, P. S. S.; REIS, G.G.; REIS, N.G.F.; MORAIS, E.J. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: Madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 2003. 368p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 2003. v.1, 352p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 2002. v.2, 368p.

MACHADO, T. F. F.; A. P. SILVA; A. M. de ANDRADE. Análise das potencialidades energéticas das madeiras de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), 2007, Seropédica. **Anais....** Seropédica: JIC/UFRRJ, 2007.

NASCIMENTO, D. F. **Avaliação do crescimento inicial, custos de implantação e manutenção de reflorestamento com espécies nativas em diferentes espaçamentos.** 2007, 21 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

NEVES, J. C. L., **Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo.** 2000. 191p. Doutorado (Doutorado Produção Vegetal) - Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S.; TROSSERO, M. A.; FRISK, T. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações.** Brasília, DF, 2000. 144p

OLIVEIRA, J. B.; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. Propriedades do carvão vegetal. In: PENEDO, W.R. **Carvão vegetal.** Belo Horizonte, MG, CETEC - Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1982. p.9-61.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta à adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.1, p.15-23, 2003.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOPES, L. R.; MARQUES, S. Sistema de plantio adensado para revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: bases ecológicas e comparações de estudo / benefício com o sistema tradicional. **Floresta e Ambiente**, Seropédica. Ano 4, p.30-41, 1997.

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

REIS, G. G.; REIS, M. G. F. Competição por luz, água e nutrientes em povoamentos florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA FLORESTAL, I. Belo Horizonte, MG. 1993. **Anais...**, Viçosa, MG, SIF/UFV, 1993. p. 161-173.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento: estudo de caso: Mimosa scabrella Bentham, Bracatinga.** 2001. 86 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANQUETTA, C. R., BALBINOT, R., ZILIOOTTO, M. A. B., Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas. 2º Simpósio Latino Americano Sobre Fixação de Carbono, Curitiba:UFPR, 2004. p. 211.

SILVA, P. A. Predação de sementes pelo maracanã-nobre (*Diopsittaca nobilis*, Psittacidae) em uma planta exótica (*Melia azedarach*, Meliaceae) no oeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Paulo v.13, n.2, p.183-185, 2005

SILVA, L. L. **Uso de *Melia azedarach* L. no controle de pragas e doenças e crescimento em quatro espaçamentos de plantio para recomposição florestal.** 2008, 24 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

SIQUEIRA, L. P. **Monitoramento de áreas restauradas no interior do Estado de São Paulo, Brasil.** 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal.** Viçosa: UFV, 2006. 276p.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades.** 2002. 145p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

TRUGILHO, P. F.; SIVA, D. A. Influência da temperatura final de carbonização nas características físicas e químicas do carvão de jatobá (*Hymenea courbaril* L.). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 45-53, 2001.

VIEIRA, D. C. M. **Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em Iracemópolis (SP).** 2004. 102p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n.4, p. 541-554, 2006.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa, MG, SIF - Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21p.

VITAL, B. R.; PEREIRA, A. R.; LÚCIA, R. M. D. Influência do espaçamento na qualidade de *Eucalypto grandis* aos 30 meses de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 210-217, 1981.

7. ANEXOS

ANEXO 1A: Listagem das espécies que foram utilizadas para recomposição florestal em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, da Bacia do Rio Guandu

Espécie	Nome vulgar	Grupo ecológico*
<i>Luhea divaricata</i>	Açoita-cavalo	Pioneira
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico-branco	Pioneira
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico-vermelho	Pioneira
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira-branca	Secundária inicial
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira-pimenta	Pioneira
<i>Cordia superba</i>	Babosa-branca	Secundária tardia
<i>Myroxylon peruiferum</i>	Cabreúva	Clímax
<i>Cassia grandis</i>	Cássia-grandis	Pioneira
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro-rosa	Secundária tardia
<i>Trema micrantha</i>	Crindiúva	Pioneira
<i>Cecropia hololeuca</i>	Embaúba	Pioneira
<i>Petophorum dubium</i>	Farinha-seca	Pioneira
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Pioneira
<i>Schizolobium parahyba</i>	Guapuruvu	Pioneira
<i>Inga marginata</i>	Ingá	Pioneira
<i>Tabebuia Alba</i>	Ipê-amarelo	Secundária inicial
<i>Tabebuia roseo-alba</i>	Ipê-branco	Secundária inicial
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Ipê-felpudo	Secundária inicial
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Ipê-rosa	Secundária tardia
<i>Tabebuia avellanedae</i>	Ipê-roxo	Secundária tardia
<i>Dalbergia nigra</i>	Jacarandá-da-bahia	Pioneira
<i>Machaerium aculeatum</i>	Jacarandá-bico-de-pato	Pioneira
<i>Jacaranda puberula</i>	Jacarandá-puberba	Secundária inicial
<i>Syzygium malaccense</i>	Jambo	Pioneira
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá-branco	Clímax
<i>Cordia trichotoma</i>	Louro-pardo	Secundária inicial
<i>Mabea fistulifera</i>	Mamoninha-do-mato	Pioneira
<i>Mimosa bimucronata</i>	Marica	Pioneira
<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	Mirindiba-rosa	Secundária inicial
<i>Acácia polyphylla</i>	Monjoleiro	Pioneira
<i>Erythrina verna</i>	Mulungu	Pioneira
<i>Pachira aquatica</i>	Munguba	Secundária inicial
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Orelha-de-negro	Secundária tardia
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira	Secundária inicial
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata-de-vaca	Secundária inicial
<i>Gallesia integrifolia</i>	Pau-d'alho	Secundária tardia
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau-ferro	Clímax
<i>Triplaris brasiliana</i>	Pau-formiga	Secundária inicial
<i>Parapiptadenea gonoacantha</i>	Pau-jacaré	Pioneira
<i>Pterigota brasiliensis</i>	Pau-rei	Secundária tardia
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	Pau-viola	Secundária tardia
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Clímax
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Secundária inicial
<i>Rapanea ferruginea</i>	Pororoca	Pioneira
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Sabiá	Pioneira
<i>Samanea saman</i>	Samanea	Pioneira
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Sibipiruna	Clímax
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	Secundária tardia

*Fonte: Carvalho (2003); Lorenzi (2002 e 2003) e IPEF-USP (www.ipef.br).

Anexo 1B: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação da altura (ALT), área basal (G), volume com casca (Vol c/c), volume sem casca (Vol s/c) de *Melia azedarach* L. em povoamento de recomposição florestal aos 44 meses após o plantio, plantados em diferentes espaçamentos de plantio, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

FV	GL	Alt	G	Vol c/c	Vol s/c
Espaçam.	3	10,01*	0,004657 ^{n.s.}	0,009288 ^{n.s.}	0,004106 ^{n.s.}
Resíduo	16	2,072	0,001563	0,003172	0,001585
CV (%)		14,2	60,00	58,30	61,60

gl= grau de liberdade

* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 2B: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do peso de matéria seca de componentes da parte aérea e total de *Melia azedarach* L., em povoamento misto de recomposição florestal, aos 44 meses após o plantio, plantados em diferentes espaçamentos de plantio, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

FV	GL	Folhas ¹	Galhos	Madeira	Casca	Tronco	Total ¹
Espaçam.	3	1,079 ^{n.s.}	275,654 ^{n.s.}	1365,013 ^{n.s.}	16,618 ^{n.s.}	1674,132 ^{n.s.}	23,538 ^{n.s.}
Resíduo	16	0,349	99,122	479,075	8,976	607,813	8,563
CV (%)		37,58	68,63	64,04	61,03	63,07	31,70

gl = grau de liberdade

¹ dados transformados em raiz quadrada;

^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 3B: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do rendimento de gases condensáveis (RGC), rendimento de gases incondensáveis (RGI) e rendimento gravimétrico em carvão (RGR) de *Melia azedarach* em povoamento de recomposição florestal aos 44 meses após o plantio, plantados em diferentes espaçamentos de plantio, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

FV	GL	RGC	RGI	RGR
Espaçam.	1	6,149 ^{n.s.}	8,079 ^{n.s.}	0,131 ^{n.s.}
Resíduo	8	1,496	1,657	0,129
CV (%)		2,97	3,74	1,47

gl= grau de liberdade

^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

Anexo 4B: Quadrado médio da análise de variância e coeficiente de variação do teor de materiais voláteis (TMV), teor de cinza (TCZ), teor de carbono fixo (TCF) e rendimento em carbono fixo (RCF) de *Melia azedarach* em povoamento de recomposição florestal aos 44 meses após o plantio, plantados em diferentes espaçamentos de plantio, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

FV	GL	TMV	TCZ ¹	TCF	RCF
Espaçam.	1	3,60	0,002943	4,90	0,050113
Resíduo	8	6,50	0,132115	7,25	0,646426
CV (%)		23,61	25,74	3,09	3,77

gl= grau de liberdade

¹ dados transformados em raiz quadrada;

^{n.s.} não significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.