

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**Estoque de Carbono em Área de Recomposição Florestal
com Diferentes Espaçamentos de Plantio**

Alysson Canabrava Lisboa

2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

**ESTOQUE DE CARBONO EM ÁREA DE RECOMPOSIÇÃO
FLORESTAL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO**

ALYSSON CANABRAVA LISBOA

Sob a Orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

e Co-orientação do Professor
Sílvio Nolasco de Oliveira Neto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração Conservação da Natureza

Seropédica, RJ
Agosto de 2010

634.98

L769e

T

Lisboa, Alysson Canabrava, 1983-.

Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio / Alysson Canabrava Lisboa - 2010.

49 f.: il.

Orientador: Paulo Sérgio dos Santos Leles.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.

Bibliografia: f. 42-49.

1. Reflorestamento - Teses. 2. Carbono - Combustão - Teses. I. Leles, Paulo Sérgio dos Santos, 1966-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

ALYSSON CANABRAVA LISBOA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 25/08/2010

Paulo Sérgio dos Santos Leles. Prof. Dr. UFRRJ
Orientador

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia

Ricardo Valcarcel. Prof. Dr. UFRRJ

Dedico

A Deus e à minha mãe, responsáveis pelo que me tornei

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter sempre me guiado para o caminho do bem, fazendo com que eu sempre andasse em busca dos meus objetivos, e dando forças para transpor os obstáculos e me ajudando nas quedas que tive até a minha vitória.

À minha querida e sempre amada mãe, “Dona Almira”, que é a pessoa mais importante na minha vida, e responsável por tudo que sou hoje, estando sempre presente nos momentos de alegria e tristeza, e ajudando-me a superar os obstáculos aqui enfrentados.

Aos meus irmãos, Neném (Anderson Emanuel) e Aline, que são pessoas fundamentais na minha vida.

Às minhas “Dindinhas”, Tia Araci e Tia Carminha, pelo incentivo, ajuda, conselhos, paciência, sendo pessoas fundamentais para o meu sucesso.

Às primas Beatriz (Bea) e Bethânia (Beta), por ter sempre acreditado em mim não desistindo nunca e apoiado a fazer uma graduação na UFRRJ, e por ser uma das responsáveis pela minha vitória.

À minha Tia Fátima, que Deus a tenha que foi fundamental para a minha vinda para a Universidade.

À minha namorada Roberta Franca pela paciência, estando sempre pronta para ajudar-me em todos os momentos que passei, seja de alegrias ou de tristezas e dificuldades.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela acolhida, ter ajudado a me transformar em um profissional e ter me ensinado grandes lições da vida.

Aos Professores Paulo Sérgio dos Santos Leles e Silvio Nolasco de Oliveira Neto pelas experiências e conhecimentos repassados, deste a graduação até o presente momento, preparando-me para vida profissional e também pela amizade que sempre terei com eles.

À Usina Termelétrica Barbosa Lima Sobrinho, pela disponibilidade da área experimental.

Ao programa da CAPES, por ter financiado o estudo ao longo destes dois anos de curso.

Aos estagiários do LAPER – Laboratório de Pesquisa e Estudos em Reflorestamento, pela ajuda na coleta de dados (em especial na retirada das raízes), amizade e companheirismo.

Ao grande amigo e funcionário exemplar Paulo César de Oliveira, o PC, não só pela ajuda nas coletas dos dados, mais também pelos seus ensinamentos, sua experiência e sua amizade, que sempre conserva assim.

A todos aqueles que não foram citados, mas que estiveram ao meu lado durante todo o Curso.

RESUMO

Lisboa, Alysson Canabrava. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio**. 2010. 49p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

O objetivo deste trabalho foi determinar a biomassa e a fixação de carbono orgânico em espécies florestais, serapilheira (manta orgânica) e do solo em povoamento florestal misto em diferentes espaçamentos de plantio para posterior reflorestamento. Os espaçamentos estudados foram: 1,0 x 1,0; 1,5 x 1,5; 2,0 x 2,0; 3,0 x 2,0 com área de 1.700, 1.700, 3.300 e 3.300 m² respectivamente. O número de espécies estabelecida para a implantação da recomposição foi de 45 espécies para todos os espaçamentos. Foi feito um censo em todos os espaçamentos, aos 4 anos após o plantio, para a determinação da biomassa e carbono orgânico das plantas, medindo-se a CNS (circunferência ao nível do solo) no qual foi escolhida uma planta de CNS média para cada espécie. As plantas escolhidas foram abatidas, separados os seus componentes (raiz, madeira, casca, galhos e folhas), pesados e retirada uma amostra para peso de matéria seca. Para quantificação do carbono, 12 espécies que apresentaram melhor crescimento foram escolhidas e as amostras de seus componentes, moídas e levadas ao laboratório para a determinação do teor de carbono orgânico. Amostragens foram feitas em cinco pontos, em cada espaçamento, nas camadas de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, 20 – 30 e 30 – 50 cm do solo para a quantificação do carbono orgânico do solo. Os espaçamentos 1,0 x 1,0; 1,5 x 1,5; 2,0 x 2,0 e 3,0 x 2,0 m apresentaram acúmulo de biomassa de 70,33; 41,48; 42,13 e 44,61 Mg.ha⁻¹, respectivamente. O acúmulo de biomassa nas espécies estudadas variou de 0,405 a 83,900 kg.planta⁻¹, sendo as plantas das espécies *Melia azedarach*, *acacia polyphila*, *Schyzolobium parahyba* e de *Cordia superba* as que apresentaram maior valor de biomassa e as de menor valor as espécies *Schinus terenbinthifolius*, *Inga* sp, *Lafoensia glyptocarpa* e *Anadenanthera colubrina*. O espaçamento que apresentou maior acúmulo de serapilheira foi de 1, 0 x 1, 0 m (7,03 Mg.ha-1) e o menor, de 3,0 x 2,0 m (3,15 Mg.ha-1). O espaçamento não influenciou o teor de carbono o qual variou entre 26,03% e 37,14%. O maior e menor teor médio de carbono foi encontrado na espécie *A. colubrina* e *Cordia trichotoma* com 48,8% e 43,8%, respectivamente. Dentre os componentes das espécies selecionadas para a determinação do carbono orgânico, a casca da espécie *Chorisia speciosa* apresentou teor de 41,4% e a madeira de *Inga* sp. teor de 55,6%, sendo estes o menor e o maior valor encontrado. A maior quantidade de carbono acumulado foi encontrada na espécie *Cordia superba* no espaçamento 3,0 x 2,0 m e o menor valor na espécie *A. colubrina* no espaçamento 1,0 x 1,0 m. Os espaçamentos de plantio 1 x 1 e 1,5 x 1,5 m apresentaram maior teor de carbono no solo que os espaçamentos 2 x 2 e 3 x 2 m para povoamentos florestais com até 4 anos de idade.

Palavras chaves: Reflorestamento, espaçamento e carbono

ABSTRACT

Lisboa, Alysson Canabrava. **Carbon storage in reforestation area with different plant spacings**. 2010. 49p. Dissertation (MSc in Forestry and Environmental Sciences). Forest Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

The aim of this study was to determine the biomass and organic carbon sequestration in forest species, litter (organic matter) and soil in mixed forest stand in different planting spacing for subsequent reforestation. The spacings were: 1.0 x 1.0, 1.5 x 1.5, 2.0 x 2.0, 3.0 x 2.0 with an area of 1.700, 1.700, 3.300 and 3.300 m² respectively. The number of species established for the implementation of reforestation was 45 species for all spacings. A census was realized at 4 years after planting for determination of organic carbon and biomass of plants, measuring the CNS (circumference at ground level) of plant at which one plant with CNS average was selected for each species. The selected plants were cut down and separated their components (roots, wood, bark, twigs and leaves), weighed and removed samples to determine dry weight. For quantification of carbon storage, it has been selected 12 species that showed better growth, removed samples of their components that were milled and taken to the laboratory for determining the organic carbon content. Samples were taken for the quantification of soil organic carbon at five points in each spacing in the soil layers 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 and 30-50 cm. The spacing 1.0 x 1.0, 1.5 x 1.5, 2.0 x 2.0 and 3.0 x 2.0 m showed accumulation of biomass of 70.33, 41.48, 42.13 and 44.61 Mg.ha⁻¹, respectively. The accumulation of biomass in the species studied ranged from 0.405 to 83.900 kg.plant⁻¹. The plants of species *Melia azedarach*, *Acacia polyphila*, *Schyzolobium parahyba* and *Cordia superba* showed the highest value, *Schinus terenbinthifolius*, *Inga* sp., *Lafoensia glyptocarpa* and *Anadenanthera colubrina* the lowest biomass. The spacing (1.0 x 1.0 m) showed the greatest accumulation of litter (7.03 Mg ha⁻¹) and the spacing (3.0 x 2.0 m), the smallest value (3.15 Mg ha⁻¹). The spacing did not affect the carbon content which varied between 26.03% and 37.14%. The highest and lowest average of carbon stored was found in *Cordia trichotoma* and *A. colubrina* with 48.8% and 43.8% respectively. Among the components of the selected species for determination of organic carbon, the bark of *Chorisia speciosa* presented content of 41.4% and wood of *Inga* sp. 55.6%, the first was the lowest values found and the second, the highest value. The largest amount of accumulated carbon was found in *Cordia superba* on the spacing 3.0 x 2.0 m and the smallest value in *A. colubrina* on the spacing 1.0 x 1.0 m. The planting space 1.0 x 1.0 and 1.5 x 1.5 m showed higher carbon content in the soil instead of spacing 2.0 x 2.0 and 3.0 x 2.0 m to forest stands with up to 4 years old.

Keywords: Reforestation, spacing and carbon

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1: Biomassa acumulada aos quatro anos após o plantio em área de recomposição florestal, nos quatro espaçamento estudados em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	14
Figura 2: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, no espaçamento 1,0 x 1,0 m em recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	15
Figura 3: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, no espaçamento 1,5 x 1,5 m em recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	15
Figura 4: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, no espaçamento 2,0 x 2,0 m em recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	16
Figura 5: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, no espaçamento 3,0 x 2,0 m em recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	16
Figura 6: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Anadenanthera macrocarpa</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	20
Figura 7: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Schinus terebinthifolius</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.....	20
Figura 8: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Cordia superba</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.....	21
Figura 9: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Schizolobium parahyba</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.....	21
Figura 10: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Inga edulis</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.....	22
Figura 11: Quantidade de carbono fixado, por planta de <i>Chorisia speciosa</i> nos quatro espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.....	22

LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 1: Análise de solo da área de plantio de recomposição florestal, UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	8
Tabela 2: Características gerais do povoamento de recomposição florestal aos 4 anos de idade, implantados sob diferentes espaçamentos de plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	11
Tabela 3: Relação das espécies com respectivo número de indivíduos (NI) encontrados nos quatro espaçamentos estudados em área de recomposição florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.....	12
Tabela 4: Número de indivíduos arbóreos e, ou arbustivos, em diferentes classes de circunferência ao nível do solo, em quatro espaçamentos de plantio de recomposição florestal, aos quatro anos de idade, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ	13
Tabela 5: Biomassa de serapilheira acumulada, por m ² e por hectare, em quatro espaçamentos no plantio de recomposição florestal, aos quatro anos de idade, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	17
Tabela 6: Percentagem de carbono por componentes e média da árvore de seis espécies florestais, sob quatro espaçamentos de plantio em povoamento de recomposição, aos 4 anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	18
Tabela 7: Teor de carbono por componentes de árvore de seis espécies florestais, em povoamento de recomposição, aos 4 anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	23
Tabela 8: Quantidade em kg.planta de carbono por componentes e o total da árvore de seis espécies florestais, sob quatro espaçamentos de plantio em povoamento de recomposição, aos 4 anos após o plantio, em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	23
Tabela 9: Teor e quantidade de serapilheira acumulada em diferentes espaçamentos no plantio de recomposição florestal, aos quatro anos de idade, na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ	25
Tabela 10: Teor médio de carbono orgânico (%) nos solos em área de recomposição florestal, em quatro espaçamento de plantio e em cinco camadas do solo, aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ	25 26

Tabela 11: Teores médios de carbono orgânico (%) nos solos em área de recomposição florestal com quatro espaçamentos de plantio e em uma área de pasto em cinco diferentes camadas de solo

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	1
2.	Revisão de Literatura	2
2.1	Mudanças Climáticas	2
2.2	Protocolo de Kyoto	4
2.3	Mecanismo de desenvolvimento limpo	4
2.4	Fixação de carbono	5
2.5	Recomposição florestal	6
3.	Material e Métodos	7
3.1	Caracterização da área	7
3.2	Implantação e condução da recomposição florestal	8
3.3	Determinação da biomassa arbórea	9
3.4	Determinação do carbono das espécies arbóreas	9
3.5	Determinação da biomassa e carbono orgânico na serapilheira	10
3.6	Determinação do carbono no solo	10
4.	Resultados e discussão	11
4.1	Caracterização do povoamento	11
4.2	Biomassa	13
4.2.1	Biomassa da plantas arbustivas e arbóreas	14
4.2.2	Biomassa da serapilheira	17
4.3	Teor de carbono na biomassa das espécies florestais	17
4.4	Carbono na serapilheira	24
4.5	Carbono no solo	25
5.	Conclusão	28
6.	Referências bibliográficas	29
	Anexo	37

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem sido observado aumento da concentração de CO₂ atmosférico, devido ao aumento das atividades industriais, da queima de combustíveis fósseis e também das queimadas da vegetação. Uma das estratégias propostas para mitigar 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 (SANQUETA et al., 2004), 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.

A função das florestas na fixação de carbono atmosférico tem se constituído em uma questão ambiental bastante debatida nos últimos anos. Entretanto, ainda são poucos os estudos realizados com a finalidade de quantificar a participação das florestas neste importante processo ecológico (SANQUETTA et al., 2006). Possivelmente, as razões para isto estão atreladas à dificuldade intrínseca de se quantificar a biomassa das florestas, à complexidade dos fenômenos correlacionados com a fixação de carbono e ao fato deste tema ser ainda pouco estudado pela ciência.

A maioria dos programas de recomposição florestal tem dado especial atenção ao uso de espécies nativas da região, devido elas estarem, teoricamente, adaptadas as condições climáticas daquela região e também de solo. Segundo OLIVEIRA FILHO (1994), dentre as vantagens de se utilizar espécies nativas, pode-se citar a contribuição para a conservação da biodiversidade regional, protegendo, ou expandindo as fontes naturais de diversidade genética da flora em questão e da fauna a ela associada, podendo também, representar importantes vantagens técnicas e econômicas devido à proximidade da fonte de propágulos, facilidade de aclimatação e perpetuação das espécies.

A implantação ou recomposição de uma floresta requer o emprego de técnicas adequadas que serão definidas em função de uma avaliação detalhada das condições do local. Segundo BOTELHO (1998), desta avaliação depende a seleção de espécies, técnicas de plantio, como definição do espaçamento, métodos de preparo do solo, adubação e manejo da vegetação.

São vários os estudos sobre espaçamentos de plantio para povoamentos florestais implantados, com finalidade de produção, principalmente para as espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, entretanto, poucos são os estudos sobre espaçamentos para reflorestamento com fins de proteção ou de recomposição florestal.

Em reflorestamentos mistos visando recomposição florestal, o espaçamento de plantio, juntamente com a escolha de espécies e as técnicas utilizadas, também são fatores importantes para a formação do povoamento, pois irá afetar o crescimento das espécies arbóreas e arbustivas e os custos de manutenção. SILVA et al. (2009) mencionam que uma das maneiras de controle de plantas daninhas em reflorestamento é o controle cultural, que consiste no bom uso das técnicas culturais e citam o espaçamento de plantio como uma dessas técnicas. Normalmente, nos espaçamentos menores, com o fechamento das copas mais rápido, ocorre menor disponibilidade de luz na superfície do solo, diminuindo a incidência e o crescimento das plantas daninhas, principalmente gramíneas, bastante comuns em áreas destinadas a reflorestamentos. PINA-RODIGUES et al. (1997), NASCIMENTO (2007) e ABAURRE (2009) observaram que os espaçamentos mais amplos favoreceram o crescimento das espécies florestais, em comparação aquelas dos povoamentos dos espaçamentos mais fechados. Isto, normalmente, reflete em maior produção de biomassa (raízes, tronco, galhos e folhas) das árvores, que irá afetar diretamente a capacidade de estocar carbono pelas plantas que, segundo SANQUETTA et al. (2003) está relacionada à biomassa e ao teor de carbono fixado pela planta arbustiva ou arbórea e também fixado pelo solo.

Para estimar o estoque de carbono orgânico em florestas naturais e plantações florestais é necessário a estimativa da biomassa, que pode ser determinada pelo método indireto ou método direto. O primeiro usa equações alométricas através das variáveis diâmetro à altura do peito e altura da parte aérea (SOARES e OLIVEIRA, 2002). No método direto, as plantas são abatidas e faz-se a coleta de biomassa. Após a quantificação da biomassa, o estoque de carbono é calculado, multiplicando este valor por um fator de 0,5, tradicionalmente utilizado para esta conversão (SOARES et al., 2006). Este fator, segundo (BEETS et al., 1999), é influenciado por fatores edofoclimáticos, manejo silvicultural e características intrínsecas às espécies. Assim, determinar o teor de carbono de diferentes espécies florestais, aliada às técnicas silviculturais, como o espaçamento, são interessantes, para reflorestamento que tem como objetivo principal a fixação de carbono.

Este trabalho teve como objetivo verificar o efeito do espaçamento de plantio sobre o estoque de carbono na biomassa florestal, na serapilheira e no solo em uma área de recomposição florestal, aos 4 anos de idade, no Município de Seropédica, RJ.

Os objetivos específicos foram:

- Fazer uma caracterização da recomposição florestal;
- Quantificar o estoque de biomassa do componente arbóreo acima do solo (madeira, casca, folhas e galhos) e abaixo do solo (raízes) e a concentração de carbono da biomassa destes componentes;
- Quantificar o estoque de biomassa morta acima do solo (serapilheira) e sua concentração de carbono;

Quantificar o estoque de carbono na recomposição florestal, considerando o componente arbóreo e a serapilheira, analisando a influência de diferentes espaçamentos de plantio e espécies;

Quantificar o teor de carbono orgânico no solo na recomposição florestal e em uma área de pastagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mudanças Climáticas

O dióxido de carbono, metano e óxido nitroso são os contribuintes gasosos da atmosfera, que contribuem para o efeito estufa. Atenção prioritária tem sido dedicada ao estudo do dióxido de carbono (CO₂), uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa algo em torno de 55% do total das emissões de gases de efeito estufa e o tempo de sua permanência na atmosfera é de pelo menos 10 décadas (ROCHA, 2006).

O CO₂ distribuído na atmosfera sobre o planeta, permite a passagem da radiação solar, mas evitando a liberação da radiação infravermelha emitida pela Terra. Assim, pela ação do efeito estufa natural a atmosfera se mantém cerca de 30°C mais aquecida, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta, que sem o efeito estufa natural seria um mero deserto gelado (IPCC, 2000).

Nos últimos anos, as mudanças do clima tem sido um dos mais graves problemas ambientais enfrentados, podendo ser considerada uma das mais sérias ameaças à sustentabilidade do meio ambiente, à saúde e ao bem-estar humano e à economia global (CEBDS, 2002; LOPES, 2002).

O primeiro relatório de avaliação do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) em 1990, assumiu pela primeira vez que a concentração de gases de efeito estufa está aumentando na atmosfera global em consequência das emissões pela ação do homem. O principal deles é o dióxido de carbono (CO₂), sendo responsável por 80% do aquecimento de causa antrópica (ROHDE, 2003). A principal fonte é resultante da queima de combustíveis

fósseis (carvão, petróleo e gás natural), em usinas termoeletricas e indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento. O metano (CH_4) é o segundo gás estufa em importância antrópica e cerca de 25 vezes mais potente que o dióxido de carbono, sendo que suas concentrações vem aumentando mais rapidamente (cerca de 1% ao ano), chegando a aproximadamente duas vezes e meia desde que esse aumento começou há mais de um século (MILION, 1995). Este autor acredita que as principais fontes antropogênicas do metano estão na atividade agrícola, produzidas pela fermentação das bactérias anaeróbicas associadas aos arrozais e principalmente pela queima da biomassa vegetal.

De acordo com FRANGETTO e GAZANI (2002), a situação de risco de um aquecimento global exagerado se deu principalmente após a revolução industrial, à medida que houve o aumento do uso de combustíveis fósseis nos meios de produção, elevando em quase 50% os níveis de concentração de gases poluentes, entre eles os chamados gases de efeito estufa - GEEs. Os GEEs têm a capacidade de reter calor e alterar tanto o equilíbrio térmico quanto o climático do planeta.

A principal consequência prevista devido ao aumento na concentração desses gases é o aumento da temperatura global. Estima-se que a temperatura média da superfície terrestre tenha sofrido um acréscimo de $0,6^\circ\text{C}$ no século passado e alguns cientistas prevêem um aumento da ordem de $5,8^\circ\text{C}$ para os próximos 100 anos (SCARPINELLA, 2002).

Vários outros gases encontram-se presente em pequenas quantidades e, naturalmente, constituem os conhecidos gases de efeito estufa (GEEs), como o dióxido de carbono (CO_2), ozônio (O_3), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), juntamente com o vapor d'água (H_2O). Esses gases recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor, da mesma forma que os vidros de um carro fechado ou o revestimento de uma estufa sob a incidência do sol.

O aumento nas concentrações de gases de efeito estufa tende a reduzir a eficiência com que a Terra se resfria. A radiação terrestre e as concentrações de gases de efeito estufa resultam na intensificação do efeito que naturalmente já se processa na atmosfera da Terra há bilhões de anos pela presença de vapor d'água, nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxido nitroso, óxido nítrico e ozônio. O aquecimento total depende da relação entre a magnitude do aumento da concentração de cada gás associado ao efeito estufa, de suas propriedades radiativas e de suas concentrações já presentes na atmosfera. Há que se considerar ainda as pequenas partículas presentes na atmosfera, os aerossóis, derivados principalmente das emissões de dióxido de enxofre pela queima de combustíveis fósseis e fontes naturais, como a queima de biomassa. Na maior parte dos casos, os aerossóis que permanecem na camada mais próxima da superfície da Terra tendem a resfriar o clima por alguns anos (BNDES, 1999).

Qualquer mudança no balanço radiativo da Terra tenderá a alterar as temperaturas atmosféricas e oceânicas e os correspondentes padrões de circulação e tempo, bem como o ciclo hidrológico (por exemplo, alterações na distribuição das nuvens e mudança nos regimes de precipitação e evaporação). Alguns dos principais efeitos adversos sinalizados e já percebidos nos dias atuais o aumento do nível do mar, a alteração no suprimento de água doce, maior número de ciclones e tempestades de chuvas fortes mais frequentes.

2.2 Protocolo de Kyoto

A conferência das Partes (convenção de alguns países a fim de discutirem o problema do efeito estufa e tentar solucionar ou amenizar este problema) realizada em Kyoto em 1997, destacou-se como uma das mais importantes, uma vez que, durante a sua realização, foi

estabelecido um acordo que define as metas de redução das emissões de GEE (gases de efeito estufa) para os países do Anexo B (países que assumem legalmente compromissos de redução das emissões de gases Efeito Estufa através do artigo 3 do PROTOCOLO DE KYOTO), além de critério e diretrizes para a utilização dos mecanismos de mercado. Esse acordo ficou conhecido como PROTOCOLO DE KYOTO (UNFCCC, 2001b), segundo o qual os países industrializados reduziram suas emissões de gases do efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, durante o período entre 2008 e 2012.

O PROTOCOLO DE KYOTO foi aberto para assinatura em março de 1998 e entrou em vigor em fevereiro de 2005, 90 dias após ter sido ratificado pela Rússia e, conseqüentemente, preenchido os requisitos para sua vigoração (ter sido ratificado por 55 Partes da Convenção, que correspondem a 55% das emissões totais de dióxido de carbono, em relação ao ano de 1990).

O PROTOCOLO DE KYOTO prevê também a utilização de alguns mecanismos de flexibilização, que visam facilitar o atendimento aos compromissos assumidos. Esse mecanismo são o comércio de emissões, que é o mecanismo relativo a negociação de certificados de redução entre os países do ANEXO I; a implementação conjunta, que permite qualquer países do ANEXO I adquira certificados de redução através de implementação de projetos (CEBDS, 2001) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, que permite que países do ANEXO I financiem projetos de redução de emissões ou absorção de carbono nos países em desenvolvimento.

Os mecanismos de flexibilização possibilitam que os países do ANEXO I adquiram unidades de redução de emissão de gases de efeito estufa, seja por intermédio de aquisição direta, seja por intermédio de investimentos em projetos em outros países (CAMPOS, 2001)

O PROTOCOLO DE KYOTO prevê também a utilização de alguns mecanismos de flexibilização, que visam facilitar o atendimento aos compromissos assumidos.

2.3 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

O MDL surgiu de uma proposta brasileira, apresentada em maio de 1997 ao Secretariado da Convenção das partes. Essa proposta consistia na criação de um Fundo de Desenvolvimento Limpo, que seria formado por meio de contribuições dos países desenvolvidos que não cumprissem suas metas de redução de emissão de CO₂. Esse fundo seria utilizado para financiar projetos de MDL em países em desenvolvimento. Durante a COP 3(conferência das partes) em Kyoto em 1997, a idéia do fundo foi transformada, estabelecendo-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CARVALHO et al., 2002)

A proposta do MDL consiste que cada tonelada de CO₂ equivalente deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá se negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para a redução das emissões globais. Os países do ANEXO I (países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE) estabeleceriam em seus territórios, metas para a redução de CO₂ junto aos principais emissores. As empresas que não conseguirem (ou não desejarem) reduzir suas emissões poderão comprar RCE (Reduções Certificadas de Emissões) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações, embora o uso desse mecanismo esteja limitado apenas a uma parcela de seus compromissos de redução (ROCHA et al., 2004).

Segundo o PROTOCOLO DE KYOTO de 1997, o objetivo principal do MDL é assistir as partes (países) não incluídas no anexo I para que atinjam o seu desenvolvimento sustentável e as partes incluídas no Anexo I para que cumpram seus compromissos de redução de emissões.

De acordo com CEBDS (2002), duas linhas de projetos são consideradas elegíveis como medidas de redução do efeito estufa no MDL. A primeira consiste na redução de

emissões através do aumento da eficiência energética, do uso de fontes e combustíveis renováveis, adotando melhores tecnologias e sistemas para o setor de transportes e para o processo produtivo de modo geral. A segunda no resgate de emissões através de sumidouros e da estocagem dos gases de efeito estufa retirados da atmosfera: a injeção de CO₂ em reservatórios geológicos ou atividades relacionadas ao uso da terra, como o florestamento e o reflorestamento; sendo estas últimas conhecidas no processo de negociação do PROTOCOLO DE KYOTO como atividades de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas.

2.4 Fixação de Carbono

O sequestro florestal do carbono na Convenção do Clima refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural de sequestrar o CO₂ pelos vegetais através da fotossíntese, cujo processo permite fixar o carbono em forma de biomassa nas plantas. Embora este conceito tenha sido lançado desde o princípio da Convenção do Clima, ele se consagrou somente a partir da Conferência de Kyoto, em 1997, quando foram aprovados os mecanismos de flexibilização que incorporariam o sequestro florestal do carbono (CHANG, 2004).

Segundo SEDJO (2001), as florestas trocam CO₂ com o ambiente por meio de processos como fotossíntese, respiração, decomposição e emissões associadas a distúrbios como o fogo, o desfolhamento por diversas causas e à exploração florestal. As mudanças nos estoques líquidos de carbono determinam se um ecossistema florestal será uma fonte ou sumidouro do carbono atmosférico.

Uma floresta jovem, que esteja crescendo de forma acelerada, sequestra maiores volumes de carbono quando comparada à floresta madura. Já a floresta madura atua como um reservatório, estocando carbono, mesmo que não esteja passando por um crescimento líquido (RIBEIRO, 2007).

A matéria seca que constitui a biomassa da vegetação é formada, especialmente, por carbono e por nutrientes minerais cujas as concentrações variam com a espécie, fase de crescimento, estado nutricional, condições edafoclimáticas e com a parte vegetal considerada (LACHER, 1986). Segundo KRAPPENBAUER (1982), na madeira das árvores, encontram-se, em média, 50% de carbono, 43 % de oxigênio, 6% de hidrogênio e 1% de elementos minerais.

A fixação de carbono é variável com a espécie, idade da planta, clima, solo, técnicas silviculturais, entre outras (BEETS et al., 1999), e em plantação de eucalipto, PAIXÃO et al. (2006) observaram, o estoque médio de carbono de *Eucalyptus grandis*, sem casca, em espaçamento de plantio de 3 x 2 m, com idade de 6 anos, igual a 71,13 Mg.ha⁻¹. SCHUMACHER e WISTSCHORECK (2004) em um inventário de carbono em povoamento de eucalipto na região sul do Brasil, obtiveram um estoque de carbono aos 8 anos igual a 97,86 Mg.ha⁻¹. Estas diferenças ocorreram em função do sítio onde foram implantados os povoamentos.

Quanto ao debate sobre o sequestro de carbono florestal no plano internacional, as ONGs ambientalistas sediadas na Europa, entre elas a Greenpeace, Friends of Earth (FOE), World Wildlife Fund (WWF), Birdlife International e World Rainforest Movement (WRM), têm se oposto à inclusão do sequestro florestal do carbono no MDL tanto em relação ao reflorestamento quanto à conservação florestal (FEARNSIDE, 2001). O argumento central dessas é de que o cômputo de carbono florestal envolve incertezas, com dificuldades de garantir resultados mensuráveis, e nível de confiabilidade baixo. Portanto, é questionável a sua contribuição ao problema da mudança climática; ademais, dispensaria países industrializados de "fazer sua lição de casa", de reduzir as próprias emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis.

Ambientalistas acreditam que a mudança de fontes energéticas que eliminam a queima de combustíveis fósseis é a única resposta séria ao aquecimento global. Contudo, entre as ONGs ambientalistas internacionais há um grupo sediado nos EUA, que aceita o instrumento do seqüestro de carbono, porém privilegia a conservação florestal no lugar do reflorestamento. As que mais se destacam nesta posição são: a Conservation International (CI), The Nature Conservancy (TNC), Environmental Defense (EDF) e Natural Resources Defense Council (NRDC) (FEARNSIDE, 2001). Estas encontraram na conservação florestal a oportunidade de preservar a biodiversidade, o ciclo hidrológico e o uso sustentável dos recursos florestais e argumentam que o desmatamento evitado reduz as emissões de CO₂ e contribuem para a mitigação do efeito estufa.

Segundo SUGANUMA, 2007, os reflorestamentos com intuito de restauração ecológica são importantes fontes de captação de carbono da atmosfera e podem apresentar resultados significativos, ou seja, acumular biomassa comparável à de fragmentos florestais.

2.5 Recomposição florestal

A recomposição florestal é uma das estratégias que podem ser utilizadas no intuito de recuperar e conservar áreas de todos os biomas. A implantação de uma floresta requer o emprego de técnicas adequadas que serão definidas em função de uma avaliação detalhada das condições do local (NASCIMENTO, 2007). Muitos dos plantios fracassaram em decorrência dos poucos conhecimentos técnicos, principalmente sobre o comportamento das espécies utilizadas para esses fins e restabelecimento dos diferentes processos ecológicos em reflorestamentos. Dessa forma, são indispensáveis pesquisas que apontem técnicas mais adequadas para o sucesso deste tipo de empreendimento. Entre as técnicas pode-se citar a escolha das espécies, o espaçamento de plantio, controle de plantas daninhas e de pragas. As ações florestais desenvolvidas têm contabilizado de alguma forma, ganhos ecológicos importantes, devido a produção de biomassa originada de áreas florestadas, sejam com espécies exóticas ou nativas. Segundo FERREIRA (2000), existem benefícios inequívocos como a preservação das florestas nativas pela redução da pressão de corte, seqüestro de CO₂ da atmosfera e liberação de oxigênio, aumento de infiltração da água no solo, beneficiando o abastecimento do lençol freático e na regularização dos cursos de água, participação no ciclo de nutrientes retirados e absorvidos do subsolo e trazidos para a superfície, fazendo parte da espessa camada de húmus e revitalização de algumas espécies de animais e vegetais que estariam por ser dizimadas.

Para melhor êxito do reflorestamento existe a necessidade de se realizar alguns tratamentos culturais na implantação e na manutenção. Dentre as informações consideradas no planejamento, a escolha do espaçamento é uma das mais importantes, pois influencia, o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O espaçamento visa proporcionar uma área física suficiente ao indivíduo, de modo que os recursos de crescimento (água, luz e nutrientes) sejam suficientes para o seu adequado desenvolvimento. Diferenças de resposta ao espaçamento podem ocorrer em consequência das grandes variabilidades na qualidade do local, no que se refere à disponibilidade de água e nutrientes.

O espaçamento de plantio influencia na otimização do uso dos recursos de crescimento disponíveis (REIS e REIS, 1993), na taxa de crescimento (NASCIMENTO, 2007), no recobrimento do solo e nos custos de implantação e de manutenção (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997). Ao avaliar, o custo de implantação e manutenção de um projeto de recomposição florestal aos 22 meses no Município de Seropédica - RJ, observou-se que ao se adotar espaçamentos amplos ocorreu menor custo de implantação e maior custo de manutenção e em espaçamentos adensados apresentam maior custo de implantação e menor custo de manutenção (NASCIMENTO, 2007).

Pesquisas evidenciam que, vários fatores como a disponibilidade de água, nutrientes e luz; tratos culturais; usos a que os produtos se prestarão; tipos de equipamentos usados na colheita e material genético devem ser considerados na escolha de espaçamentos para o estabelecimento de povoamentos florestais. O espaçamento visa proporcionar uma área física suficiente ao indivíduo, sob os recursos do ambiente. Diferenças de resposta ao espaçamento podem ocorrer em consequência das grandes variabilidades na qualidade do local, no que se refere à disponibilidade de água e nutrientes.

Segundo GOMES (2002) a escolha do espaçamento adequado tem por objetivo proporcionar para cada indivíduo o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com a melhor qualidade e menor custo; sem, entretanto desconsiderar a questão da proteção do solo. O espaçamento ótimo é aquele capaz de fornecer o maior volume de produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, em função do sítio, da espécie e do potencial genético do material utilizado.

KAGEYAMA et al. (1986) observaram cinco diferentes tendências de respostas ao aumento do espaçamento por diferentes grupos de espécies arbóreas nativas com resposta positiva do crescimento com o aumento do espaçamento até uma resposta negativa, tanto em altura como em diâmetro das árvores. KAGEYAMA et al. (1989) esclarecem que o maior estímulo ao crescimento em maiores espaçamentos indicaria que a espécie tem maior proximidade com a fase inicial de sucessão; e a diminuição do crescimento com o aumento do espaçamento, por outro lado, seria um indicativo de que a espécie teria maior proximidade com a fase final de sucessão.

Vários fatores determinam o espaçamento a ser adotado, destacando-se a qualidade do sítio, o objetivo de manejo, condições do mercado e o método de colheita (BOTELHO, 1998). Este autor ressalta, também, que o espaçamento terá influência direta sobre o número de tratos culturais, taxa de crescimento, volume e sortimento da madeira produzida, idade de estagnação, práticas de implantação, qualidade da madeira, etc.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

A área de estudo tem como coordenadas geográficas 22° 43' 55" Latitude Sul e 43° 38' 26" Longitude Oeste, localizada na Usina Termelétrica Barbosa Lima Sobrinho, pertencente a PETROBRAS, às margens do rio Guandu no Município de Seropédica, região da Baixada Fluminense do Estado Rio de Janeiro.

O clima da região de Seropédica, RJ, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (BRASIL, 1980), ou seja, tropical com chuvas de verão. Segundo os dados dos últimos 20 anos da estação meteorológica da PESAGRO-RJ, localizada no município, a precipitação média anual é de 1.245 mm com o período mais seco nos meses de junho, julho e agosto e excedentes hídricos em dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média de fevereiro, que é o mês mais quente, é de 27,0 °C, e a de julho, o mês mais frio de 20,6 °C, sendo a temperatura média anual é de 23,7 °C. A média anual da evaporação é de 1.576 milímetros e a média de umidade relativa do ar é de 69,3%.

A área de recomposição florestal possui altitude de 30 m em relação ao nível do mar, topografia plana e está situada nas coordenadas geográficas 22° 43' 55" Latitude Sul e 43° 38' 26" Longitude Oeste. O solo é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Abruptico (AZEVEDO, 2007) e os dados dos resultados de análise da fertilidade do solo realizada antes do plantio encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Análise de solo da área de plantio de recomposição florestal, UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Profundidade (cm)	pH ¹	P ² --- mg/dm ³ ---	K ²	Al ³ ----- cmol _c /dm ³ -----	Ca ³	Mg ³	Textura
0 – 20	5,1	5	130	0,6	2,3	0,9	Argilosa
20 – 40	5,1	4	66	0,6	2,4	1,6	Argilosa

¹pH em água relação 1:2,5; ²extrator Mehlich-1; ³extrator de KCl 1,0 N.

Segundo informações de SALAMANE (2007), originalmente, as áreas planas onde se localiza o atual rio Guandu eram parte da zona de afloramento da bacia de Sepetiba, sendo freqüentemente inundadas. Devido a isso, obras de drenagens foram realizadas pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento - DNOS entre 1935 e 1941, abrindo 50 km de calha para transposição de bacia e formação do rio Guandu, rebaixando o lençol freático em mais de 4 metros. A recomposição florestal deste novo ambiente deve, portanto objetivar a formação de um ecossistema menos úmido com o objetivo de proteger o manancial contra a produção de sedimentos, uma vez que hidrológicamente ele teve suas funções alteradas.

3.2 Implantação e condução da recomposição florestal

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, sendo as dimensões dos dois primeiros de 34 m de largura por 50 m de comprimento e dos outros dois de 50 m de largura por 66 m de comprimento, resultando em uma área de 1.700 m² e 3.300 m² respectivamente. O preparo do solo foi realizado com uma aração a 30 cm de profundidade e gradagem. Em seguida, realizou-se a abertura manual das covas com dimensões de 25 x 25 x 25 cm, que foram adubadas com 100 gramas de N-P-K (06-30-06).

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

O plantio foi realizado no mês de novembro de 2004, adotando-se em todos os espaçamentos foi uma diversidade de 45 espécies florestais, sendo 42 nativas pertencentes a diferentes grupos ecológicos e três exóticas (*Melia azedarach* L., *Ligustrum vulgare* e *Syzygium jambolanum* DC). A distribuição das espécies foi de maneira que estas ficassem agrupadas em pioneiras e não pioneiras, de modo que o arranjo do plantio permanecesse com uma fileira de somente espécies pioneiras e a outra em seqüência, alternando mudas de espécies pioneiras e não pioneiras. Dessa maneira, cada planta de não pioneira é circundada por outras plantas pioneiras, com o objetivo de no futuro fornecer-lhes sombra.

Os tratos culturais realizados foram o controle das formigas cortadeiras (45 dias antes do plantio até seis meses após, e realizadas rondas periódicas), e o controle das plantas daninhas, basicamente capim colômbio, de acordo com a necessidade definida de modo visual. O replantio foi realizado 45 dias após o plantio, sempre procurando usar a muda com as mesmas características e espécie que fora plantada.

3.3 Determinação da biomassa arbórea

Aos quatro anos após o plantio, em cada espaçamento, foi realizado o censo das árvores, medindo-se a circunferência ao nível do solo (CNS) de cada indivíduo arbóreo ou arbustivo, obtendo-se, assim, o número de indivíduos por espécie e, também, o percentual de falhas. Em laboratório, de posse da CNS média das árvores de cada espécie, foi selecionada para cada espécie e espaçamento estudado, a árvore de CNS mais próxima da média que foi, então, definida como amostra para a avaliação da biomassa e do teor de carbono.

Encontradas as árvores médias no campo, estas foram identificadas e derrubadas, com auxílio de uma motosserra, medidas a altura total, altura comercial (até diâmetro de 5 cm) e separadas em componentes (folhas, galhos, tronco e raiz) para determinação da biomassa. Todos os componentes separados foram pesados no campo a fim de determinar o seu peso total da biomassa fresca, utilizando-se uma balança de capacidade máxima de 20 kg e precisão de 100 gramas. Após a pesagem, foram retiradas amostras de cada componente, para a obtenção do peso de biomassa seca. Do fuste foram retirados discos na parte inferior e superior, de espessura de aproximadamente 5 cm, levando sempre em consideração a altura comercial. As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas, identificadas e encaminhadas ao laboratório para a determinação da matéria seca. As raízes foram retiradas obedecendo a uma regra de 50% de cada lado do espaçamento, até a profundidade de aproximadamente 60 cm, pois segundo GONÇALVES e MELO (1990) é até esta profundidade que normalmente, encontra-se a maior quantidade de raízes das árvores. Após a retirada das raízes, todas foram limpas com o auxílio de uma escova de nylon para retirada do excesso de solo, pesadas, retiradas amostras em metade do comprimento da raiz pivotante e das demais raízes.

No laboratório, as amostras do fuste foram separadas em madeiras e casca, e juntamente com as dos demais componentes foram transferidas para sacos de papel, pesadas e levadas a estufa. Todas as amostras foram levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65 ± 2 °C, até peso constante, para obtenção do peso seco. Com os dados do peso verde total e da amostra e do peso seco da amostra, foram determinados os pesos seco da biomassa de cada componente das plantas.

3.4 Determinação do carbono das espécies arbóreas

Com base no censo, obteve-se as medidas circunferência ao nível do solo de todas as espécies. Foram selecionadas 12 espécies de maior crescimento para a determinação do teor de carbono de seus componentes (folhas, galhos, casca, madeira e raízes). Somente uma árvore de cada uma das 12 espécies foi abatida para a determinação de carbono, e estas espécies foram divididas em dois grupos. No primeiro grupo envolveu plantas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Angico vermelho), *Inga edulis* Mart. (Ingá), *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Paineira), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Guapuruvu), *Cordia superba* Cham (Babosa branca) e *Schinus molle* L. (Aroeira pimenteira) e foi realizada a determinação do teor de carbono por componente, de cada espécie, em cada espaçamento. No grupo 2 foram utilizadas outras seis espécies, que são *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Farinha seca), *Melia azedarach* L. (Para raio), *Acacia polyphylla* DC. (Monjoleiro), *Lafoensia glyptocarpa* Koehne (Mirindiba rosa), *Bauhinia forficata* Link (Pata de vaca) e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (Louro Pardo), onde o material dos componentes foi misturado e determinou-se o teor de carbono dos componentes de cada espécie.

Para as espécies selecionadas para a determinação do carbono, utilizou-se a mesma metodologia na determinação da biomassa arbórea, conforme já mencionado.

Para a determinação do carbono, após a pesagem e a determinação da biomassa, as amostras foram moídas e peneiradas em malha de 0,2 mm e encaminhadas ao Laboratório de Isótopos Estáveis do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

A determinação do carbono foi feita por combustão total com auxílio de um analisador automático de C, H e N (CHN) marca Leco. O processo consiste em colocar a amostra de material vegetal finamente moída num cadinho de porcelana e introduzi-lo num forno previamente aquecido a 900 °C, sob atmosfera em oxigênio. O carbono contido na amostra combina-se com o gás O₂, produzindo dióxido de carbono (CO₂). O conteúdo de C da amostra é então, determinado a partir do gás CO₂, o qual é purificado e determinado volumetricamente.

3.5 Determinação da biomassa e do carbono orgânico na serapilheira

Aos 47 meses após o plantio, no mês de outubro, foram coletadas as amostras de serapilheira, utilizando-se um “gabarito” de 1 x 1 m, em cinco pontos de cada espaçamento de plantio, sendo quatro a uma distancia de 5 m dos vértices e um no centro de cada espaçamento. Todo o material vegetal presente na área do gabarito foi coletado, pesado e retirado uma amostra, onde estas foram acondicionadas em sacolas plásticas, e levadas ao laboratório. No laboratório, a amostra da serapilheira foi transferida para sacos de papel, pesada e encaminhada a estufa de circulação de ar forçada a $65 \pm 2^\circ\text{C}$ até peso constante, onde logo após foi determinado o peso seco e a biomassa da serapilheira. Este material foi moído, retirada amostras, onde foram encaminhadas junto com as amostras dos componentes das plantas, para o Laboratório de Isótopos Estáveis, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (AREVALDO et al., 2002), para a determinação do teor de carbono contido nas amostras de serapilheira. Para a determinação do carbono da serapilheira, utilizou-se a mesma metodologia utilizada na determinação do carbono das espécies arbóreas.

Com base nos dados da quantidade de biomassa da serapilheira das amostras foi estimada a quantidade de serapilheira por hectare do povoamento, em cada espaçamento de plantio.

3.6 Determinação do carbono no solo

Foi quantificado o carbono do solo nos quatro espaçamentos estudados e em uma área de pastagem (capim colômbio) com área de aproximadamente 0,45 hectare, como testemunha. Realizaram-se coletas de maneira sistemática nas áreas dos espaçamentos estudados e de maneira aleatória na área de pastagem. No povoamento florestal, foram coletados cinco pontos por espaçamento sendo quatro pontos a 5 metros em diagonal dos vértices e um no centro. Na área de pastagem adotou-se o mesmo procedimento das áreas de espaçamento do povoamento florestal. As camadas das amostras de solos foram de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, 20 – 30 e 30 – 50 centímetros. As amostras foram coletadas com o auxílio do anel de Koppec que apresenta volume de 52,65 cm³, e foram levadas ao laboratório para pesagem e secagem das mesmas em estufa de circulação de ar a $65 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingirem o peso constante.

Para a determinação do carbono orgânico total nesses solos, utilizou-se o método sugerido por YEOMANS E BREMNER (1988), com pesagem de 0,1 gramas de amostra de solo, para as camadas superficiais (0-5, 5-10 e 10-20 cm) e 0,5 gramas de solo para as camadas sub superficiais (20-30 e 30-50 cm). Nessa técnica utilizou-se solução de dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹, com aquecimento em bloco digestor a 170° C por 30 minutos. Através de sua utilização é provável que maior quantidade de material orgânico possa ser oxidado.

Os dados do teor de carbono orgânico no solo de cada espaçamento e a área de pastagem foram submetidos à análise de variância, adotando arranjo fatorial (4 espaçamento de plantio e 5 camadas de solo), e as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do povoamento

As informações apresentadas na Tabela 2 mostram que, aos 4 anos após o plantio, a porcentagem de falhas foi maior no espaçamento mais adensado e a menor no espaçamento 2 x 2 m, evidenciando que provavelmente, aos 4 anos após o plantio, no espaçamento 1 x 1 m está ocorrendo competição pelos recursos ambientais. Apesar do espaçamento 3 x 2 m apresentar a menor densidade de plantas, não observou-se, nesta idade, menor número de falhas que no espaçamento 2 x 2 m, indicando que possivelmente não está ocorrendo competição entre as plantas arbóreas e arbustivas dos espaçamentos 2 x 2 e 3 x 2 m. No espaçamento 3 x 2 m sempre houve maior incidência de *Panicum maximum* (capim colômbio), conforme constatado por NASCIMENTO (2007) aos 22 meses após o plantio nesta mesma área, com isso, provavelmente, contribuindo para uma maior porcentagem de falhas que o espaçamento 2 x 2 m. Nas áreas de espaçamentos 1 x 1 m e 1,5 x 1,5 m, a partir de 18 meses após o plantio, praticamente não existia incidência de capim colômbio.

Tabela 2: Características gerais da área de recomposição florestal, implantada em diferentes espaçamentos de plantio, aos 4 anos de idade, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	Número		Falhas (%)	Altura (m)	Circunf. nível do solo CNS (cm)
	Plantas	Espécies			
1,0 x 1,0*	1462	37	14,2	4,9 (2,4)	20,7 (10,0)
1,5 x 1,5*	676	34	10,6	5,3 (2,1)	25,8 (12,1)
2,0 x 2,0**	790	31	4,3	5,9 (2,4)	30,6 (16,2)
3,0 x 2,0**	512	35	6,9	5,7 (2,2)	33,9 (16,1)

* área de 1.700 m²; ** área de 3.300 m². Números entre parênteses refere-se ao desvio padrão.

Em relação às características dendrométricas, observa-se que o espaçamento 1 x 1 m foi o que proporcionou os menores valores médios de altura e de circunferência, evidenciando a existência de competição entre as plantas, aos 4 anos após o plantio, devido provavelmente à maior competição por recursos de crescimento, conforme também observado por LELES et al. (1998) ao estudar crescimento das plantas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita*, em diferentes espaçamentos de plantio, de 39 aos 52 meses de idade. Entre os espaçamentos 3 x 2 e 2 x 2 m as diferenças de crescimento são menores, quando comparadas com os outros espaçamentos, evidenciando que, nesta idade, ainda não ocorre competição pelos recursos de crescimento. Resultado semelhante, em relação à CNS foi encontrado por RONDON (2002), que estudou o crescimento de *Schizolobium amazonicum*, em plantios puros, sob diferentes espaçamentos de plantio (1,5 x 1,5; 2 x 2; 3 x 2; 3 x 3; 4 x 2; 4 x 3; 4 x 4 m) no Município de Sinop – MT. Cinco anos do plantio, este último autor verificou que os espaçamentos maiores proporcionaram maior crescimento de CNS. Este comportamento de maior crescimento em diâmetro em função do maior espaçamento é bastante comum em povoamentos florestais, pois segundo BALLONI e SIMÕES (1980), o diâmetro é a característica, entre as normalmente avaliadas, que mais é influenciada pelo espaçamento, com relações positivas. MACHADO (2009), na mesma área deste trabalho, observou que houve um maior

crescimento de *Melia azedarach* em povoamento de recomposição florestal aos 44 meses de idade e no espaçamento de 2 x 2 m, onde o valor médio de crescimento foi aproximadamente o dobro das plantas do espaçamento 1 x 1 m.

Na Tabela 3 é apresentada a lista de espécies plantadas na área de estudo, com riqueza de 43 espécies arbóreas e, ou arbustivas, pertencentes a 39 gêneros, distribuídos em 20 famílias botânicas. As famílias mais encontradas foram: Mimosaceae com 19 indivíduos, Caesalpinaceae (15), Fabaceae (14), Myrtaceae (14) e Bignoniaceae (13). As famílias de menor ocorrência foram Oleaceae (1) e Verbenaceae (1). Os gêneros que apresentaram maior número de espécies foram: *Tabebuia* (3), *Cordia* (2), *Mimosa* (2) e *Psidium* (2). As espécies que apresentaram maior número de indivíduos foram ingá, para raio, paineira, monjoleiro e goiaba com 302, 259, 252, 234 e 223, respectivamente. WALTZLAWICK et al. (2004), ao avaliarem os teores de carbono das espécies encontradas em floresta ombrófila mista, no Estado do Paraná, encontraram nos estratos superiores e intermediários uma diversidade de 39 espécies arbóreas pertencentes a 31 gêneros e distribuídos em 21 famílias. RIBEIRO (2007), quantificando o estoque de biomassa e carbono em pastagem e em dois estágios sucessionais da Mata Atlântica no Município de Viçosa, MG, encontrou-se na floresta primária uma diversidade de 319 espécies, pertencentes a 177 gêneros e 60 famílias, sendo destas as mais encontradas as famílias Myrtaceae (35), Lauraceae (28), Rubiaceae (18) e Euphorbiaceae (17) e na copeira 31 espécies, pertencentes a 29 gêneros e 21 famílias.

Tabela 3: Relação das espécies em área de recomposição florestal, com respectivo número de indivíduos (NI), em Seropédica, RJ

Espécie	Nome Vulgar	Família	NI
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Monjoleiro	Mimosaceae	234
<i>Alibertia concolor</i> (Cham.) K. Schum.	Alibertia	Rubiaceae	66
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico vermelho	Mimosaceae	114
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata de vaca	Caesalpinaceae	129
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	Bixaceae	23
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. Ex Tul.	Pau ferro	Caesalpinaceae	38
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kutze	Jequitibá	Lecythidaceae	28
<i>Cassia grandis</i> Linn.	Cassia grandis	Fabaceae	10
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro rosa	Meliaceae	16
<i>Chorisia speciosa</i> A. St.-Hill.	Paineira	Bombacaceae	252
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Pau viola	Verbenaceae	4
<i>Cordia superba</i> Cham	Babosa branca	Boraginaceae	114
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Louro pardo	Boraginaceae	59
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Mor.	Orelha de negro	Mimosaceae	137
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Mulungu	Fabaceae	8
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	Myrtaceae	35
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Pau d'alho	Phytolaccaceae	45
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutambo	Sterculiaceae	14
<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá	Fabaceae	302
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Caroba	Bignoniaceae	170
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	Mirindiba rosa	Lythraceae	78
<i>Ligustrum vulgare</i>	Alfeneiro	Oleaceae	14
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	Açoita cavalo	Tiliaceae	36
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Borrachudo	Fabaceae	39
<i>Melia azedarach</i> L.	Para raio	Meliaceae	259
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Marica	Mimosaceae	153
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	Sabiá	Mimosaceae	25

Continua...

... continua

<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira branca	Anacardiaceae	140
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Cabreúva	Fabaceae	5
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Farinha seca	Caesalpinaceae	41
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F. Macbr.	Pau jacaré	Mimosaceae	11
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	Myrtaceae	56
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	Myrtaceae	223
<i>Pterigota basiliensis</i> Alemão	Pau rei	Sterculiaceae	89
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	Pororoca	Myrsinaceae	43
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	Aroeira pimenta	Anacardiaceae	60
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvú	Caesalpinaceae	155
<i>Syzygium jambolanum</i> DC.	Jamelão	Myrtaceae	68
<i>Tabebuia alba</i> (Cham.) Sandwith	Ipê amarelo	Bignoniaceae	8
<i>Tabebuia avellanedae</i> Lorentz ex Griseb	Ipê rosa	Bignoniaceae	5
<i>Tabebuia heptaphyla</i> (Vell.) Toledo	Ipê roxo	Bignoniaceae	65
<i>Triplaris americana</i> L.	Pau formiga	Polygonaceae	65
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	Ipê felpudo	Bignoniaceae	5
Total			3.440

Na Tabela 4 são apresentados os números de indivíduos por classes de circunferência ao nível de solo nos diferentes espaçamentos de plantio estudados. Em todos os espaçamentos, constata-se que o maior número de indivíduos foi encontrado na menor classe de circunferência (3 – 23 cm). O espaçamento 3 x 2 m, mesmo com a menor densidade de plantio, apresentou menos indivíduos na maior classe de circunferência (CNS > 83 cm) do que o espaçamento 2 x 2 m.

Tabela 4: Número de indivíduos arbóreos e, ou, arbustivos, em diferentes classes de circunferência ao nível do solo, em quatro espaçamentos de plantio de recomposição florestal, aos 4 anos de idade, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	Classes de circunferência ao nível do solo (cm)				
	CNS ≤ 23,0	23,0 < CNS ≤ 43,0	43,0 < CNS ≤ 63	63,0 < CNS ≤ 83	CNS > 83,0
1,0 x 1,0*	881 (66,34)	325 (24,47)	99 (7,45)	20 (1,51)	3 (0,23)
1,5 x 1,5*	286 (42,94)	227 (38,08)	120 (18,02)	29 (4,35)	4 (0,60)
2,0 x 2,0**	407 (29,18)	262 (29,18)	162 (18,04)	42 (4,68)	25 (2,78)
3,0 x 2,0**	219 (39,96)	190 (34,67)	95 (17,34)	31 (5,66)	13 (2,37)

*área de 1.700 m²; **área de 3.300 m². Entre parênteses, na linha, refere-se a percentagem de indivíduos na classe de CNS por espaçamento.

4.2 Biomassa

Na Figura 1 observa-se que o conjunto das plantas arbóreas e arbustivas do espaçamento 1 x 1 m apresentou maior acúmulo de biomassa por hectare em quase todos os componentes das plantas e, de modo geral em relação as dos demais espaçamentos, na idade de 4 anos após o plantio. Isto pode ser justificado devido o adensamento de plantio, onde este apresentou um número de covas de plantio por hectare, até seis vezes maior que o espaçamento 3 x 2 m. Apenas a biomassa do componente galho foi maior no espaçamento 3 x 2 m devido este ser o espaçamento de densidade menor, propiciando, maior entrada de luz e com isso o surgimento de mais galhos. Em todos os espaçamentos, os componentes que apresentaram maiores acúmulos de biomassa foram madeira e galhos. Resultado semelhante foi encontrado por SOCHER et al. (2008) quantificando a biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial, onde os maiores valores de acúmulo de biomassa foram na madeira e

nos galhos, com 52,8% e 40,3%, respectivamente, do componente total da biomassa das árvores.

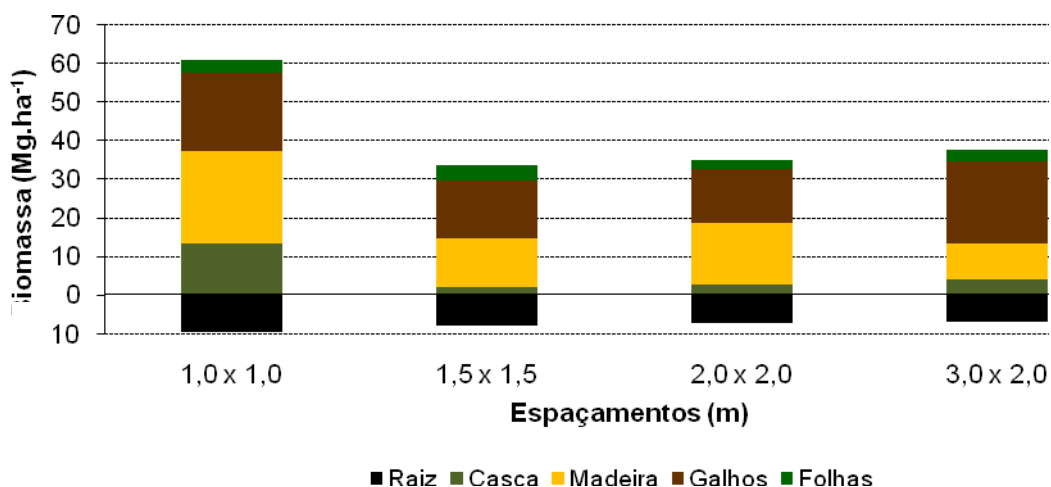


Figura 1: Biomassa acumulada, por área, dos indivíduos arbustivos e arbóreas, em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ.

4.2.1 Biomassa das plantas arbustivas e arbóreas

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5 estão apresentados os gráficos de biomassa dos componentes das plantas das espécies estudadas nos espaçamentos 1 x 1; 1,5 x 1,5; 2 x 2 e 3 x 2 m, respectivamente. Os valores de biomassa de cada planta arbustiva ou arbórea das espécies florestais por componente, em cada espaçamento, são apresentados nos Anexos de 1A a 1D. Observa-se, de maneira geral, que as plantas dos espaçamentos mais amplos apresentaram maior biomassa.

A espécie que apresentou maior acúmulo de biomassa no espaçamento 1 x 1 m (Figura 2) foi para raio, confirmando ser uma espécie de crescimento rápido (MACHADO, 2009), sobressaindo sobre as demais. Com exceção do angico vermelho, todas as plantas das outras espécies apresentaram maiores acúmulo de biomassa no componente madeira. SCHUMACHER et al (2001), quantificando o carbono orgânico de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, observaram que a maior proporção de biomassa encontra-se na madeira e nos galhos aos quatro de idade, havendo um crescente acúmulo de biomassa nas raízes, que aos oito anos de idades, apresentaram valores próximos ao dos galhos, mostrando que dependendo da idade, a planta aloca maior biomassa para um ou outro componente, conforme verificado para *Eucalyptus grandis*, por REIS et al. (1987). No espaçamento 1,5 x 1,5 m (Figura 3), esta sequência de produção de biomassa dos indivíduos das espécies foi um pouco diferente.

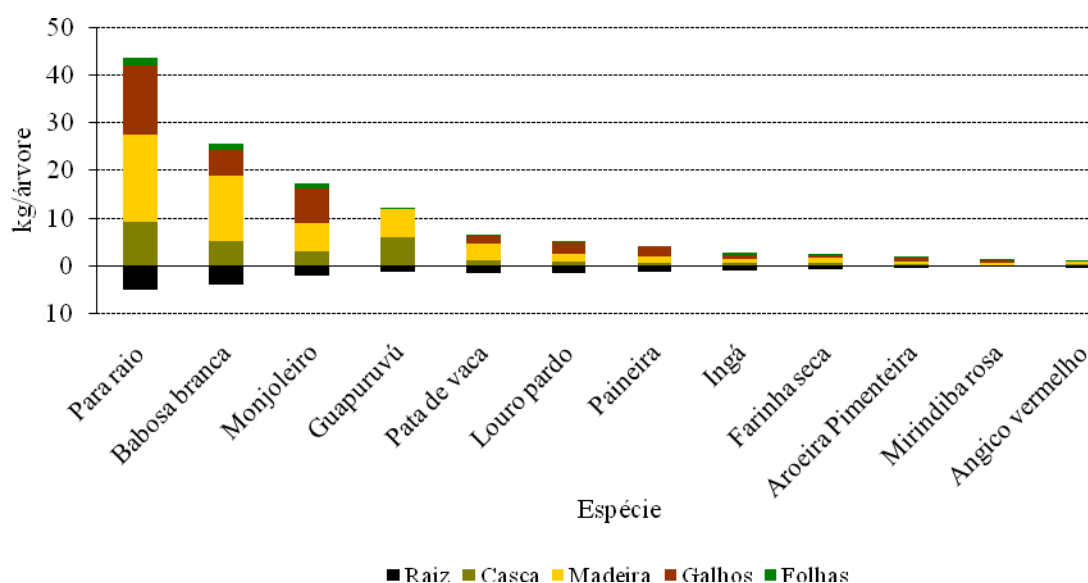


Figura 2: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais plantadas no espaçamento 1 x 1 m aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

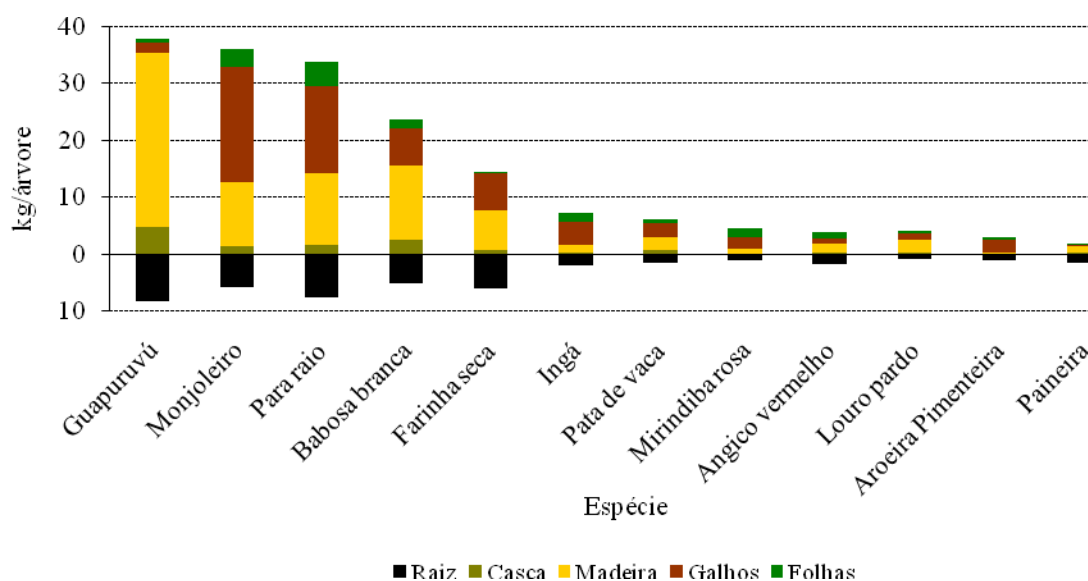


Figura 3: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais plantadas no espaçamento 1,5 x 1,5 m aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

No espaçamento 2 x 2 m (Figura 4), as espécies que apresentaram maiores acúmulos de biomassa foram o para raio, guapuruvu e monjoleiro, respectivamente. Observa-se que as plantas médias de monjoleiro e de para raio apresentaram maiores acúmulos de biomassa no componente galho, chegando a uma proporção aproximadamente de 50% do acúmulo total de biomassa da planta. Porém, o guapuruvu, que apresentou o maior acúmulo de biomassa, alocou maior quantidade no componente madeira. Esta espécie tem um comportamento diferenciado das demais, onde o surgimento de galhos não é predominante. Resultados semelhantes foram encontrados nos espaçamentos 3 x 2 m (Figura 5), onde observa-se que, exceto indivíduo de louro pardo, que apresentou o maior acúmulo de biomassa na madeira, todas as demais espécies apresentam a maior quantidade de biomassa nos galhos das plantas, justificando a teoria de quanto maior o espaçamento de plantio maior o surgimento de galhos.

LELES et al. (1998) e LADEIRA et al. (2001) também observaram que em plantas adultas de eucalipto em monocultivo apresentaram maior surgimento de galhos nos espaçamentos mais amplos. NASCIMENTO (2007), avaliando o crescimento de espécies arbóreas utilizadas em recomposição florestal em diferentes espaçamentos aos 22 meses de idade, observou que os espaçamentos mais amplos (2 x 2 e 3 x 2 m) apresentaram um valor maior de área de copa, devido o maior surgimento de galhos. Na Figura 3, encontram-se resultados, de modo geral, bem semelhantes aquelas das Figuras 4 e 5, havendo uma pequena diferença no comportamento das espécies que apresentaram menor acúmulo de biomassa, destacando-se aroeira pimenteira que apresentou seu acúmulo de biomassa mais bem distribuído entre os componentes da planta.

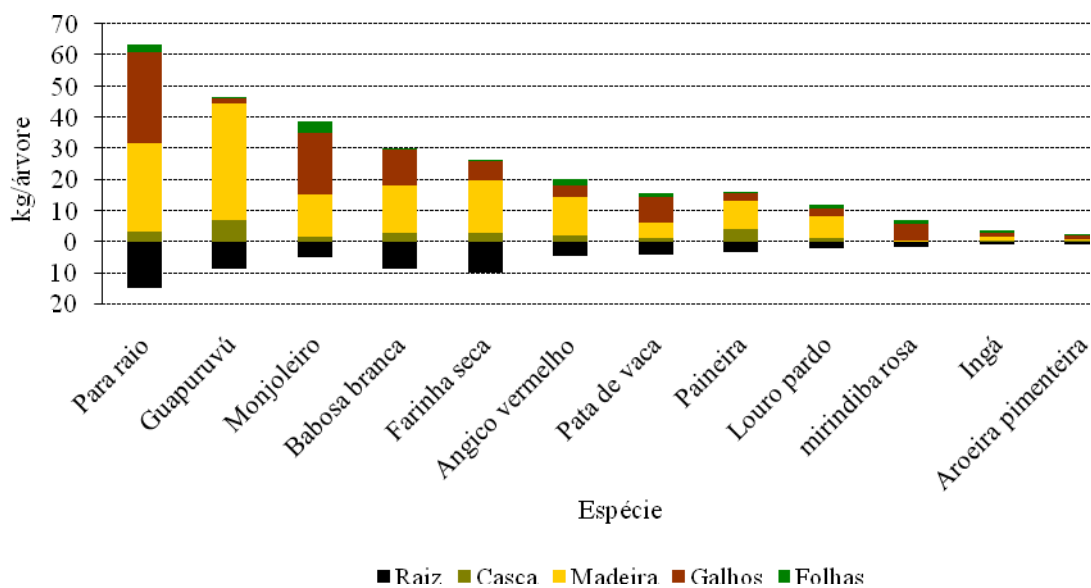


Figura 4: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais plantadas no espaçamento 2 x 2 m aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

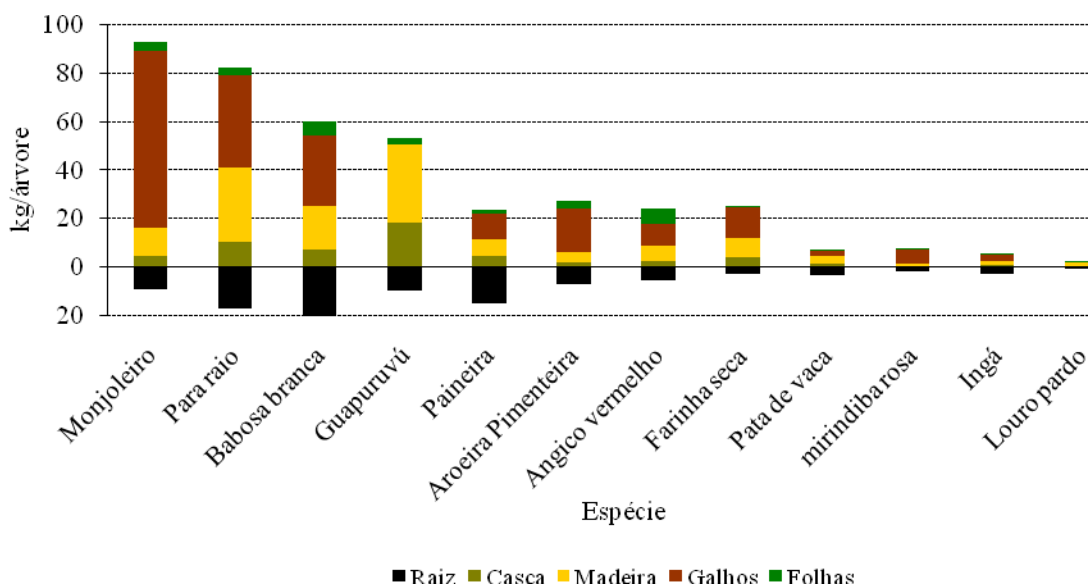


Figura 5: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais plantadas no espaçamento 3 x 2 m aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

4.2.2 Biomassa da serapilheira

Na Tabela 5 observa-se que a média da biomassa de serapilheira acumulada no povoamento do espaçamento 1 x 1 m foi maior que nos demais espaçamentos estudados. Tal fato pode estar relacionado com a alta densidade de plantio no espaçamento 1 x 1 m e com a diminuição da radiação solar que chega à base da copa, promovendo desrama natural das plantas (FONSECA, 1979) e, assim, maior deposição de serapilheira. O espaçamento 3 x 2 m, mesmo apresentando maior acúmulo de biomassa por planta, observou-se menor acúmulo de serapilheira, provavelmente devido à persistência dos galhos promovida pela maior disponibilidade de radiação solar.

Tabela 5: Biomassa de serapilheira acumulada no solo, por m² e por hectare, em área de recomposição florestal estabelecida em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	----- Serapilheira (kg.m ²) -----		Serapilheira (Mg.ha ⁻¹)
	Média	Desvio padrão	
1,0 x 1,0	0,703	0,350	7,02
1,5 x 1,5	0,438	0,217	4,38
2,0 x 2,0	0,370	0,162	3,70
3,0 x 2,0	0,315	0,116	3,15

ALONSO (2009), ao quantificar o aporte de serapilheira na mesma área deste estudo aos três e quatro anos após o plantio, concluiu que no decorrer do ano, os povoamentos que apresentaram maior deposição foram aqueles estabelecidos nos espaçamentos 1 x 1 e 1,5 x 1,5 m, e menciona sobre o efeito do adensamento das plantas. SCHUMACHER et al. (2001), quantificando o carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* em diferentes idades, observaram acúmulo de biomassa na serapilheira de 13,5 Mg.ha⁻¹ aos seis anos de idade. ABEL (2010) verificou em povoamento de *Acacia mangim* e de *Mimosa artemisiana* plantados em espaçamento de 2 x 2 m e de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em espaçamento 2,5 x 2,0 m com idade entre 3 e 4 anos após o plantio, aporte de serapilheira de 5,82; 3,76 e 2,34 Mg. ha⁻¹, evidenciando que a deposição de serapilheira depende da composição das espécies do povoamento, do solo, do clima e do momento da avaliação.

Observa-se, também na Tabela 5 que o desvio padrão variou de 35 a 50% da média de serapilheira acumulada em 1 m². Este alto valor pode ser explicado devido à heterogeneidade de composição das espécies no povoamento misto.

4.3 Teor de carbono na biomassa das espécies florestais

Na Tabela 6 são apresentados os teores de carbono por componentes das espécies do grupo 1 (espécies que tiveram a determinação do carbono por espaçamento de plantio). Verifica-se que os teores de carbono variaram de 41,4 a 55,7 % e não seguiram comportamento em função do espaçamento de plantio e em relação aos componentes da planta arbórea. A casca de *Chorisia speciosa* foi que apresentou menor valor (41,4 % no espaçamento 3 x 2 m) e a de madeira de *Inga edulis* o maior valor (55,7% no espaçamento 2 x 2 m).

Em todas as espécies estudadas, as plantas do espaçamento 2 x 2 m foi que apresentou maior teor médio de carbono, exceto para as de espécie de *Schinus terenbinthifolius*, que foi o espaçamento 3 x 2 m. Este comportamento das plantas de aroeira pode ser devido ao seu hábito de crescimento simpodial (CARVALHO, 2003; NASCIMENTO, 2007) e com isso, se

adaptar melhor em espaçamentos mais amplos. Neste caso, segundo MARENCO e LOPES (2005), a planta tende a apresentar maior taxa fotossintética e assim havendo maior conversão para produção de fotoassimilados e consequentemente maior teor de carbono. As maiores concentrações de carbono foram encontradas no componente madeira, exceto para a espécie *Schinus terebinthifolius* que apresentou a sua maior concentração na casca. Consultando trabalhos, observa-se que o teor de carbono fixado na biomassa florestal está em torno de 50% (SANQUETTA et al., 2004; SCHNEIDER et al., 2005; WEBER et al., 2006) e que variações ocorrem com a espécie e o componente da planta. Por exemplo, WATZLAWICK e CALDEIRA (2004), quantificando a biomassa e o carbono orgânico de povoamento de *Pinus taeda* ao 14 e 32 anos após o plantio, encontraram maior concentração de carbono no componente madeira, observaram que as plantas mais velhas apresentaram um teor de carbono 21,1% maior que as plantas mais jovens.

Tabela 6: Teor de carbono por componentes e da árvore média de seis espécies florestais, plantadas em quatro espaçamentos de plantio aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ

<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan (Angico vermelho)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	43,8	49,2	45,9	46,5	47,6	46,6
1,5 x 1,5	46,8	50,1	45,9	45,9	50,3	47,8
2,0 x 2,0	45,9	47,8	54,5	46,6	49,1	48,8
3,0 x 2,0	43,9	46,6	54,3	47,9	49,7	48,5
Média	45,1	48,4	50,2	46,7	49,2	47,9
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (Aroeira pimenteira)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	45,7	52,3	46,3	46,7	47,9	47,8
1,5 x 1,5	46,5	50,7	46,1	48,4	46,8	47,7
2,0 x 2,0	45,8	49,0	43,9	47,8	46,7	46,6
3,0 x 2,0	44,9	48,9	52,5	47,5	46,9	48,2
Média	45,7	50,3	47,2	47,6	47,1	47,6
<i>Cordia superba</i> Cham (Babosa branca)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	44,4	48,1	45,9	46,1	44,4	45,8
1,5 x 1,5	44,4	46,5	46,4	46,8	45,0	45,8
2,0 x 2,0	42,6	45,3	54,9	46,4	45,3	46,9
3,0 x 2,0	43,0	44,8	50,9	46,7	45,2	46,2
Média	43,6	46,2	49,5	46,5	45,0	46,2
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake (Guapuruvu)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	46,3	47,9	43,7	46,3	48,5	46,6
1,5 x 1,5	46,6	47,6	47,4	45,0	47,8	46,9
2,0 x 2,0	46,2	45,4	51,3	44,6	48,7	47,2
3,0 x 2,0	43,8	45,7	49,9	43,9	47,2	46,5
Média	45,7	46,6	48,1	44,9	48,1	46,8

Continua...

...continua

<i>Inga edulis</i> Mart. (Ingá)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	42,2	48,7	48,3	46,6	47,5	46,6
1,5 x 1,5	45,1	44,2	47,1	47,2	47,8	46,2
2,0 x 2,0	45,2	49,3	55,7	47,6	47,8	49,1
3,0 x 2,0	44,5	48,2	53,2	47,6	48,3	48,4
Média	44,22	47,6	51,1	47,3	47,8	47,6

<i>Chorisia speciosa</i> A. St.-Hil. (Paineira)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
1,0 x 1,0	43,61	49,4	41,9	44,5	49,9	44,9
1,5 x 1,5	45,15	49,4	42,6	42,9	47,1	45,4
2,0 x 2,0	45,29	42,9	51,9	46,4	46,1	46,5
3,0 x 2,0	46,01	41,4	49,9	44,1	48,8	45,4
Média	45,02	45,8	46,6	44,5	47,9	45,5

Constata-se que a diferença do teor de carbono entre as espécies estudadas pode chegar a 5 %. Mesmo esta sendo aparentemente pequena, é de importância na determinação do carbono orgânico, considerando que diferenças de 5% de teor de carbono de uma espécie para outra pode chegar a até 0,5 Mg.ha⁻¹. Como exemplo tem-se as espécies angico vermelho e paineira, que apresentaram teor médio de carbono igual a 47,9 e 45,5 %, respectivamente (Tabela 6).

Outro fato importante é que ao estudar a captura de carbono pelas espécies florestais é fundamental considerar o estoque no componente raízes, que em determinadas situações, dependendo da espécie e do espaçamento pode corresponder de 8 a 40% da biomassa da planta (Figuras 2 a 5). GONÇALVES e MELO (2000) mencionam que o sistema radicular das espécies arbóreas pode corresponder até 50% da sua biomassa, dependendo principalmente das condições físicas e químicas do solo e de precipitação da microregião.

Exceto as plantas de aroeira pimenteira e a paineira que apresentaram maior valor do teor médio de carbono nas cascas e folhas respectivamente, as plantas das outras espécies estudadas apresentaram maior teor médio de carbono acumulado no componente madeira, que foi superior a 50%, como no caso do angico vermelho e do ingá nos espaçamentos 3 x 2 e 2 x 2 m, respectivamente. WEBER et al. (2003), ao determinarem o teor de carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, encontraram resultados semelhantes ao deste estudo, observando maiores valores médios de teor de carbono orgânico na madeira.

Nas Figuras 6 a 11 estão apresentados a quantidade de carbono estocados na raiz, casca, madeira, galhos e folhas pela planta de angico vermelho, aroeira pimenteira, babosa branca, guapuruvu, ingá e paineira, respectivamente, nos quatro espaçamentos de plantio. Os valores que originaram estes gráficos, encontram-se no Anexo 2. Observa-se aumento expressivo do acúmulo de carbono à medida que se aumenta o espaçamento de plantio, em quase todas as espécies estudadas, exceto para a espécie ingá que apresentou maior teor de carbono fixado no espaçamento 1,5 x 1,5 m. Provavelmente isto ocorreu devido a melhor disponibilidade de recursos de crescimento e espaço para o crescimento com diminuição da competição entre plantas, favorecendo o acúmulo de biomassa e conseqüentemente a maior quantidade de carbono estocado nas plantas do espaçamento 3 x 2 m.

MARCENE et al. (2006) ao avaliarem o carbono orgânico em *Gmelina arborea*, observaram o comportamento da curva de produção de biomassa do tipo sigmoidal, típico de

curvas de crescimento de árvores. Constataram também que houve diferença de acúmulo de biomassa decorrente da variação de posição sociológica e do sítio onde foram implantadas.

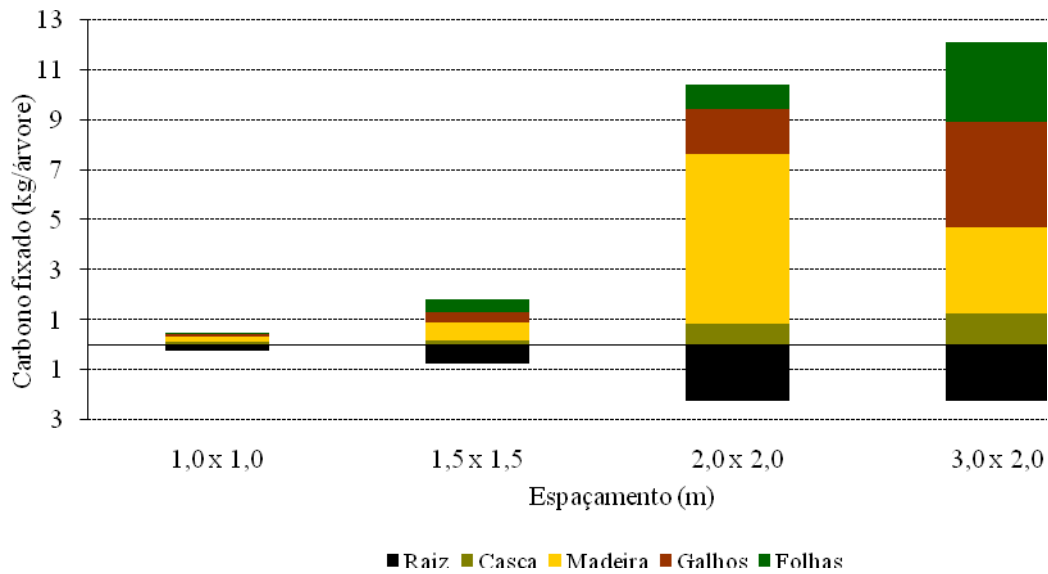


Figura 6: Quantidade de carbono fixado por planta de *Anadenanthera macrocarpa* em quatro espaçamentos de plantio, em Seropédica, RJ.

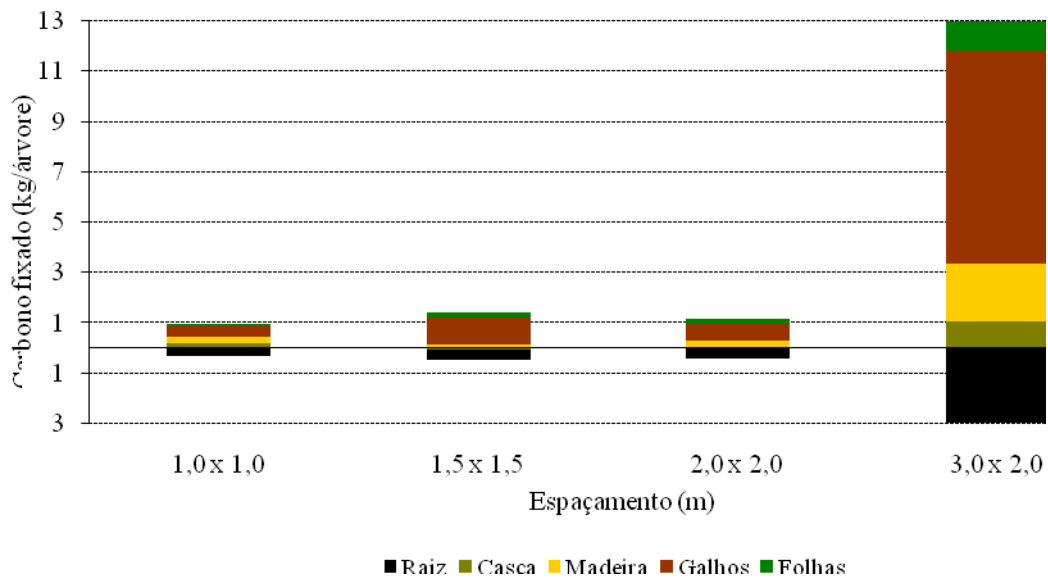


Figura 7: Quantidade de carbono fixado por *Schinus terenbinthifolius*, em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em recomposição florestal, em Seropédica, RJ.

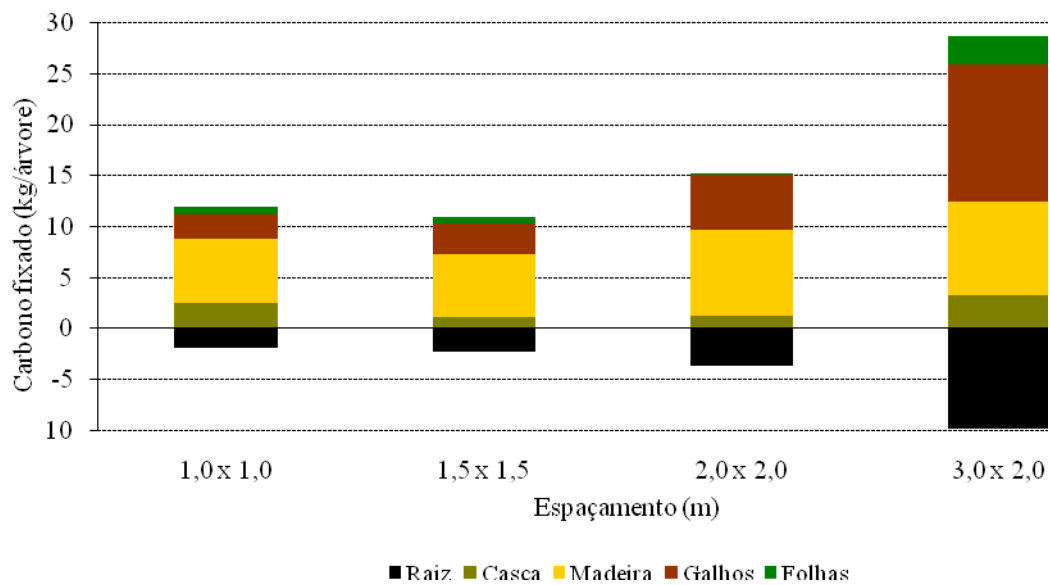


Figura 8: Quantidade de carbono fixado por planta de *Cordia superba*, em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em recomposição florestal em Seropédica, RJ.

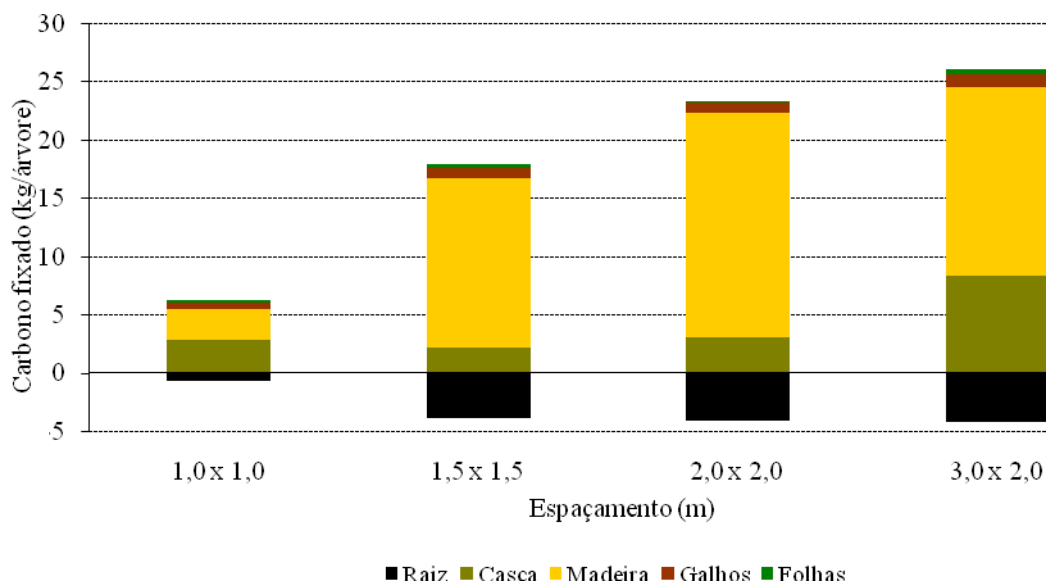


Figura 9: Quantidade de carbono fixado por planta de *Schizolobium parahyba*, em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em recomposição florestal em Seropédica, RJ.

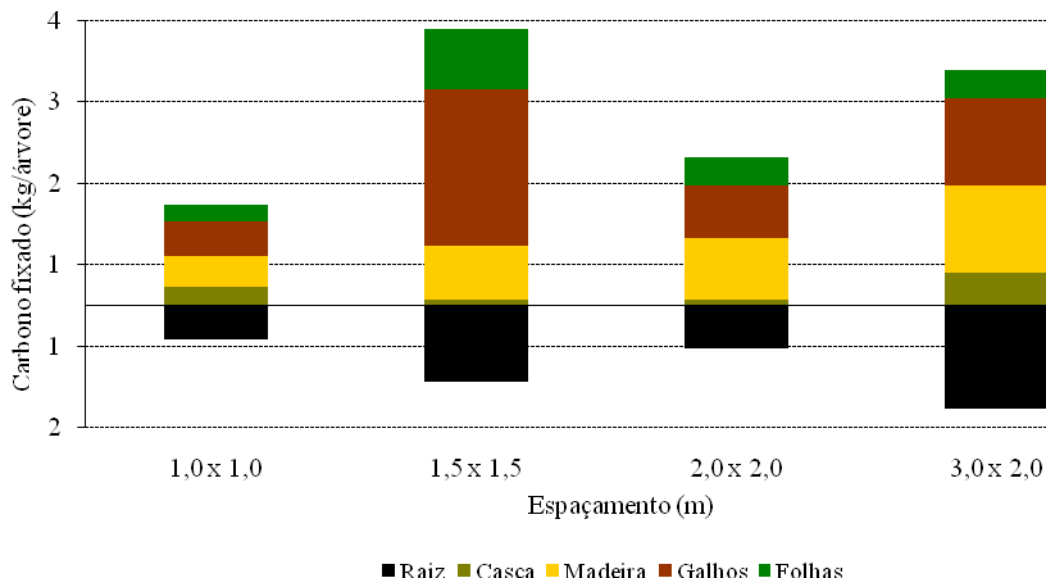


Figura 10: Quantidade de carbono fixado por planta de *Inga edulis*, em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em recomposição florestal em Seropédica, RJ.

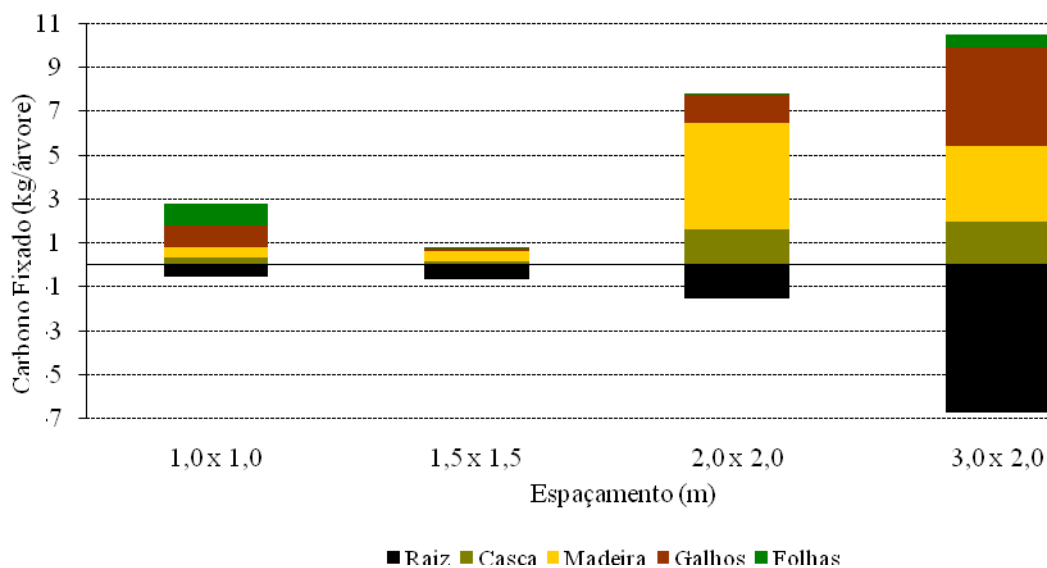


Figura 11: Quantidade de carbono fixado por planta de *Chorisia speciosa* em quatro espaçamentos de plantio, aos quatro anos de idade, em recomposição florestal em Seropédica, RJ.

Na Tabela 7 são apresentados os teores de carbono encontrados por componentes por árvore nas espécies do grupo 2 (onde não foi estudado espaçamento). Observa-se que somente as plantas de louro pardo apresentaram menor concentração de carbono nas folhas em relação às outras espécies estudadas. Resultado semelhante foi encontrado por WEBER et al. (2006) ao determinar os teores de carbono nos componentes da espécie *Styrax leprosus* (carne de vaca), em Floresta Ombrófila Mista, no Sul do Paraná. MARCENE et al. (2006), quantificando o teor e o conteúdo de carbono fixado em reflorestamentos homogêneos de *Gmelina arborea*, em diferentes idades, concluíram que o teor médio de carbono para a espécie em estudo é de 40,5%, não havendo diferenças significativas do teor nas idades

estudadas. Estes autores concluíram que o incremento médio de carbono fixado pela *Gmelina arborea* foi de 5 kg / ano por árvore, considerando apenas o fuste.

Tabela 7: Teor de carbono por componentes da árvore de seis espécies florestais, aos quatro anos após o plantio, em recomposição florestal, em Seropédica, RJ

Espécie	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Média
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	46,2	49,9	46,3	46,4	48,5	47,5
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb Steud.	42,9	46,7	45,8	44,3	39,4	43,8
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	46,5	47,8	46,5	45,7	44,7	46,2
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	43,5	49,2	46,7	45,2	49,4	46,8
<i>Melia azedarach</i> L.	45,4	50,6	47,4	45,9	46,6	47,0
<i>Bauhinia forficata</i> Link	45,0	50,8	45,6	45,7	47,5	46,9

Comparando os valores da média do teor de carbono das seis espécies da Tabela 7 com os valores médios das seis espécies da Tabela 6, observa-se que estes encontram-se na faixa entre 47,9 e 46,2, exceto paineira (45,5) e louro pardo (43,8). Os valores de 50% mencionado na literatura ou superior a este (exceto a casca), não foi observado em nenhuma espécie, provavelmente devido a idade relativamente jovem (4 anos) das plantas. O sistema radicular, que é mais trabalhoso de ser determinado apresenta teores de carbono similar aos outros componentes, evidenciando a importância de inserir este componente quando estuda a fixação de carbono em projetos de reflorestamentos.

De acordo com a Tabela 8, pode-se observar que para as espécies estudadas, foi encontrada uma maior quantidade de carbono fixado nas plantas nos espaçamento 3 x 2 m, exceto para as espécies *Peltophorum dubium*, *Cordia trichotoma* e *Bauhinia forficata* que apresentaram maior quantidade de carbono no espaçamento 2 x 2 m, provavelmente relacionando-se com a maior quantidade de biomassa decorrente do incremento em galhos. WEBER et al. (2006), quantificando os teores de carbono de seis espécies em floresta Ombrófila Mista, no Paraná, não encontraram diferenças significativas entre os componentes e as espécies, exceto para as folhas que apresentou valores significativamente superiores aos outros componentes.

Tabela 8: Quantidade de carbono, em kg.planta⁻¹, por componentes e o total da árvore de seis espécies florestais plantadas, em quatro espaçamentos de plantio aos 4 anos em Seropédica, RJ

<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. (Farinha seca)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,420	0,322	0,442	0,285	0,058	1,526
1,5 x 1,5	2,808	0,363	3,191	3,131	0,021	9,514
2,0 x 2,0	4,665	1,308	7,894	3,012	0,062	16,941
3,0 x 2,0	1,303	2,190	3,570	6,064	0,291	13,418
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. Steud. (Louro pardo)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,692	0,384	0,775	0,997	0,122	2,971
1,5 x 1,5	0,390	0,169	0,963	0,527	0,160	2,209

Continua...

... continua						
2,0 x 2,0	0,945	0,574	3,128	1,153	0,426	6,226
3,0 x 2,0	0,255	0,286	0,694	0,180	0,047	1,463
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne (Mirindiba rosa)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,144	0,052	0,165	0,302	0,070	0,734
1,5 x 1,5	0,472	0,058	0,422	0,869	0,074	1,895
2,0 x 2,0	0,817	0,017	0,154	2,413	0,498	3,898
3,0 x 2,0	0,820	0,190	0,444	2,841	0,057	4,352
<i>Acacia polyphylla</i> DC. (Monjoleiro)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,928	1,442	2,757	3,320	0,599	9,046
1,5 x 1,5	2,507	0,633	5,348	9,073	1,625	19,186
2,0 x 2,0	2,272	0,712	6,273	8,947	1,850	20,053
3,0 x 2,0	3,786	2,248	5,541	32,690	1,857	46,122
<i>Melia azedarach</i> L. (Para raio)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	2,363	4,686	8,662	6,635	0,752	23,099
1,5 x 1,5	3,420	0,875	5,909	6,952	2,000	19,156
2,0 x 2,0	6,793	1,602	13,580	13,129	1,227	36,331
3,0 x 2,0	7,563	5,353	14,529	17,078	1,366	45,889
<i>Bauhinia forficata</i> Link (Pata de vaca)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,704	0,562	1,588	0,699	0,187	3,739
1,5 x 1,5	0,689	0,329	1,072	1,137	0,332	3,559
2,0 x 2,0	1,967	0,558	2,182	3,816	0,554	9,078
3,0 x 2,0	1,445	0,744	1,421	1,277	0,037	4,924

No espaçamento 1 x 1 m, em média, os indivíduos das espécies *Peltophorum dubium*, *Melia azedarach* e *Bauhinia forficata* apresentaram maior quantidade de carbono no componente madeira, podendo-se justificar este fato ao estiolamento das plantas e a poda natural dos galhos. No espaçamento 1,5 x 1,5 m as espécies *Peltophorum dubium* e *Cordia trichotoma* não apresentaram a maior quantidade de carbono nos galhos, apresentando uma maior quantidade de carbono na madeira e nas raízes respectivamente. No espaçamento 2 x 2 m somente *Cordia trichotoma* apresentou maior quantidade de carbono no componente raiz, sendo as demais espécies, as maiores quantidades compartimentalizadas nos componentes galhos e madeira.

4.4 Carbono na serapilheira

O teor de carbono acumulado na serapilheira não apresentou tendência de comportamento em relação ao espaçamento de plantio (Tabela 9). O teor médio de carbono da serapilheira mais elevado foi observado na área do espaçamento 3 x 2 m e o menor na área do espaçamento 1 x 1 m, devido, provavelmente, as características da serapilheira estarem inteiramente ligadas à natureza do material de que são constituídos (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000). Os valores de desvio padrão não variaram muito entre os espaçamentos, evidenciando que a variação no teor do carbono na serapilheira analisada nos

espaçamentos foi relativamente pequena. Em todos os espaçamentos estudados, o teor de carbono da serapilheira foi inferior em relação a todos os componentes das árvores (Tabelas 6 e 7), devido, provavelmente, ao fato de parte da serapilheira já está em processo de decomposição, promovendo perda de carbono para o sistema.

Tabela 9: Teor e quantidade de carbono acumulado em quatro espaçamentos de plantio, em área de recomposição florestal, aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	Teor de carbono (%) na serapilheira		Carbono acumulado (Mg. há ⁻¹)
	Média	Desvio padrão	
1,0 x 1,0	26,03	7,63	1,80
1,5 x 1,5	36,05	8,16	1,64
2,0 x 2,0	35,55	6,79	1,32
3,0 x 2,0	37,14	6,08	1,18

Na Tabela 9 verifica-se, também, que o estoque de carbono na serapilheira foi inversamente proporcional ao espaçamento, com maiores quantidades observadas para o espaçamento 1 x 1 m. Isto ocorreu porque nos espaçamentos mais fechados, na idade de coleta, está ocorrendo maior queda de serapilheira, provavelmente devido à maior competição por luz, com a senescência das folhas e de galhos. Trabalho de ALONSO (2009), na mesma área e espaçamentos deste trabalho, mostrou que o aporte de serapilheira foi maior no espaçamento 1 x 1 m do que no espaçamento 3 x 2 m, na idade de 3,5 a 4,5 anos após o plantio. SCHUMACHER e WITSCHORECK (2004), inventariando o carbono de povoamentos de *Eucalyptus* spp na região do sul do Brasil nas idades de 2, 4, 6 e 8 anos, encontram um estoque de 1,65; 2,62; 4,78 e 5,50 Mg ha⁻¹ respectivamente. PAIXÃO (2004) quantificando o estoque de carbono em plantio de *Eucalyptus grandis* estabelecido no espaçamento 3 x 2 m, aos 6 anos após o plantio, observou que 12,3 % do carbono orgânico total do sistema foi encontrado na serapilheira.

CALDEIRA et al. (2003), avaliando o carbono orgânico do povoamento de *Acacia mearnsii* de diferentes idades, concluíram que os povoamentos mais desenvolvidos apresentam maior queda de serapilheira no ecossistema e conseqüentemente uma maior taxa de acúmulo de carbono no material no sistema solo - planta.

4.5 Carbono no solo

Pela análise de variância, verifica-se que houve diferenças significativas no teor de carbono entre os espaçamentos de plantio estudados ($F_{3,80} = 34,8$), entre as camadas de solo ($F_{4,80} = 7,2$) e a interação espaçamento e camadas do solo ($F_{12,80} = 9,53$). A análise mostrou também que não houve diferenças significativas entre os espaçamentos de plantio e a área de pasto ($F_{1,123} = 2,67$).

Constata-se que os espaçamentos mais fechados apresentaram teores de carbono significativamente superiores aos das áreas dos espaçamentos 2 x 2 e 3 x 2 m, devido provavelmente, a maior deposição de serapilheira nas áreas dos espaçamento 1 x 1 e 1,5 x 1,5 m, conforme mencionado por ALONSO (2009). Em relação à camada de solo, não houve comportamento em função da profundidade. Trabalhos de NEVES et., al (2004); SCHUMACHER et al., (2001); CALDEIRA et al. (2003;) mencionam que o maior teor é encontrado nas camadas mais superficiais do solo, devido ao efeito mais imediato da serapilheira, sendo que neste trabalho isto não ocorreu.

Tabela 10: Teor médio de carbono (%) nos solos em área de recomposição florestal, em quatro espaçamento de plantio e em cinco camadas do solo, aos quatro anos de idade, em Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	1,0 x 1,0	3,91 A
	1,5 x 1,5	3,33 A
	2,0 x 2,0	1,84 B
	3,0 x 2,0	1,91 B
Camada do solo (cm)	0 – 5	2,53 B
	5 – 10	2,27 B
	10 – 20	2,60 B
	20 – 30	3,65 A
	30 – 50	2,69 B

Para cada característica, médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Como houve diferenças significativas do teor de carbono da interação espaçamento de plantio e camadas do solo, na Tabela 11, são apresentados os valores em cada espaçamento e camada e também da área de pasto, que serve como testemunha. Verifica-se que não houve diferença entre os espaçamentos de plantio e no pasto. Nas camadas das coletas, em todas as áreas estudadas, houve diferenças significativas, onde observar-se o maior valor e menor valor igual a 5,87% na camada de 20 – 30 no espaçamento 1 x 1 m e de 0,9 % na camada de 5 – 10 no espaçamento 2 x 2 m.

Nos espaçamentos 1 x 1 m e 1,5 x 1,5 m apresentaram maior teor de carbono na camada de 20 – 30 cm do solo, com 5,84 e 5,87 % respectivamente. No espaçamento 2 x 2 m o teor de carbono decresce a medida que aumenta a profundidade. Resultado semelhante foi encontrado por SCHUMACHER et al. (2004), ao quantificar o carbono orgânico do solo da floresta de *Pinus elliottii*, o carbono orgânico nas camadas de 0 – 5, 5 – 10, 10 – 15 e 15 – 20 cm foram 32, 20, 15 e 10 % respectivamente. SALIMON et al. (2007), estudando a dinâmica do carbono na conversão de floresta para pastagem, concluíram que as áreas das pastagens apresentam um teor de carbono maior nas camadas superficiais, e que em solos com maior porcentagem de argila aumenta, em profundidade, a contribuição do carbono remanescente em floresta primária.

Tabela 11: Teores médios de carbono (%) nos solos em área de recomposição florestal com quatro espaçamentos de plantio e em uma área de pasto em cinco diferentes camadas de solo

Profundidade (cm)	1 x 1 m	1,5 x 1,5 m	2 x 2 m	3 x 2 m	Pasto
0-5	3,05 b A	2,82 bc A	2,16 a A	2,07 b A	2,19
5-10	2,66 b A	2,05 c A	2,37 a A	1,97 b A	1,87
10-20	2,86 b A	2,20 bc A	2,45 a A	2,88 a A	2,65
20-30	5,84 a A	5,87 a A	1,30 b B	1,59 b B	7,05
30-50	5,14 a A	3,71 bc A	0,90 b B	1,00 c B	4,46

Letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No espaçamento 3 x 2 m o maior teor de carbono foi observado na camada de 10 – 20 cm. Avaliando o estoque de carbono e frações da matéria orgânica no solo sob povoamentos de eucalipto no Vale do Rio Doce, LIMA et al. (2008) encontraram teores de carbono sob

mata nativa, pastagem e povoamento de eucalipto maiores na camada superficial do solo do que nas camadas mais profundas, portanto com comportamento distinto ao encontrado no presente estudo.

Normalmente em solos sob pastagem natural, segundo NICOLOSO et al., (2008) os teores de carbono total se mantêm estáveis ao longo do tempo, devido à igualdade entre as quantidades de carbono adicionadas pelas plantas e das quantidades de carbono perdidas, principalmente por oxidação microbiana e erosão.

As diferenças nos teores de carbono, em profundidade nos espaçamentos 1 x 1 m e 1,5 x 1,5 m e a área de pasto, em detrimento aos espaçamentos maiores, com menores teores de carbono, pode ser devida a maior quantidade de raízes, as quais poderiam contribuir para a elevação da matéria orgânica em profundidade. De acordo com FARIA (2006), o processo de ciclagem de raízes e rizodeposição contribuem para a manutenção do C orgânico do solo sob povoamentos de eucalipto. Sendo assim os teores de carbono em profundidade observados no presente estudo pode ter recebido influencia desses processos, nos espaçamentos 1 x 1 m, 1,5 x 1,5 m e áreas de pasto, principalmente pelo maior volume de raízes em profundidade.

Nos espaçamentos mais amplos (2 x 2 e 3 x 2 m), teoricamente, tem menor densidade de raízes devido ao espaçamento de plantio e, dessa forma forneceria menores quantidades de carbono em profundidade, como pode constatar pela Tabela 10. GIACOMO et al. (2008), quantificando o estoque de carbono orgânico e nitrogênio nos solos em áreas de florestas secundárias, plantio de *Mimosa caesalpinifolia* e plantio de *Carapa guianenses*, observaram que em todas as áreas estudadas o maior teor de carbono orgânico foi na profundidade de 5 – 10 cm, devido a maior concentração de raízes.

Nos espaçamentos menores também foram apresentados maiores teores de carbono na camada superficial, seguidos pela área de pasto. Provavelmente, a causa poderia ser os maiores aportes de serapilheira nesses dois espaçamentos, conforme observado por ALONSO (2009), devido a maior densidade de plantio, bem como a qualidade da matéria orgânica, podendo essa apresentar menores relações C/N e, dessa forma acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica. Já os solos sob maiores espaçamentos de plantios, bem como a área de pasto apresentaram menores teores nessa camada, podendo ser um reflexo dos menores aportes de matéria orgânica via serapilheira. CALDEIRA et al. (2003), quantificando o carbono orgânico em povoamento de *Acacia mearnsii*, encontraram uma concentração de carbono orgânico igual a 9,1 e 10,0 % , nas idades de 4 e 6 anos respectivamente nas camadas mais superficiais, 0 – 20 cm, sendo que, valores próximos, também, que foram encontrados nas camadas mais profundas (40 – 60 cm).

No presente estudo, devido o estágio jovem do reflorestamento de quatro anos, existe uma tendência de elevação dos teores de carbono nos solos das áreas com maior densidade de plantio, tanto em superfície, quanto em sub superfície, devido as quantidades de serapilheira depositadas na superfície, bem como ao maior número de raízes em profundidade.

5. CONCLUSÃO

O espaçamento 1 x 1 m foi o que proporcionou maior acúmulo de biomassa por área, acima e abaixo do solo (raízes), sendo a madeira o componente que alocou maior biomassa.

Os teores de carbono variaram na biomassa das espécies de 41,4 a 55,7%, não seguindo comportamento em função do espaçamento e em relação aos componentes das espécies arbóreas.

O teor médio de carbono da serapilheira não apresentou tendência com a variação do espaçamento e teve valores inferiores ao da biomassa viva.

O espaçamento de plantio não influenciou o teor de carbono das plantas das espécies estudadas e também da serapilheira, e o teor de carbono no solo, na idade em que o povoamento florestal foi avaliado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAURRE, G.W. **Crescimento de espécies florestais pioneiras e não pioneras sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal**. 2009. 16p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ABEL, E.L.S. **Aporte de serapilheira e crescimento inicial de eucalipto consorciado com *Acacia mangium* Wild. e *Mimosa artemisiana* Heringer & Paula**. 2010. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ALEMDAG, I. S. **Manual of data collection and processing for the development of Forest biomass relationships**. Canadá: Minister of Supply and Services of Canada, 1980. 38p.
- ALONSO, J. M. **Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal sob diferentes espaçamentos**. 2009. 39p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- AREVALDO, L.A.; ALEGRE, J.C.; VILCAHUAMAN, L.J.M. **Metodologia para estimar a estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, , 2002, p. 41
- AZEVEDO, J. P. A. **Influências de classes de solo no crescimento de espécies florestais para recomposição de mata ciliar**. 2007. 46p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. **Efeito estufa e a Convenção sobre Mudança do Clima**. Rio de Janeiro: BNDES, Departamento de Relações Institucionais, 1999. 38p.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **O espaçamento do plantio e suas implicações silviculturais**. Piracicaba: IPEF, 1980. 16p. (Série Técnica, 3).
- BEETS, P. K.; ROBERTSON, K. A.; FORD-ROBERTSON, J.; GORDON, J.; MACLAREN, J. P. Description and validation of C-change: A model for simulating carbono content in managed *Pinus radiata* Stands. New Zealand J. **Forestry Science**. n.3, p. 409 – 427, 1999.
- BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE. p. 381-406. 1998.
- 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: v.20, 460p., 1980.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL. H. L. M. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* de wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v.1, n.2, p. 47-54, abr./jun. 2003.

CAMPOS, C; P. **A conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Kyoto**. 2001. 169p, Dissertação (Mestrado em ciências e planejamento energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ,2001

CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; MOUTINHO, P.; BATISTA, Y. **Perguntas e respostas sobre mudanças climáticas**. Belém: IPAM, 2002. 32 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003, 1039p.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL**. Rio de Janeiro, 2001. 35p.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Roteiro básico para a elaboração de um projeto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL**. Rio de Janeiro, 2002. 52 p.

CHANG, M.Y. **Seqüestro florestal do carbono no Brasil – dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. Curitiba, 2004 Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2004.

FARIA, G.E. **Características químicas e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco e de raízes de eucalipto**. 2006. 106p. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNSIDE, P. M. As florestas no acordo do clima. **Ciência hoje**. v. 29, n 171, p. 60 – 62 , 2001.

FERREIRA, T. N. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000.

FINKE HERREIRA, M. C. **Densidade básica e equações de peso de madeira seca de povoamentos de eucalipto de acordo com a idade, espécie e método de regeneração**. 1989. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FONSECA, S. M. Implicações técnicas e econômicas na utilização da desrama artificial. **IPEF (Circular técnica)**, v.1, n.46, p.1-22, 1979.

FRANGETTO, F.W.; GAZANI, F.R. **Viabilização jurídica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil - O Protocolo de Kyoto e a cooperação internacional**. São Paulo: Peirópolis; Brasília, DF: IIEB - Instituto Internacional de Educação no Brasil, 2002. 477 p.

GIACOMO, R. G; PEREIRA, M. G; BALIEIRO, F. C. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.3, p. 42 – 48, 2008.

GOMES J.E. **Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L. f (Teca) em área de cerrado sob diferentes espaçamentos.** 2002. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GONÇALVES, J. L. M.; MELO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONCALVES, J. L. M., BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 221 – 267.

HIGUSHI, N.; SANTOS, J.M.; IMANAGA, M. & YOSHIDA, S. Aboveground biomass estimate for Amazon dense tropical moist forests. *The memoirs of the Faculty of Agriculture Kagoshima University*, 1994 n. 30, p43-95.

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

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001: the scientific basis.** 2001b.

IBAÑEZ, J. J.; VAYREDA, J.; GRACIA, C. Metodologia complementaria al Inventario Forestal Nacional em Catalunya. In: _____. **El Inventario Forestal Nacional: elemento clave para la Gestión Forestal Sostenible.** Fundação General de la Universidad de Valladolid, 2002. p. 67-77.

IPCC, **Land use, land use change, and forestry special report.** Summary for Policymakers. [Based on Watson, R. et al. as Core Writing Team]. Montreal: IPCC, 2000.

IPCC, Climate Change 2001: Synthesis report. contribution of working group I, II, and III to the third assessment report of the IPCC [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge, United Kingdom/New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.

KAGEYAMA, P.Y.; BRITO, M.A.; BAPTISTON, I.C.. Estado do mecanismo de reprodução das espécies da mata natural. In: Relatório de Pesquisa. DAEE/USP-ESALQ/FEALQ. **Estudo para implantações dematas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passa Cinco, visando a utilização para abastecimento público.** Piracicaba - SP, 1986. 235p.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF.** n.41/42, p.83-93, 1989.

KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. **Pesquisas Áustro-Brasileiras 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna*.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1982. p. 16-29

JARDIM, P. S. **Crescimento e Biomassa de Espécies Arbóreas Nativas da Floresta Estacional em Reflorestamentos no Norte do Paraná, Brasil.** 2006. p. 88.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**, v.25, n.1, p.69-78, 2001.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.
- LAURENCE, J. **Biologia**. Editora Nova Geração. São Paulo. SP, 2005. 696p.
- 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**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.
- LIMA, A.M.N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MEDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Estoques de carbono e frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce–MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 32, v. 1, p.1053 – 1063, 2008.
- LOPES, I. V. (Coord.) **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL: guia de orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90p.
- MACHADO, T. F. **Crescimento, conteúdo de carbono e características da madeira de *Melia azedarach* L. em diferentes espaçamentos de plantio em recomposição florestal 2009**. 20p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- MARCENE, E. A.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R.; SCHNEIDER, C. R. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná, Brasil. **Scientia Florestalis**. n.71, p. 55-63, 2006.
- MARENCOLO, R. A. LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa. 451p. 2005
- MARTINELLI, L. A. “Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: O exemplo de uma floresta situada no Estado de Rondônia. In: **Workshop Emissão x Seqüestro de Co₂: Uma nova Oportunidade de Negócios para o Brasil – CVRD/FBDS**. Rio de Janeiro, 1994.
- MILION, L.C. B. Um século e meio de aquecimento global. **Ciência Hoje**, v.18, n.107, mar. p.20-29, 1995.
- NASCIMENTO, D.F. **Avaliação do crescimento inicial, custos de implantação e manutenção de reflorestamento com espécies nativas em diferentes espaçamentos**. 2007. 60p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência agrtécnica**. v. 28, n. 5, p. 1038 – 1046, 2004.
- NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 32, p. 2425-2433. 2008.

OLIVEIRA FILHO, A.T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programa de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, v.1, n.1, p.64-72, 1994.

PAIXÃO, F.A. **Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de alternativas de uso de um povoamento de eucalipto**. 2004. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAIXÃO, F.A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica em diferentes alternativas de manejo em um povoamento de eucalipto. **Revista árvore**. v. 30, n. 3, p. 411 - 420, 2006.

PEIXOTO, G. L.; MARTINS, S. V.; SILVA, E. A problemática ambiental do efeito estufa. **Ação Ambiental**, Viçosa, n. 21, p. 11-13, dez./jan. 2001.

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**. Ano 4, p.30-41, 1997.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V.; Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização forestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287 – 308 .

PROTOCOLO DE KYOTO. **Protocolo de Kyoto**. Publicado pelo Secretariado da Convenção sobre Mudança do Clima. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil, 1997.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill. (ex Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista árvore**, v.11, n.1, p. 1-15, 1987.

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.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando a geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. 2007. 128p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROCHA, M. T. Mudanças climáticas e o mercado de carbono. In: SANQUETTA, C. R.; ZILLIOTO, M. A.; CORTE. A. P. D. **Carbono: Desenvolvimento tecnológico, aplicação e mercado global**. 474p. Curitiba, 2006. Parte 1, p. 19 – 41.

ROHDE, G. M. **Economia Ecológica da Emissão Antropogênica de CO₂**. 2003. 236p. Tese (Doutorado em ecologia) Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Hub.) Ducke sob diferentes espaçamentos na região da mata. **Revista Árvore**, v. 26 n.5, p. 573-576, 2002

SALAMENE, S. **Estratificação e caracterização ambiental da Área de Preservação Permanente do Rio Guandu, RJ**. 2007. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

SANQUETA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2002. p. 119-140.

SANQUETTA, C.R., WATZLAWICK, L. F., SCHUMACHER, M. V., MELLO, A. A. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *araucária angustifolia* e *pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.3, p. 33-40, jul./set. 2003.

SALIMON, C. I; WADT, P. G. S; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de floresta para pastagem em argissolos da formação geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de biologia e ciências da terra**. v. 7, n. 1, p. 29 – 38, 2007.

SANQUETA, C. R., ZILLOTTO, M. A. B., CORTE A. P. D. **Carbono: Desenvolvimento Tecnológico, Aplicação e Mercado Global**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 2006. 279 p.

SANQUETTA, C.R., WATZLAWICK, L. F., SCHUMACHER, M. V., MELLO, A. A. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no Sul do Paraná, Brasil. **Ciências agrárias e ambientais**. v.1, n. 3, p. 33 – 40, 2003.

SCARPINELLA, G. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Kyoto**. 2002. 182 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, SP.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoamentos de *Euclyptus ssp*. Nas propriedades fumageiras do sul do Brasil.: “Um estudo de Caso”. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTO, M.A. **Fixação de Carbono: Atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: 2º Simpósio Latino Americano Sobre Fixação de Carbono, 2004. Parte 7, p 111-124.

SCHUMACHER, M. V.; KONIG, F. G.; KLEINPAUL, J.J. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub bosque e solo de uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm. aos 36 anos em Santa Maria – RS. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTO, M.A. **Fixação de Carbono: Atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: 2º Simpósio Latino Americano Sobre Fixação de Carbono, 2004. Parte 8, p 125-132.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; SOBRINHO, V. G.; SCHNEIDER, P. S. P. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, 2005 p. 391-402

SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; BARICHELLO, L. R.; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação do carbono orgânico em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. Em diferentes idades. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2. Santa Maria, 2001. **Anais ...** 2001. p. 387-399.

SEDJO, R. Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments. **Resources: for the future**. Washington, p. 26, 2001.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R.; SANTOS, J.B. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: Ed. UFV, p. 63 - 82, 2009.

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

SOARES, C. P. B, LEITE, H. G.; GORGENS, E. B.; Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista árvore**. v. 29, n 5. p 711 -718. 2005.

SOCHER, L. G.; RODERJAM, C. V.; FRANKLIN, G. Biomassa aérea de uma floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária, Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 38, n.2, 2008.

SUGANUMA, M.S.; BOURLEGAT, L.E. J.M.G.; OLIVEIRA C.C.C.; BIRELLI, J.M.; CAVALHEIRO, A.L.; TOREZAN, J.M.D. **Biomassa em reflorestamentos de diferentes idades e fragmentos florestais no norte do Paraná**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC. Protocolo de Quioto. 2.ed. Brasília: MCT, 2001b. 34p.

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

WALTZALAWICK L. F.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa de biomassa e carbono orgânico em *Pinus taeda* L. com diferentes idades. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 4, p. 371-380, 2004.

WALTZALAWICK L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de carbono em espécies da floresta ombrófila mista. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTO, M.A. **Fixação de Carbono: Atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: 2º Simpósio Latino Americano Sobre Fixação de Carbono, 2004. Parte 6, p 95-110.

WANG, X.; FENG, Z.; OUYANG, Z. The impact of human disturbance on vegetative carbon storage in forest ecosystems in China. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 117-123, 2001.

WEBER, K. S.; SANQUETTA, C. R.; MELLO, A. A.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R. Variação nos teores de carbono orgânico em povoamentos de *Araucária angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Florestal**. n 76. IBAMA, Brasília, 2003. p. 23-28.

WEBER, K. S.; BALBINOT, R.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ambiente Guarapuava**, Paraná. v.2 n.2 p. 167-177 jul/dez 2006.

WENDLING, J. L. G. **Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpes edulis* Mart. Plantadas a céu aberto**, 171p. Dissertação (Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curitiba-PR, 1998.

YEOMAN, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.*, 19, 1467, 1988.

ANEXO

Anexo 1A: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, plantadas no espaçamento 1 x 1 m em área de recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

Espécie	----- Componentes (kg.planta) -----					Total
	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	
<i>Melia azedarach</i>	5,210	9,262	18,271	14,718	1,614	49,075
<i>Cordia superba</i>	4,189	5,160	13,790	5,240	1,495	29,874
<i>Acacia polyphylla</i>	2,130	2,934	5,908	7,352	1,213	19,538
<i>Schizolobium parahyba</i>	1,432	5,912	5,978	0,000	0,272	13,594
<i>Bauhinia forficata</i>	1,563	1,104	3,479	1,530	0,394	8,070
<i>Cordia trichotoma</i>	1,615	0,822	1,694	2,251	0,310	6,692
<i>Chorisia speciosa</i>	1,248	0,664	1,094	2,253	0,000	5,259
<i>Inga edulis</i>	0,982	0,472	0,802	0,907	0,407	3,570
<i>Peltophorum dubium</i>	0,910	0,644	0,955	0,615	0,119	3,242
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,666	0,343	0,567	0,986	0,106	2,668
<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	0,310	0,110	0,355	0,659	0,156	1,591
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	0,508	0,233	0,466	0,294	0,056	1,556

Anexo 1B: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, plantadas no espaçamento 1,5 x 1,5 m em área de recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

Espécie	----- Componentes (kg.planta) -----					Total
	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	
<i>Schizolobium parahyba</i>	8,378	4,662	30,615	1,965	0,697	46,317
<i>Acacia polyphylla</i>	5,759	1,287	11,462	20,091	3,290	41,889
<i>Melia azedarach</i>	7,539	1,729	12,464	15,422	4,293	41,447
<i>Cordia superba</i>	5,189	2,482	13,115	6,453	1,621	28,860
<i>Peltophorum dubium</i>	6,085	0,726	6,897	6,747	0,023	20,478
<i>Inga edulis</i>	2,067	0,168	1,395	4,086	1,539	9,255
<i>Bauhinia forficata</i>	1,530	0,646	2,349	2,488	0,699	7,713
<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	1,015	0,121	0,907	1,900	1,642	5,584
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1,647	0,344	1,563	0,920	0,981	5,456
<i>Cordia trichotoma</i>	0,910	0,361	2,104	1,190	0,405	4,970
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,990	0,044	0,259	2,249	0,457	4,001
<i>Chorisia speciosa</i>	1,447	0,318	1,154	0,346	0,033	3,298

Anexo 1C: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, plantadas no espaçamento 2 x 2 m em área de recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

Espécie	----- Componentes (kg.planta) -----					Total
	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	
<i>Melia azedarach</i>	14,975	3,165	28,643	29,125	2,634	78,543
<i>Schizolobium parahyba</i>	8,883	6,801	37,494	2,143	0,138	55,459
<i>Acacia polyphylla</i>	5,218	1,447	13,444	19,812	3,745	43,666
<i>Cordia superba</i>	8,677	2,663	15,400	11,845	0,163	38,748
<i>Peltophorum dubium</i>	10,108	2,618	17,062	6,490	0,127	36,405
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	4,852	1,813	12,415	3,899	1,975	24,954
<i>Bauhinia forficata</i>	4,369	1,096	4,781	8,352	1,168	19,766
<i>Chorisia speciosa</i>	3,335	3,766	9,403	2,695	0,100	19,299
<i>Cordia trichotoma</i>	2,204	1,229	6,834	2,602	1,081	13,950
<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	1,756	0,035	0,330	5,277	1,113	8,511
<i>Inga edulis</i>	1,156	0,166	1,359	1,336	0,733	4,750
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,923	0,109	0,608	1,304	0,471	3,415

Anexo 1D: Acúmulo de biomassa por árvore de doze espécies florestais, plantadas no espaçamento 3 x 2 m em área de recomposição florestal, aos quatro anos após o plantio, em Seropédica, RJ.

Espécie	----- Componentes (kg.planta) -----					Total
	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	
<i>Acacia polyphylla</i>	8,695	4,573	11,875	72,388	3,759	101,291
<i>Melia azedarach</i>	16,674	10,579	30,646	37,883	2,932	98,713
<i>Cordia superba</i>	19,781	7,203	18,037	29,008	5,861	79,890
<i>Schizolobium parahyba</i>	9,552	18,201	32,425	0,000	2,567	62,745
<i>Chorisia speciosa</i>	14,602	4,756	6,893	10,196	1,987	38,434
<i>Schinus terebinthifolius</i>	6,589	2,189	4,335	17,798	2,807	33,718
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	5,048	2,665	6,377	8,797	6,407	29,295
<i>Peltophorum dubium</i>	2,823	4,381	7,715	13,070	0,136	28,125
<i>Bauhinia forficata</i>	3,209	1,462	3,114	2,794	0,079	10,657
<i>Lafoensia glyptocarpa</i>	1,763	0,398	0,954	6,213	0,127	9,456
<i>Inga edulis</i>	2,855	0,839	2,017	2,244	0,713	8,668
<i>Cordia trichotoma</i>	0,595	0,613	1,516	0,407	0,120	3,252

Anexo 2: Quantidade de carbono fixado, por planta de em quatro espaçamentos de plantio, em área de recomposição florestal, em Seropédica, RJ.

<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan (Angico vermelho)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,222	0,115	0,214	0,136	0,027	0,714
1,5 x 1,5	0,771	0,172	0,718	0,422	0,493	2,577
2,0 x 2,0	2,230	0,867	6,766	1,817	0,970	12,649
3,0 x 2,0	2,215	1,242	3,464	4,222	3,184	14,327
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (Aroeira pimenteira)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,304	0,179	0,263	0,460	0,051	1,257
1,5 x 1,5	0,460	0,023	0,120	1,089	0,214	1,906
2,0 x 2,0	0,422	0,053	0,267	0,623	0,220	1,586
3,0 x 2,0	2,957	1,072	2,277	8,456	1,318	16,079
<i>Cordia superba</i> Cham (Babosa branca)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	1,860	2,483	6,336	2,417	0,663	13,759
1,5 x 1,5	2,304	1,153	6,091	3,012	0,730	13,289
2,0 x 2,0	3,699	1,207	8,448	5,495	0,074	18,923
3,0 x 2,0	9,805	3,230	9,181	13,550	2,652	38,417
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake (Guapuruvu)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,663	2,835	2,614	0,640	0,132	6,884
1,5 x 1,5	3,907	2,217	14,515	0,884	0,334	21,856
2,0 x 2,0	4,101	3,085	19,227	0,956	0,067	27,436
3,0 x 2,0	4,185	8,318	16,209	1,090	0,437	30,239
<i>Inga edulis</i> Mart. (Ingá)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,414	0,230	0,388	0,422	0,194	1,647
1,5 x 1,5	0,931	0,074	0,656	1,928	0,736	4,325
2,0 x 2,0	0,523	0,082	0,756	0,636	0,351	2,348
3,0 x 2,0	1,270	0,404	1,073	1,069	0,345	4,161
<i>Chorisia speciosa</i> A. St.-Hil. (Paineira)						
Espaçamento (m)	Raiz	Casca	Madeira	Galhos	Folhas	Total
1,0 x 1,0	0,544	0,328	0,459	1,002	1,000	3,333
1,5 x 1,5	0,653	0,157	0,492	0,149	0,015	1,467
2,0 x 2,0	1,510	1,614	4,882	1,250	0,046	9,302
3,0 x 2,0	6,718	1,971	3,440	4,491	0,570	17,190