

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

TESE

ASPECTOS SILVICULTURAIS E ECOLÓGICOS EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS
DE PLANTIO

Ester Bullich Villa

2012



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

**ASPECTOS SILVICULTURAIS E COLÓGICOS EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS
DE PLANTIO**

ESTER BULLICH VILLA

Sob a orientação do Professor
Paulo Sérgio dos Santos Leles

e Co-orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Agosto de 2012

581.38

V712a

T

Villa, Ester Bullich, 1967-
Aspectos silviculturais
ecológicos em área de restauração
florestal com diferentes
espaçamentos de plantio / Ester
Bullich Villa - 2012.
57 f.: il.

Orientador: Paulo Sérgio dos
Santos Leles.

Tese(doutorado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro,
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais.

Inclui bibliografia.

1. Crescimento (Plantas) -
Análise -Teses. 2. Plantas
florestais - Nutrição - Teses. 3.
Plantas florestais - Espaçamento -
Teses. 4. Serapilheira - Teses. 5.
Reflorestamento - Teses. I. Leles,
Paulo Sérgio dos Santos, 1966-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso 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**

ESTER BULLICH VILLA

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

TESE APROVADA EM 14/08/2012

Paulo Sérgio do Santos Leles. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Mauro Valdir Schumacher. Prof. Dr. UFSM
(Membro)

Silvio Nolasco de Oliveira Neto. Prof. Dr. UFV
(Membro)

Márcio Rocha Francelino. Prof. Dr. UFRRJ
(Membro)

Lucas Amaral de Melo. Prof. Dr. UFRRJ
(Membro)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas e Programa de Pós-graduação pelo acolhimento, formação e amizades geradas ao longo dos anos. Ao Departamento de Silvicultura (docentes, discentes e funcionários) pela agradável convivência.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles pela orientação, ensinamentos e amizade.

Ao Prof. Dr. Marcos Gervásio Pereira pela co-orientação e construção do conhecimento.

Aos colegas do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Reflorestamento (LAPER) anteriores e atuais, pelo apoio na coleta de dados, especialmente ao Alan Henrique e Jorge Alonso.

Aos bolsistas e funcionários do Laboratório de Gênese e Classificação de Solos e dos Laboratórios da agronomia pela ajuda, especialmente ao Sidinei (Paraná).

À Usina Termoelétrica Barbosa Lima Sobrinho pela disponibilização da área e apoio logístico para realização do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

A Banca Examinadora, Prof. D. Schumacher, Oliveira, Francelino e Melo pela participação e sugestões.

A minha família “pequena” e “estendida”, aos amigos presentes e aqueles “perdidos” no decorrer da estrada.

A todos que contribuíram de alguma forma e que tenha me esquecido de agradecer.

RESUMO GERAL

VILLA, E.B. **Aspectos silviculturais e ecológicos em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio**. 2012. 57f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

O espaçamento de plantio nos povoamentos mistos interfere nas relações de competição pelos recursos do ambiente, no controle de espécies indesejadas e na facilitação da sucessão florestal. Portanto, entre outras variáveis, afetará o crescimento das espécies, além da ciclagem de nutrientes na vegetação e conseqüentemente a deposição de serapilheira. Num plantio de restauração florestal, em Seropédica, RJ foram empregados os espaçamentos 1 m x 1 m; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m e 3 m x 2 m e seis espécies foram estudadas quanto ao seu crescimento durante seis anos após plantio. As características avaliadas foram altura total (m) e diâmetro ao nível do solo (DNS) e a área de copa, visando comparar o crescimento das plantas, aos três e seis anos de idade. O comportamento das espécies nas três características foram diferentes, aos três e seis anos, onde em geral, o espaçamento 1 m x 1m forneceu menores valores. Nos espaçamentos o aporte de material decíduo foi estudado durante dois anos. No espaçamento 1 m x 1 m foi observada a maior deposição de serapilheira, não havendo diferenças entre as unidades dos demais espaçamentos. A fração folha mostrou, em todos os espaçamentos, maior aporte de serapilheira (77%). Maiores valores de aporte de serapilheira e da fração folha foram observados na época da seca (março a setembro) no espaçamento 1 m x 1 m, sendo o valor médio aportado no intervalo de dois anos, igual a $7,48 \text{ Mg ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. No material aportado na época da seca, após quatro anos de plantio, verificaram-se os maiores teores de nutrientes N, K e Mg, sendo esse padrão pouco influenciado pelo espaçamento. O maior conteúdo de nutrientes foi observado no espaçamento 1 m x 1 m. Em geral, constatou-se a seguinte ordem quanto o conteúdo de nutrientes da serapilheira, $N > Ca > K > Mg > P$. As espécies foram avaliadas quanto ao teor de macronutrientes nos compartimentos da biomassa arbórea. Quanto aos teores dos macronutrientes por compartimentos cabe destacar os valores da fração foliar (24,1; 2,1; 12,9; 11,2; 4,1 g nutriente.kg⁻¹ amostra); em segundo lugar a casca; galho em terceiro lugar; em quarto lugar a raiz e em quinto a madeira. Conclui-se que existem diferenças no teor de nutrientes da biomassa entre as seis espécies estudadas, sendo a paineira a mais exigente em nutrientes, e aroeira e guapuruvu, as menos exigentes. Também que o teor de nutrientes, nos compartimentos, seguiu a ordem folha > casca > galho > raiz > madeira. O teor de macronutrientes apresentou a ordem $N > K > Ca > Mg > P$.

Palavras chaves: crescimento, serapilheira, teor de macronutrientes.

GENERAL ABSTRACT

VILLA, E.B. **Silvicultural and ecological aspects in forest restoration with different planting spacing**. 2012. 57p. Thesis (Ph in Environmental Science and Forestry). Forest Institute, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

Planting spacing in mixed stands interferes in the competition for environment elements, in the control of unwanted species and in forest succession facilitation. Therefore among other variables, it will affect species growth, as well as vegetation nutrients cycling and consequently litter deposition. On a restoration planting, in Seropédica (RJ), were employed different spacing, 1 m x 1 m; 1.5 m x 1.5 m; 2 m x 2 m and 3 m x 2 m, and six species were studied as to its growth during six years after planting. The variables evaluated were total height (m) and diameter at ground level (DGL), in order to and canopy area, those were used to compare average growth in two periods, the third and sixth year after plantation. The species behaviors in all characteristics were different, at three and six years old, where, 1 m x 1 m spacing provided smaller values. Deciduous material was studied during two years. In 1 m x 1 m spacing was observed the largest litter deposition, and no differences between the units of the other spacing. The fraction leaves showed in all spacing greater supply (77%). Upper litter intakes and leaf fraction were observed in the dry season (March to September) in the 1 m x 1 m spacing, being the average value contributed of litter, in the range of two years, equal to $7.48 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$. The material contributed in the dry season, after four years of planting, showed that the amount of macronutrients (g.kg^{-1}) N, K and Mg were little influenced by the spacing. The highest nutrient content was observed in 1 m x 1 m spacing. In General, it was found the following order as the nutrient content of litter, $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. The species were assessed of macronutrient quantity in the compartments of biomass. With regard to the presence of macronutrients quantity (N; P; K; Ca; Mg) at compartments noteworthy are at leaves (2.41; 0.21; 1.29; 1.12; 0.41 g nutrient.kg sample); secondly bark; thirdly branches; fourthly root and fifth wood. It is concluded that there are differences in nutrient quantity of biomass among the six species studied, being more demanding *Chorisia speciosa* on nutrients, and *Schinus terebinthifolius* and *Schizolobium parahyb* less demanding. Also that the nutrient quantity followed the order leaf > bark > branch > root > wood. The macronutrient content presented the order $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P}$.

Keywords: growth, litter, macronutrients content.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
INTRODUÇÃO	
Figura 1. Localização do Município de Seropédica, RJ, no Estado do Rio de Janeiro.	2
Figura 2. Extrato do balanço hídrico da série histórica para o município de Seropédica, RJ.	3
Figura 3. Restauração em quatro espaçamentos de plantio, visando a restauração florestal em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, aos quatro anos após o plantio, Município de Seropédica, RJ.	4
Figura 4. Fotos da área da UTE Barbosa Lima Sobrinho (A) antes do plantio de restauração florestal, (B) aos quatro anos do plantio e (C) aos seis anos, município de Seropédica, RJ.	5
Figura 5. Perfil do Cambissolo Háplico Tb distrófico, aos quatro anos após plantio, na área de estudo na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.	6
CAPÍTULO I	
Figura 1. Altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho), <i>Chorisia speciosa</i> (paineira), <i>Cordia sp.</i> (babosa), ao longo do tempo, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	16
Figura 2. Altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de plantas de <i>Inga marginata</i> . (ingá), <i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira pimenteira) e <i>Schizolobium parahyba</i> (guapuruvu), ao longo do tempo, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	17
CAPÍTULO II	
Figura 1. Temperatura mensal média e precipitação total mensal no período de maio de 2008 a fevereiro de 2010, em Seropédica, RJ.	31
Figura 2. Balanço hídrico médio mensal, no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2010, em Cambissolo Háplico eutrófico, município de Seropédica, RJ.	31
Figura 3. Distribuição dos coletores de serapilheira nas unidades dos espaçamentos, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.	32

Figura 4. Aporte mensal de serapilheira em diferentes espaçamentos, no período de março de 2008 a fevereiro de 2010, em área de restauração florestal na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ. 33

Figura 5. Porcentagem de serapilheira por fração nos espaçamentos, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ. 34

LISTA DE TABELAS

	Pág.
INTRODUÇÃO GERAL	
Tabela 1. Análise de solo em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ, antes do plantio visando à restauração florestal.	3
Tabela 2. Análise física e de teores de nutrientes no solo, aos quatro anos em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	4
Tabela 3. Espécies utilizadas para restauração florestal e seus respectivos grupos ecológicos (GE) em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	5
CAPÍTULO I	
Tabela 1. Características taxonômicas e ecológicas de seis espécies florestais, empregadas na área em restauração, UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.	14
Tabela 2. Médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa nos diferentes espaçamentos de plantio, aos 3 e 6 anos, de seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	19
Tabela A1. Análise de variância das médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa, aos três anos, das espécies nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	24
Tabela A2. Análise de variância das médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa, aos 6 anos, das seis espécies, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	24
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Resumo da análise de variância da fração folha e total da serapilheira, em quatro épocas (dos 4 a 6 anos de plantio), nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	35
Tabela 2. Médias da fração folhas nos quatro espaçamentos de plantio e em quatro épocas (dos quatro a seis anos de plantio), em área de restauração florestal na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	35
Tabela 3. Médias do total de serapilheira (Mg ha^{-1}), em quatro épocas (dos quatro a seis anos de plantio) em quatro espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	36

Tabela 4. Médias dos teores e conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na serapilheira, na época da seca (Mar a Ago 2008), nos diferentes espaçamentos de plantio aos quatro anos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	36
--	----

CAPÍTULO III

Tabela 1. Características taxonômicas e ecológicas de seis espécies florestais utilizadas na área em restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.	47
---	----

Tabela 2. Biometria e biomassa médias dos indivíduos de seis espécies florestais, aos quatro anos, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	48
---	----

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes dos compartimentos das espécies, aos quatro anos após plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	49
--	----

Tabela 4. Médias dos teores de macronutrientes nos compartimentos das seis espécies estudadas, aos quatro anos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	49
---	----

Tabela 5. Resumo da análise de variância das médias dos teores de macronutrientes nas espécies nos compartimentos, aos quatro anos após plantio, em seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	52
--	----

Tabela 6. Médias dos teores de macronutrientes nas espécies e compartimentos e valores totais de macronutrientes, aos quatro anos após plantio, em seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.	52
---	----

SUMÁRIO

	Pág.
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	2
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6

CAPÍTULO I - CRESCIMENTO DE SEIS ESPÉCIES FLORESTAIS EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, NUM POVOAMENTO MISTO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
1 INTRODUÇÃO	13
2 MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1 Amostragem	14
2.2 Análise dos dados	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1 Crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo (DNS)	15
3.2 Crescimento aos 3 e 6 anos em altura, DNS e área de copa	18
4 CONCLUSÕES	20
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
ANEXO A	24

CAPÍTULO II - APORTE DE SERAPILHEIRA E DE NUTRIENTES EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

RESUMO	27
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO	29

2 MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Características climáticas	30
2.2 Metodologia	32
2.3 Análise dos dados	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4 CONCLUSÕES	38
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

**CAPÍTULO III - MACRONUTRIENTES EM DIFERENES
COMPARTIMENTOS NA BIOMASSA DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS
VISANDO A RESTAURAÇÃO FLORESTAL**

RESUMO	44
ABSTRACT	45
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.1 Espécies, Biometria e biomassa arbórea	47
2.2 Macronutrientes	48
2.5 Análise dos dados	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.1 Médias de teores de macronutrientes por compartimento	48
3.2 Médias de teores de macronutrientes nos compartimentos de cada espécie	51
4 CONCLUSÕES	54
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

A mitigação das mudanças climáticas passou a ser nos últimos anos um tema central no âmbito das discussões mundiais. Diante deste cenário, a redução de desmatamento e a restauração florestal foram alavancados, visando proporcionar, comparado com o uso do solo anterior, serviços ecossistêmicos (CANADELL e RAUPACH, 2008) com aumento da biodiversidade (ANDERSON et al., 2011), além de benefícios econômicos que incentivem proprietários e gestores as ações de restauração florestal. Em paralelo, está ocorrendo uma crescente conscientização do esgotamento dos recursos naturais e da necessidade de ações de manejo sustentável para preservação, recuperação e uso sustentável dos diferentes biomas, com vistas a orientar políticas agrícolas e ambientais a médio e longo prazo (RODRIGUES et al., 2011). Para isso, experimentos regionais considerando as interações biofísicas locais são necessários.

A Mata Atlântica é o bioma brasileiro que sofreu maior alteração no decorrer das atividades humanas nos últimos séculos. Entre as suas regiões de sua ocorrência, encontra-se a Baixada Fluminense, que apresenta uma quantidade significativa de pastagens abandonadas e sua área de abrangência inclui o rio Guandu, que é fonte de abastecimento de água para parte da região metropolitana do Rio de Janeiro. Segundo SALAMENE et al. (2011), as margens deste rio encontram-se com pouca ou sem vegetação ciliar, comprometendo o mais expressivo serviço ambiental desta região, que é a manutenção dos recursos hídricos.

Diferentes ações podem ser aplicadas para tentar reverter à descaracterização de ecossistemas florestais (MARTINS, 2007; CHAZON, 2008), entre elas o plantio de espécies nativas tem sido o mais empregado (RUIZ-JAEN e AIDEN, 2005; MIDDLETON et al., 2010; MCLAIN et al., 2011). Com o plantio objetiva-se promover a revegetação de uma área (BELENSIEFER, 2007) com diversidade de espécies nativas do bioma onde está inserido (SEASTEDT et al., 2008; RODRIGUES et al. 2011), visando a longo prazo a sustentabilidade temporal e espacial (PARKER, 1997; SUDING, 2011) do ecossistema emergente (HOBBS et al., 2006), empregando princípios de sucessão florestal.

Nas últimas décadas, diferentes modelos de sucessão florestal têm sido propostos, baseados na combinação de espécies de grupos sucessionais ou ecológicos distintos, com vários arranjos de distribuição e espaçamentos de plantio, fundamentados no conhecimento prévio da regeneração (MARTINS et al., 2009). Estes modelos tentam reduzir os efeitos de competição inter e intra-espécies, reproduzindo padrões espaciais das espécies e da densidade similar aos encontrados em florestas em diferentes estágios de sucessão (SILVA et al., 2009). Os trabalhos têm procurado também alavancar aspectos positivos à sucessão florestal com as interações bióticas nas relações plantas - microorganismos (HERRERA-PERAZA e FURRAZOLA, 2008; CHAER et al., 2010); nas relações planta - fauna, como predação (GARCIA-ORTH et al., 2008), herbivoria, mutualismo, polinização (REIS e KAGEYAMA, 2008), dispersão de sementes (BARBOSA e PIZO, 2006) e recrutamento (SANSEVERO et al., 2011). Além é importante atentar para as interações abióticas com o solo, relevo (CANELLAS et al., 2000; GONÇALVES et al., 2008) e clima, que determinam a ciclagem de nutrientes e hídrica.

Para alcançar sucesso na restauração florestal é importante conhecer o crescimento das espécies florestais, que são fortemente influenciadas pela qualidade do sítio e das técnicas silviculturais adotadas, como adubação, espaçamento e controle de plantas daninhas, nas fases de implantação e manutenção.

A seleção do espaçamento de plantio em trabalho de restauração florestal depende em grande parte da qualidade do sítio (grau de degradação, hidromorfia, relevo, características do solo), seguido pelo nível de infestação por plantas daninhas (principalmente herbáceo arbustivas), o objetivo do plantio e o orçamento disponível para o empreendimento. Plantios

adensados (1 m x 1 m) podem propiciar rápida cobertura do solo, inibindo o crescimento da vegetação espontânea de sub-bosque, e reduzindo o número de manutenções em comparação aos espaçamentos convencionais. Outro efeito é que nestes espaçamentos mais adensados, normalmente há maior deposição (ALONSO, 2010) e acúmulo de serrapilheira (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997; LISBOA, 2010) podendo e tornar o povoamento menos propício a incêndios florestais, devido a maior umidade da manta orgânica e do solo do sub-bosque. Por outro lado, restauração florestal nestes espaçamentos apresentam maiores custos com aquisição de mudas e de adubo de plantio. Já os espaçamentos mais amplos (2 m x 2 m e 3 x 3 m), normalmente aumentam os custos de controle das ervas daninhas. O espaçamento intermediário de 2,0 x 1,5 m foi considerado o melhor por equacionar positivamente crescimento das plantas e custos de implantação e de manutenção (NASCIMENTO et al., 2012) em projetos de restauração florestal em área da Baixada Fluminense. Rotineiramente tem sido empregado o espaçamento 3 x 2 m em restauração florestal (SOUZA, 2002), sendo também experimentados outros como 4,0 x 1,5 m, nos casos em que se introduz a mecanização (BONNET et al., 2009).

Para quantificar e qualificar os aspectos silviculturais e ecológicos na evolução do processo de restauração florestal em função do efeito dos espaçamentos objetivou-se acompanhar a dinâmica de crescimento de algumas espécies florestais nativas, além de avaliar o aporte de nutrientes pela serrapilheira em quantidade e qualidade. Nesse sentido, este trabalho compõe-se de três capítulos, sendo que o primeiro avaliou a dinâmica de crescimento de seis espécies da Mata Atlântica, entre dois e seis anos após plantio. No segundo capítulo foi trabalhada a produção de serrapilheira e aporte de nutrientes do povoamento, em quatro espaçamentos de plantio. No terceiro capítulo foi estudada a distribuição de nutrientes nos diferentes componentes nessas mesmas espécies, mas sem levar em consideração o espaçamento de plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo localiza-se no Município de Seropédica (Figura 1), região da Baixada Fluminense, Estado do Rio de Janeiro, pertencente à Usina Termoeletrica Barbosa Lima Sobrinho (UTE BLS) da Petrobras, as margens do Rio Guandu, entre as coordenadas geográficas 22°43'05"S e 43°38'30"O.

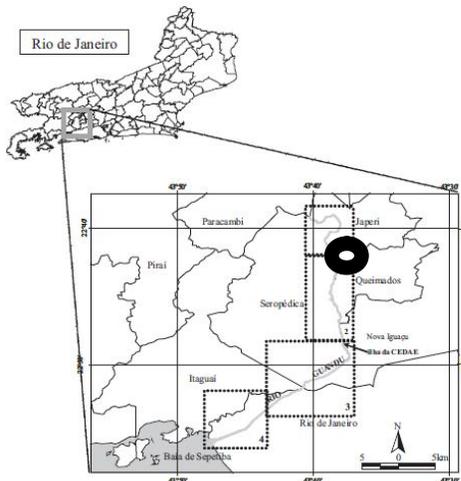


Figura 1. Localização do Município de Seropédica, RJ, no Estado do Rio de Janeiro.

Fonte: SALAMENE et al. (2011)

Na região bioclimática Baixada Fluminense a fitofisionomia, segundo CRONEMBERGER et al. (2011), é Florestal Ombrófila Densa de Terras Baixas. O clima da região é do tipo Aw, tropical com chuvas de verão, segundo a classificação de KÖPPEN (1945). Com base nos dados dos últimos 20 anos da Estação Meteorológica da PESAGRO-RJ, localizada a 4 km do experimento, a precipitação média anual foi 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, a de julho, mês mais frio, é 20,6 °C e a temperatura média anual 23,4 °C. O tempo médio de insolação anual é de 2.527 horas, a média anual da evaporação é de 1.576 mm e a umidade relativa do ar 69,3%.

O balanço hídrico médio mensal foi calculado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), para a série histórica dos últimos 20 anos (janeiro de 1991 a dezembro de 2011) (Figura 2). Considerou-se 200 mm capacidade de água disponível (CAD) correspondente ao CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico, conforme descrito pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul – FEPAM (2008) e utilizando a planilha eletrônica desenvolvida por SENTELHAS et al. H(1998). Constata-se que nos meses de maio a outubro, houve pequena deficiência hídrica no solo.

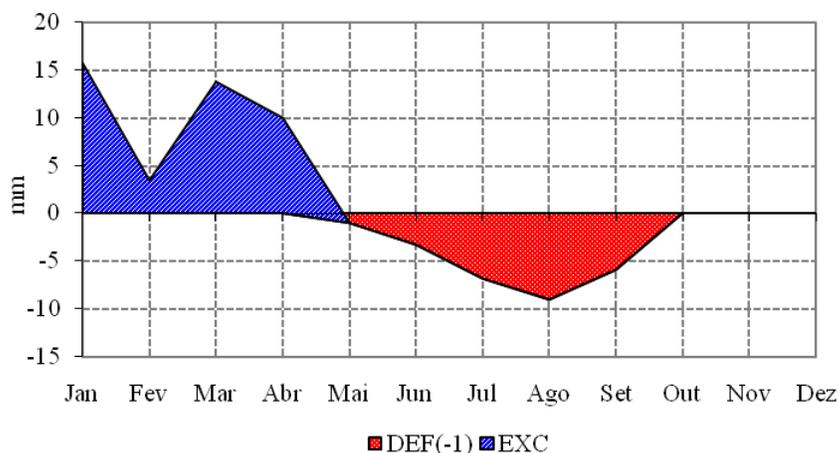


Figura 2. Extrato do balanço hídrico da série histórica para o município de Seropédica, RJ.

O local encontra-se a 30 m de altitude em relação ao nível do mar, apresentando topografia plana. Antes do reflorestamento, a cobertura vegetal predominante era de capim colônio (*Panicum maximum*). O solo foi classificado com CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico e possuía antes do plantio as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de solo em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ, antes do plantio visando à restauração florestal

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

⁽¹⁾ pH em água - relação 1:2,5; ⁽²⁾ P e K - extrator Mehlich 1; ⁽³⁾ Ca, Mg e Al - extrator de KCl 1,0 mol L⁻¹.

Segundo SALAMENE (2011), essa área e seu entorno podem ser classificadas como leito encaixado, onde predominam Planossolos, Neossolos e Gleissolos, com presença de diversos fragmentos florestais remanescentes, distantes, com áreas inferiores a um hectare, considerando a região com moderado a alto grau de degradação. No período de 1935 a 1941 foram realizadas obras de drenagem e redirecionamento do rio, com o qual se criou uma área menos úmida, com necessidade de evitar a acumulação de sedimentos na calha.

2.2 Implantação e condução da restauração florestal

O plantio de restauração florestal foi realizado em novembro de 2004, utilizando 40 espécies nativas e algumas exóticas (4 espécies), apresentando 52% de espécies pioneiras e 48% não pioneiras (Tabela 3).

Tabela 3. Espécies utilizadas para restauração florestal e seus respectivos grupos ecológicos (GE) em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espécie	Nome vulgar	GE
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Monjoleiro	P
<i>Alibertia edulis</i> A.Rich.	Alibertia	NP
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Angico-vermelho	P
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Unha-de-vaca	P
<i>Bauhinia variegata</i> L.	Pata-de-vaca	P
<i>Bixa orellana</i> L.	Urucum	P
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. Ex Tul. var. <i>leiostachya</i> Benth.	Pau-ferro	NP
<i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth.	Sibipiruna	NP
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Jequitibá-branco	NP
<i>Cassia bakeriana</i> Craib	Cassia	P
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	NP
<i>Chorisia speciosa</i> A. St. Hil.	Paineira	P
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Pau-viola	P
<i>Clitoria fairchildiana</i> R.A. Howard	Sombreiro	P
<i>Cordia</i> sp. Cham.	Babosa-branca	P
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb.ex steud.	Louro-pardo	NP
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Orelha-de-negro	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga	NP
<i>Galesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Pau-d' alho	P
<i>Inga marginata</i> Willd.	Ingá	NP
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	Carobinha	NP
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	Mirindiba-rosa	NP
<i>Luehea candicans</i> Mart.	Açoita-cavalo	P
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	Bico-de-pato	P
<i>Melia azedarach</i> L.	Para-raio	P
<i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Maricá	P
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	Sabiá	P
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemao	Aroeira-branca	NP
<i>Myroxylon peruiferum</i> L. f.	Cabreúva	NP
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Farinha-seca	P
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araça	NP
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiaba	NP
<i>Pterigota brasiliensis</i> Allemao	Pau-rei	NP
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	Aldrago	NP
<i>Rapanea gardneriana</i> Mez	Capororoca	P
<i>Rollinia</i> sp.	Pinha	NP
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Aroeira	P
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F. Blake	Guapuruvu	P
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Jamelão	P
<i>Tabebuia avellanadae</i> Lorentz ex Griseb.	Ipê-roxo	NP
<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mat. Ex A.DC.) Standl.	Ipê-amarelo	NP
<i>Tabebuia roseo alba</i> (Ridl.) Sandwith	Ipê-branco	NP
<i>Triplaris americana</i> L.	Pau-formiga	P
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau	Ipê-tabaco	NP

Onde: P = pioneiras, NP = não pioneiras.

Fonte: CARVALHO (2003); LORENZI (1992 e 1998).

O plantio foi realizado em quatro espaçamentos (1 m x 1 m ; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m e 3 m x 2 m), sendo estes considerados os tratamentos do estudo (Figura 3).



Figura 3. Restauração em quatro espaçamentos de plantio, visando à restauração florestal em área da UTE Barbosa Lima Sobrinho, aos quatro anos após o plantio, Município de Seropédica, RJ.

As dimensões de área de plantio dos dois primeiros espaçamentos são de 34 m de largura por 50 m de comprimento, e dos outros dois de 50 m de largura por 66 m de comprimento.

As mudas foram produzidas no viveiro do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em sacos plásticos de 14 x 20 cm. O substrato utilizado foi subsolo e esterco bovino curtido na proporção volumétrica de 70 : 30 %. Na época do plantio as mudas apresentavam altura variando de 30 a 90 cm, dependendo da espécie. O preparo da área consistiu de roçada inicial, seguida de aração, gradagem em área total com máquinas e marcação das covas, em função dos respectivos espaçamentos. As covas foram abertas manualmente nas dimensões de 25 cm x 25 cm x 25 cm e adubadas com 100 g de N-P₂O₅-K₂O (06-30-06).

A distribuição no campo seguiu o arranjo com uma linha de mudas com espécies pioneiras seguida de outra linha alternando mudas de espécies pioneiras e não pioneiras, de forma a compor o modelo de plantio proposto por PIÑA-RODRIGUES et al. (1997). O controle de formigas, com isca granulada, iniciou-se dois meses antes do plantio, sendo mantido imediatamente após plantio e nos seis meses seguintes. O controle de plantas daninhas consistiu em uma primeira capina manual, aos 45 dias após o plantio, em toda a área, e os controles seguintes roçada com roçadeira costal, realizados até 36 meses (novembro de 2007) após o plantio, com a necessidade de intervenção determinada pela observação visual da infestação de Capim colômbio. O replantio foi realizado três vezes, a um, dois e quatro meses após plantio. A Figura 4 mostra a área antes do plantio e quatro e seis anos após o plantio.



Figura 4. Fotos da área da UTE Barbosa Lima Sobrinho (A) antes do plantio de restauração florestal, (B) aos quatro anos do plantio e (C) aos seis anos, município de Seropédica, RJ.

Aos quatro anos de plantio foi aberto perfil do solo no centro da área experimental, cuja foto é apresentada na Figura 5. Na Tabela 2 é mostrado resultado de análise textural e análise química por horizonte. A textura predominante é Franco Arenosa, comportamento

errático no teor de argila ao longo do perfil, provavelmente por influência de processos de formação, de natureza flúvica-coluvial. Ainda observou-se que nas características químicas o teor de matéria orgânica nas camadas superficiais é elevado, sendo enquadradas em moderadas, com diminuição acentuada ao longo do perfil. Trata-se de um solo fortemente ácido em todo o perfil. Praticamente todos os elementos decrescem até os 78 cm do perfil do solo, ocorrendo incremento no alumínio e uma diminuição acentuada no conteúdo de matéria orgânica.

Tabela 2. Análise física e de teores de nutrientes no solo, aos quatro anos em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Prof. (cm)	Horizonte	Classe Textural ¹	pH (H ₂ O)	P ---mg/dm ³ ---	K ---	Ca ²⁺ -----cmol _c /dm ³ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ -----	CTC (T) -----	V ----%---	m	MO dag/kg
0 - 18	A	FA	5,1	4,2	35	1,5	1,2	0,5	7,25	38	15	3,6
18 - 30	AB	FAAr	4,9	3,5	36	1,1	0,8	1,1	6,94	29	36	2,9
30 - 50	BA	FA	4,9	4,0	13	0,4	0,3	1,0	3,21	23	58	1,3
50 - 78	B1	FA	4,9	2,2	14	0,3	0,2	0,7	2,03	27	56	1,1
78 - 105	B2	FA	5,1	2,4	25	0,6	0,5	0,5	2,32	50	30	1,0
105 - +	B3	FAAr	5,0	1,4	18	0,6	0,8	0,6	3,43	42	29	1,1

Classe textural: FA = Franco Arenoso; FAAr = Franco Argilo Arenosa. pH em água - relação 1:2,5; P e K - extrator Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - extrator de KCl 1,0 mol L⁻¹; CTC (T) - capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V - índice de saturação de bases; m - índice de saturação de alumínio; MO - matéria orgânica = C_{org} x 1,724- Walkley-Black.



Figura 5. Perfil do Cambissolo Háplico Tb distrófico, aos quatro anos após plantio, na área de estudo na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R. G.; CANADELL, J. G.; RANDERSON, J. T.; JACKSON, R. B.; et al. Biophysical considerations in forestry for climate protection. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Washington, v. 9, n. 3, p. 174-182, 2011.

ALONSO, J. M. **Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos.** 2010. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia florestal) - Instituto de Floresta. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

BALENSIEFER, L. M. Contribuição de empresas do setor florestal na restauração de

ecossistemas florestais. **Ação ambiental**, Viçosa, v. 36, 2007.

BARBOSA, K. C. PIZO, M. A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, v.14, n. 4, p. 504-515, 2006.

BONNET, A.; CURCIO, G. R.; RESENDE, A. S.; BAGGIO, A. Vegetação nos compartimentos geopedológicos. In: BONNET, A.; RESENDE, A.S.; CURCIO, G.R. (Org.). **Manual de plantio de espécies nativas para o corredor ecológico do COMPERJ**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Colombo: Embrapa Florestas; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 170 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v. I e II, 2003. 1039 p.

CANADELL, J. C.; RAUPACH, M. R. Managing forest for climate mitigation. **Science**, New York, v. 320, p. 1456-1457, 2008.

CANELLAS, L. P; BERNER, P. G; SILVA, S. G; SILVA, M. B; SANTOS, G. A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma toposequência no estado do Rio de Janeiro. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.133 - 143. 2000.

CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; BODDEY, R. M. Nitrogen fixing-legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, n. 31, p. 139-149, 2010.

CHAZON, L. R. Beyond deforestation: restoring Forest and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, p. 1458-1460, 2008.

CRONEMBERGER, F. M.; VICENS, R. S.; BASTOS, J. S.; FEVRIER, P. V. R.; BARROSO, G. M. Mapeamento bioclimático do Estado do Rio de Janeiro. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR. **Anais... INPE**, 2011, p. 5745-5752.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO SUL (FEPAM). **Base dos estudos de fauna, flora e recursos hídricos**. Porto Alegre, 2008. v. 3, 101 p. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/zoneam_silvic.asp>. Acesso em: 15 agosto 2012.

GARCIA-ORTH, X.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Seed dynamics of early and late successional tree species in tropical abandoned pastures: seed burial as a way of evading predation. **Restoration Ecology**, v. 16, n.3, p. 435-443, 2008.

GONÇALVES, J. K. M.; NOGUERIA, Jr. L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Butucatu: FEPAF, 2008. p. 113-166.

HERRERA-PERAZA, R. A.; FURRAZOLA, E. Influencia das taxas de renovação da necromassa no funcionamento da exuberância ou austero de fungos micorrízicos arbusculares em floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**.

Butucatu: FEPAF, 2008. p. 165-185.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra**. Ciudad del Méjico: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, v. I, 1992. p. 352.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, v. I, 1998. p. 263.

MCLAIN, C. D.; HOLL, K. D.; WOOD, D. M. Successional models as guides for restoration of riparian forest understory. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 2, p. 280-289, 2011.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; CALEGARI, L. Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais no Brasil**. Viçosa: Ed. UFV, 2009, p. 19-51.

MIDDLETON, E. L.; BEVER, J. D.; SCHULTZ, P. A. The effect of restoration methods on the quality of the restoration and resistance to invasion by exotics. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 2, p. 181-187, 2010.

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

PARKER, V. T. The scale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, v.5, n.4, p 301-306, 1997.

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

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Butucatu: FEPAF, 2008. p. 78-110.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E.; VIDAL, C. Y.; BRANCALION, P. H. S. Large-scale restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 1605-1613, 2011.

RUIZ-JAÉN, M.C.; AIDEN, M. T. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration successes. **Forest Ecology and Management**, v. 218, p. 159-173, 2005.

SALAMENE, S; FRANCELINO, M. R.; VALCARCEL, R.L.; LANI, J. L.; SÁ, M. M. F. Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do Rio Guandu/RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 2, p. 221-231, 2011.

SANSEVERO, J. B. B.; PRIETO, P. V.; MORAES, L. F. D.; RODRIGUES, P. J. F. P. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. **Restoration Ecology**, v. 19, n. 3, p. 379-389, 2011.

SEASTEDT, T. R.; HOBBS, R; SUDING, K. Management of novel ecosystems: are novel approaches required?. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, p. 547-553, 2008.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R. **BHBRASIL: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ, 1998. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/nurma.html>>. Acesso em: 15 agosto 2012.

SILVA, K. E.; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C. A. A. S. Padrões espaciais de espécies arbóreas florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais no Brasil**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. p. 216-244.

SOUZA, L. C. **Efeito do espaçamento no estabelecimento de matas ciliares**. 2002, 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.

SUDING, K. N. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. n. 42, p.465-487, 2011.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. C. **The water balance**. Centeron: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO, EM POVOAMENTOS MISTOS

RESUMO

Este trabalho visou avaliar o efeito do espaçamento de plantio sobre o crescimento de espécies florestais nativas da flora brasileira, ao longo de seis anos, num plantio de restauração florestal em área de mata ciliar, em Seropédica, RJ. As espécies estudadas, em um povoamento misto, foram *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan (Angico-vermelho), *Chorisia speciosa* St. Hill (Paineira), *Cordia sp* (Babosa), *Inga marginata* Wild. (Ingá), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-pimenteira) e *Schizolobium parahyba* (Guapuruvu). Os tratamentos consistiram-se dos seguintes espaçamentos 1 m x 1 m; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m; 3 m x 2 m. As características avaliadas foram altura total (m) e diâmetro ao nível do solo (DNS) e a área de copa, visando comparar o crescimento das plantas, aos três e seis anos de idade. O efeito do espaçamento de plantio foi superior para a característica diâmetro ao nível do solo para todas as espécies, em comparação à altura. O comportamento das espécies nas três características foram diferentes, aos três e seis anos, onde em geral, o espaçamento 1 m x 1m forneceu menores valores.

Palavras-chaves: restauração florestal, mata ciliar, controle plantas daninhas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of planting spacing on the growth of native forest species from Brazilian flora, over six years, in a forest restoration planting in a riparian area in the city of Seropédica (RJ). The species studied, in a mixed settlement, were *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan, *Chorisia speciosa* St. Hill, *Cordia* sp, *Inga marginata* Wild., *Schinus terebinthifolius* Raddi and *Schizolobium parahyba*. The following spacings were applied 1 m x 1 m; 1.5 m x 1.5 m; 2 m x 2 m; 3 m x 2 m. The variables evaluated were total height (m) and diameter at ground level (DGL), in order to and canopy area, those were used to compare average growth in two periods, the third and sixth year after plantation. The effect of spacing was higher in the variable DGL in all plants, than the effect on height. The species behavior in all characteristics were different, at three and six years old, where, 1 m x 1 m spacing provided smaller values.

Keywords: forest restoration, riparian forest, weed control.

1 INTRODUÇÃO

A região da Baixada Fluminense apresenta um potencial agrícola considerado restrito, em virtude de grande parte de suas áreas serem ocupadas pela população urbana e pelos seus serviços. Outras são áreas de pastagens abandonadas, decorrentes principalmente de mudanças nas atividades econômicas da região e do êxodo rural, onde, segundo BAYLÃO, (2010) e SANTOS et al. (2011)) predominam espécies forrageiras da família das Poaceae, principalmente capim-colonião (*Panicum maxicum*) e capim-braquiária (*Brachiaria* sp.). Em sua área de abrangência, a Baixada Fluminense inclui o rio Guandu, que é fonte de abastecimento de água para parte da região metropolitana do Rio de Janeiro. As margens deste rio encontram-se com pouca ou sem vegetação ciliar, comprometendo o serviço ambiental deste rio à manutenção dos recursos hídricos.

Com a crescente conscientização do esgotamento dos recursos naturais e da necessidade de ações para recuperação, além de passivos ambientais de empreendimentos industriais, muitas das áreas de pastagens abandonadas ou de baixa produtividade, teoricamente, são passíveis para implantação de povoamentos visando a restauração florestal.

Segundo NAVE e RODRIGUES (2007), para a obtenção de sucesso na restauração florestal, entre outros aspectos, é importante a escolha de técnicas silviculturais adequadas, como o espaçamento de plantio, além de outras técnicas empregadas durante as etapas de implantação e manutenção dos povoamentos florestais.

O espaçamento e o arranjo espacial de plantio são técnicas silviculturais que interferem na competição por recursos de crescimento entre as plantas. BERNARDINO e GARCIA (2009) mencionam que a competição entre plantas inibe o crescimento dos órgãos laterais, afetando a dominância apical, sendo que os graus de inibição dependem do genótipo (arquitetura da copa, altura, profundidade e forma), do nível de sombreamento, do ambiente (a qualidade da luz, fertilidade do solo, entre outros) e da idade da planta. Diferentes espaçamentos de plantio podem proporcionar condições variáveis de disponibilidade de radiação no estrato herbáceo de uma comunidade florestal (ALMEIDA e MUNDSTOCK, 2001), podendo influenciar o desenvolvimento das espécies e o controle de plantas daninhas em plantios de restauração florestal.

A definição do espaçamento de plantio depende, em grande parte, da qualidade do sítio (relacionadas ao relevo, ao solo, ao clima e ao grau de degradação), do nível de infestação de plantas daninhas, do objetivo do plantio (produção ou restauração) e do recurso financeiro disponível para o projeto. Estudos apontam uma diversidade de espaçamentos de plantio para projetos de restauração florestal, que podem variar, em função dos aspectos mencionados, desde 1 m x 1 m (LISBOA, 2010; NASCIMENTO, 2012) para recobrimento rápido do solo, passando por 4 m x 1,5 m nos casos onde se pretende adotar a mecanização (BONNET et al., 2009).

Na formação de povoamento florestal Anhembi-SP, aos três anos, CAMPOE et al., (2010) sugerem que em áreas degradadas os estresses derivados da luz, calor, nutrição e água podem influenciar o comportamento das espécies em condições de práticas silviculturais tradicionais (níveis altos de estresse) e intensivas (baixo nível de estresse). Estes autores em estudo com 20 espécies nativas (pioneiras e não pioneiras) testaram o efeito de dois espaçamentos de plantio (3 m x 1 m e 3 m x 2 m), adubação e controle de plantas daninhas. Observaram melhores resultados de crescimento no espaçamento 3 m x 2 m, com práticas silviculturais intensivas (adubação e controle de plantas daninhas).

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito do espaçamento de plantio no crescimento de seis espécies florestais nativas da flora brasileira em plantio misto, visando a restauração florestal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A descrição da área de estudo e a implantação e condução da recomposição florestal encontram-se no item Material e Métodos na parte introdutória do trabalho.

2.1 Amostragem

A partir de um censo da vegetação, aos 18 meses, foram identificadas as seis espécies da restauração que apresentaram diâmetro no nível do solo (DNS) superior à média dos indivíduos do povoamento.

Na área de estudo foram identificados e marcados em cada espaçamento (1 m x 1 m; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m e 3 m x 2 m), dez indivíduos das seis espécies: *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan (angico vermelho), *Chorisia speciosa* St. Hill (paineira), *Cordia sp* (babosa), *Inga marginata* Wild. (ingá), *Schinus terebinthifolius Raddi* (aroeira pimenteira) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvu). Como características gerais, estas espécies, apresentam bom crescimento em condições de reflorestamento e boa adaptação às condições de baixada, pertencendo aos primeiros estágios sucessionais (Tabela 1).

Tabela 1. Características taxonômicas e ecológicas de seis espécies florestais, empregadas na área em restauração, UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ

Espécie	Nome comum	Família	Grupo sucessional	Ambiente
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth. Brenan	angico vermelho	Leguminosae- Mimosoidae	PI ¹ , SI ²	Mata de galeria ² Terrenos úmidos
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill	paineira	Malvaceae	SI ² , crescimento intermediário ⁶	Não tolera solo inundado ² . Solos baixa fertilidade ⁸ .
<i>Cordia sp</i>	babosa	Boraginaceae	PI ¹	Terrenos úmidos ou matas ciliares ³
<i>Inga marginata</i> Wild	ingá	Leguminosae - Mimosaceae	SI ^{1,2}	Baixada e encharcados ^{2,5}
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeira pimenteira	Anacardiaceae	PI ² , rápido crescimento ⁶ , SI ⁷	Diversos tipos de solos ²
<i>Schizolobium parahybae</i> Vell. Blake	guapuruvu	Leguminosae - Caesalpinaceae	PI ² , SI ⁷	Sem inundação ² . Baixa fertilidade ⁸ .

Fontes: ¹ LORENZI, 1992; ² CARVALHO, 2003; ³ DURIGAN et al., 2002; ⁴ LORENZI, 2003; ⁵ KAGEYAMA e GANDARA, 2000; ⁶ CAMPOE et al., 2010, reclassificação da espécie para áreas degradadas; ⁷ CAPARNEZZI e CAPARNEZZI (2006); ⁸ LUMBRETERAS et al., 2003. Legenda: PI = pioneira; SI = secundária inicial.

Nos espaçamentos os indivíduos de cada espécie foram localizados e identificados com uma etiqueta numerada. Nestes foram realizadas, anualmente desde os dois anos de idade (2006) até os seis anos de idades (2010) no mês de dezembro, medições de altura (m) e circunferência no nível do solo – CNS (cm), com o uso, respectivamente, de vara graduada e fita métrica. A circunferência no nível do solo (CNS) foi transformada para diâmetro ao nível do solo (DNS) com auxílio da expressão matemática $DNS = CNS / \pi$. Nas avaliações de três e seis anos após o plantio foi realizada a medição da largura da copa (m) nos sentidos longitudinal e transversal à linha de plantio. As medidas longitudinal (D) e transversal (d) da largura da copa, foram aplicadas a equação matemática $AC = (D \cdot d \cdot \pi) / 4$ para o cálculo da área da copa (m²).

2.2 Análise dos dados

Para cada espécie foi calculada a média em altura e DNS das dez repetições em cada um dos quatro espaçamentos e produzidos gráficos mostrando o comportamento do crescimento ao longo dos anos pós-plantio.

A análise do experimento foi realizada considerando o delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos (espaçamentos de plantio) e dez repetições, referentes a cada uma das seis espécies. Visando atender as condições prévias da análise de variância, foi testada a normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos tratamentos, transformando os dados da variável área de copa, nas duas idades, em raiz quadrada. Quando foram verificadas diferenças significativas, as médias foram comparadas através do Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Na análise estatística foi utilizado o software SAEG- Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Para as variáveis altura e DNS foram elaborados gráficos, visando melhor interpretação do crescimento das plantas ao longo do tempo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo (DNS)

De maneira geral, até a idade de seis anos (Figuras 1 e 2), nos espaçamentos 3 x 2 m e 2 x 2 m não houve estagnação do crescimento em altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) com a idade das plantas das seis espécies, indicando que estas ainda continuam investindo no crescimento. No espaçamento 1 x 1 m (mais adensado) a partir do 4º ano está tendendo a ocorrer estabilizando do crescimento, indicando competição por recursos de crescimento entre as plantas.

As plantas que apresentaram maior altura média foram as de guapuruvu, espécie que apresenta hábito de crescimento monopodial, seguidas pelas de babosa, paineira e angico com valores médios, nos espaçamentos mais amplos, superiores a 6 metros, na ocasião da última medição. Os indivíduos de aroeira e ingá apresentaram tendência de menor crescimento em altura. A aroeira é considerada espécie pioneira, tem hábito de crescimento simpodial (CARVALHO, 2003) e, com isso, não apresenta crescimento vertical definido.

Resultados similares foram encontrados em RENNERT et al. (2010) após estudar 193 áreas com 79 espécies nativas, entre 12 e 36 meses, em diferentes locais no Estado do Paraná. Os autores verificaram que angico e guapuruvu estavam entre as espécies que mais se destacaram no crescimento em altura. Para OLIVEIRA (2010), em Bom Jardim, estado do Rio de Janeiro, as plantas de paineira e o guapuruvu foram às espécies com maior valor médio de incremento em altura, na idade de 18 meses.

Quanto ao efeito do espaçamento sobre a altura média dos indivíduos, observa-se que para a paineira, a babosa e o ingá, as curvas mostram tendência similar de crescimento, podendo sugerir que o crescimento em altura foi pouco afetado pelo espaçamento. As duas primeiras espécies, em compensação, investiram em crescimento no diâmetro ao nível do solo em todos os espaçamentos, comportamento que não foi observado para o ingá, que provavelmente investiu energia no crescimento da copa.

Em relação aos valores médios de DNS, ao longo do tempo, constata-se através das Figuras 1 e 2, um efeito nítido dos espaçamentos de plantio, com aumento das médias acompanhando a idade, com exceção do ingá.

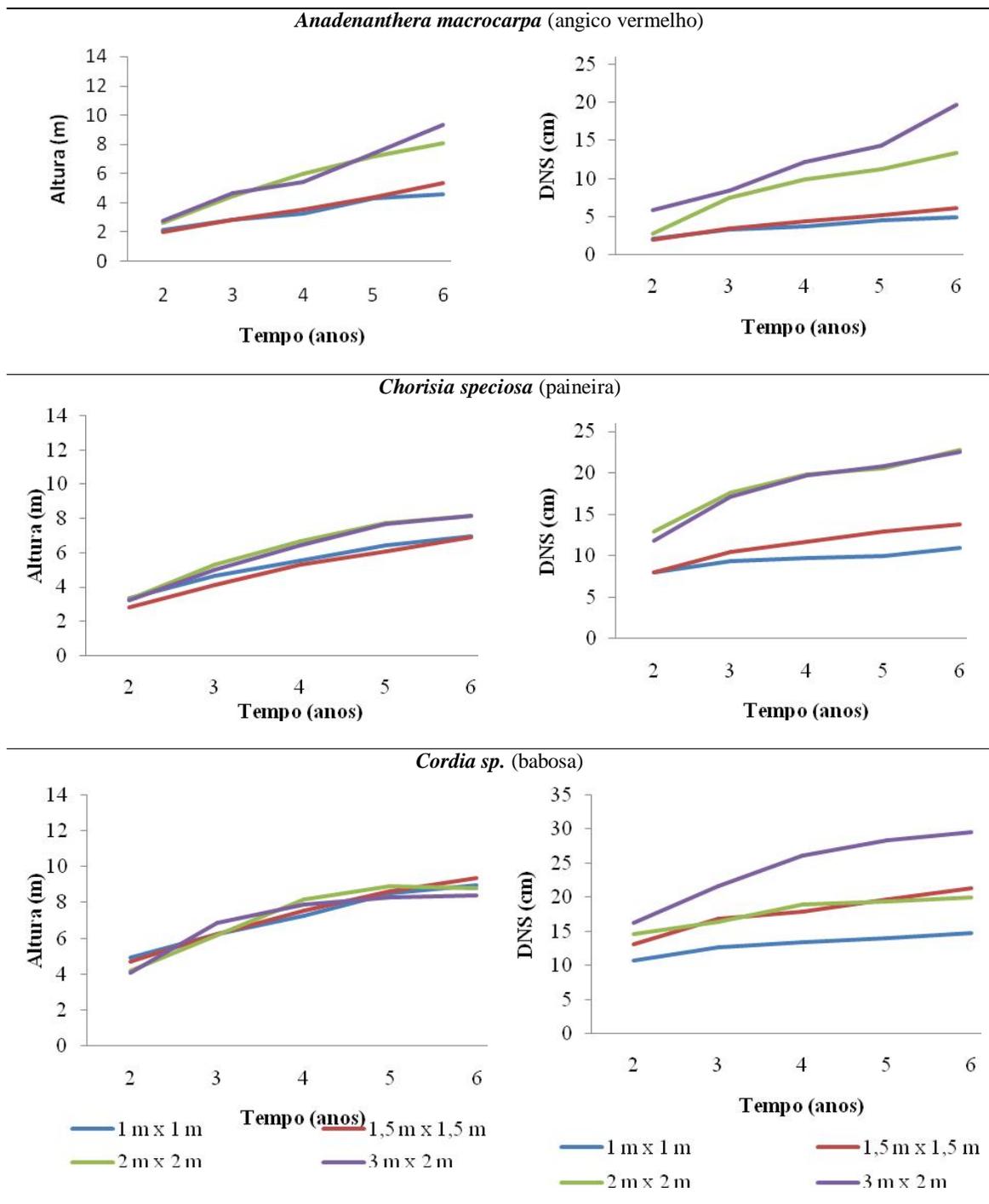


Figura 1. Altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), *Chorisia speciosa* (paineira), *Cordia sp.*(babosa), ao longo do tempo, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.

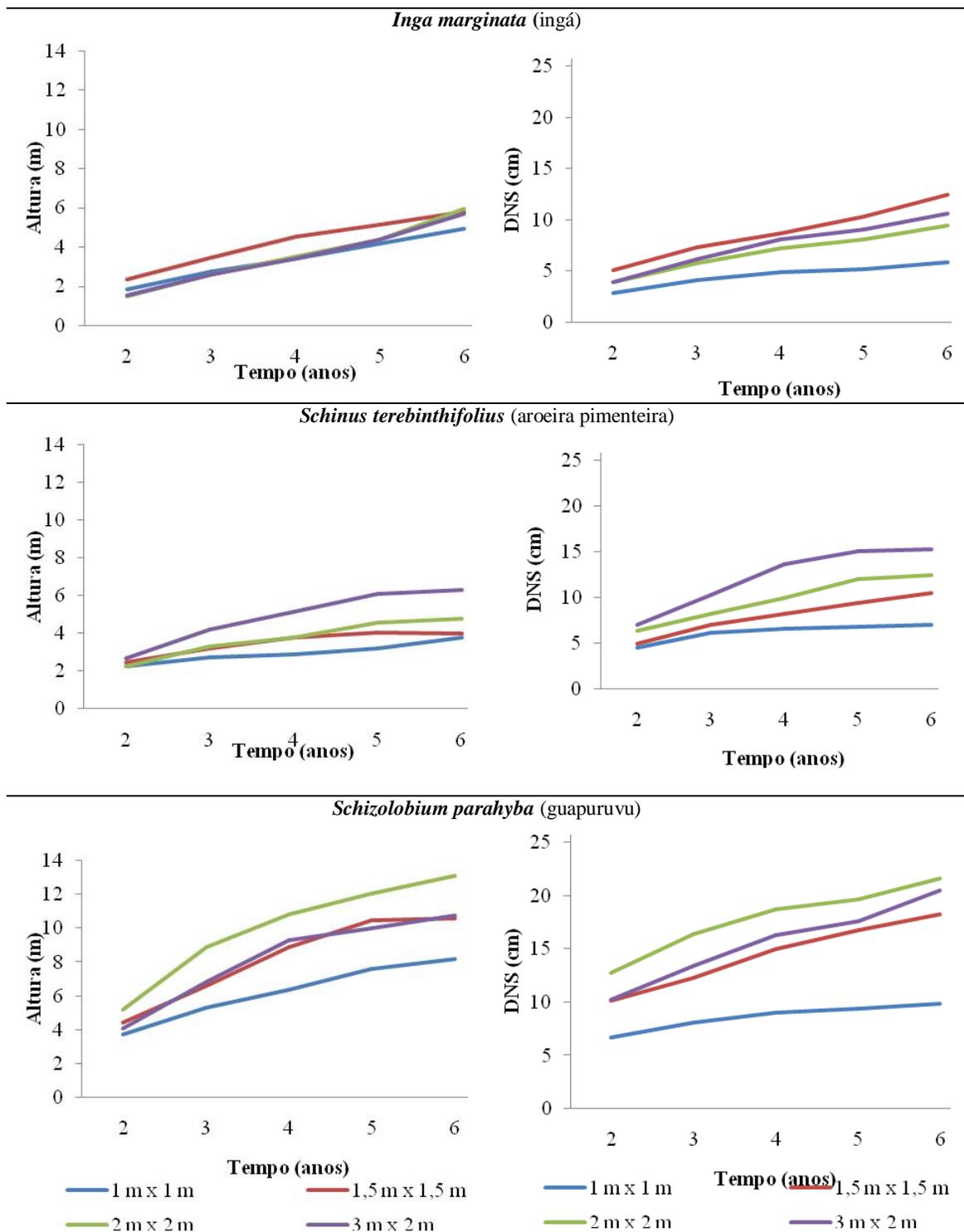


Figura 2. Altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de plantas de *Inga marginata*. (ingá), *Schinus terebinthifolius* (aroeira pimenteira) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvu), ao longo do tempo, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ.

O DNS está relacionado com o diâmetro ao nível do peito (DAP) e consequentemente com a área basal e a cobertura do solo, aspecto este importante para os objetivos da restauração florestal. SCOLFORO e FIGUEIREDO FILHO (1993) comentam que, de maneira geral, há uma relação aproximada de redução de 2 cm de diâmetro para cada metro de acréscimo na altura das árvores.

Nas Figuras 1 e 2 observa-se também que as diferenças de DNS entre as idades extremas tendem a serem superiores ao longo do período para todas as espécies, sendo apenas menores para o ingá. O ingá é uma espécie que apresenta copa ampla e arredondada, com ramificação simpodial, perdendo o eixo principal após as ramificações (CARVALHO, 2003).

O ingá foi considerado como uma das espécies edificadora da vegetação (criadora de microclima em seu entorno, permitindo a chegada de outras formas de vegetação) por COSTA et al. (2010), estudando a espécie em uma revegetação com oito anos de idade. Estes autores verificaram elevados ganhos e taxas de crescimento líquido em área basal, mostrando alta adaptação ambiental, evidenciando a importância da espécie para a restauração florestal.

Os DNS médios dos indivíduos de babosa, aroeira, paineira e guapuruvu apresentaram nas idades extremas, aos dois e seis anos, diferenças superiores a 10 cm, mostrando o efeito do espaçamento no crescimento desta característica com a idade. No caso do guapuruvu, em trabalho de CALLADO e GUIMARÃES (2010), os autores mencionam que a precipitação anual, aliada à sua distribuição, é um dos aspectos ambientais que favoreceram o crescimento desta espécie na Ilha Grande (RJ). Como a região da Baixada Fluminense no período em estudo não apresentou estação seca bem definida, nos espaçamentos mais amplos provavelmente não ocorreu competição por água entre as plantas florestais, e com isso favoreceu o crescimento do guapuruvu.

SANTANA et al. (2009) verificaram que a paineira, em áreas de revegetação de mata de galeria, com espaçamentos 3 m x 3 m e 3 m x 6 m, foi uma das espécies que apresentou maior crescimento diamétrico até os 13 meses após o plantio, apesar do pequeno incremento em altura, sendo este atributo considerado como uma característica fundamental para o estabelecimento da espécie, por refletir o acúmulo de reservas, de maneira a assegurar resistência e fixação no solo. SOUZA (2004) em plantios puros de *Zhyera tuberculosa* (ipê felpudo), no Espírito Santo, observou também que espaçamentos menos densos promovem maiores crescimento em diâmetro.

O efeito do maior espaçamento (3 x 2 m) se destaca, mesmo o espaçamento 2 x 2 m apresentando resultados com bom crescimento, com exceção para o ingá. Para estas seis espécies, neste local e período estudado, a influência do espaçamento tende a ser maior para o DNS que para a altura, independentemente do grupo sucessional ao qual a espécie pertence.

3.2 Crescimento aos três e seis anos em altura, DNS e área de copa

As análises de variância aos três e seis anos de idade (Anexo A) mostraram que paineira, babosa branca e ingá, não apresentaram valores significativamente diferentes em altura, assim como a aroeira pimenteira em DNS, em função dos espaçamentos. A característica área de copa apresentou valores significativos entre os espaçamentos com elevados coeficientes de variação, na maioria das espécies.

Com base nas informações da Tabela 2, constata-se que as plantas de angico vermelho do espaçamento 3 x 2 m e 2 x 2 m, em geral, apresentaram médias significativamente superiores, nas três características estudadas. As médias das plantas de paineira, babosa e ingá apresentaram diferenças para DNS, nas duas épocas de avaliação, sendo no espaçamento 1 m x 1 m onde, em geral, foram observadas as menores médias.

Tabela 2. Médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa nos diferentes espaçamentos de plantio, aos 3 e 6 anos, de seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espaçamento	Altura (m)		DNS (cm)		Área de copa (m ² planta ⁻¹)	
	3º ano	6º ano	3º ano	6º ano	3º ano	6º ano
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho)						
3 m x 2 m	4,72 a	9,37 a	8,24 a	19,74 a	13,97 a	34,56 a
2 m x 2 m	4,39 ab	8,10 ab	7,32 ab	13,32 ab	10,58 ab	18,91 ab
1,5 m x 1,5 m	2,92 b	5,37 b	3,37 b	6,16 b	4,31 ab	10,95 ab
1 m x 1 m	3,21 ab	5,05 b	3,74 b	4,97 b	3,71 b	7,70 b
<i>Chorisia speciosa</i> (paineira)						
3 m x 2 m	5,00 a	8,18 a	16,87 a	22,60 a	13,26 a	14,05 a
2 m x 2 m	5,31 a	8,15 a	17,65 a	22,73 a	10,10 ab	9,58 a
1,5 m x 1,5 m	4,12 a	6,92 a	11,14 b	14,36 b	5,33 b	10,36 a
1 m x 1 m	4,64 a	6,96 a	9,21 b	10,98 b	4,54 b	6,85 a
<i>Cordia sp.</i> (babosa)						
3 m x 2 m	6,84 a	8,42 a	21,66 a	29,50 a	24,35 a	40,85 a
2 m x 2 m	6,20 a	8,77 a	19,52 a	22,16 ab	18,57 ab	21,29 a
1,5 m x 1,5 m	6,23 a	9,34 a	16,85 ab	21,31 ab	18,04 ab	31,24 a
1 m x 1 m	6,22 a	8,98 a	12,57 b	14,67 b	11,87 b	26,53 a
<i>Inga marginata</i> (inga)						
3 m x 2 m	2,59 a	5,68 a	7,29 ab	10,60 a	4,82 a	12,95 a
2 m x 2 m	2,59 a	5,95 a	6,16 ab	9,49 a	4,18 a	8,68 ab
1,5 m x 1,5 m	3,45 a	5,79 a	5,75 a	12,48 a	6,06 a	9,94 ab
1 m x 1 m	2,76 a	4,93 a	4,09 b	5,83 b	4,93 a	6,36 b
<i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira pimenteira)						
3 m x 2 m	4,50 a	6,30 a	10,20 a	13,20 a	10,40 a	12,20 a
2 m x 2 m	3,40 ab	4,80 a	8,20 a	12,50 a	6,40 ab	17,10 a
1,5 m x 1,5 m	3,50 ab	4,10 a	7,00 a	10,40 a	3,90 b	8,40 a
1 m x 1 m	2,50 b	3,80 a	6,10 a	6,90 a	1,90 b	3,70 a
<i>Schizolobium parahyba</i> (guapuruvu)						
3 m x 2 m	7,35 ab	15,50 ab	14,26 ab	21,80 a	8,59 a	12,57 ab
2 m x 2 m	8,66 a	13,11 a	16,25 a	21,62 a	8,00 a	18,56 a
1,5 m x 1,5 m	6,48 b	10,38 ab	12,17 b	17,96 a	5,71 a	9,68 b
1 m x 1 m	5,14 b	8,00 b	7,62 c	9,3 b	4,92 a	7,91 b

Para todas as espécies, médias seguidas de mesma letra, na coluna e no ano por espécie, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pelos valores apresentados na Tabela 2, é possível inferir que o crescimento aos três anos, que normalmente correspondem ao término da fase inicial de crescimento em povoamentos em restauração florestal (ISERNHAGEN et al., 2009), foram superiores aos valores encontrados na literatura, provavelmente devido às melhores condições edafoclimáticas da área onde foi realizado o presente estudo, principalmente devido a ausência de período seco prolongado e temperaturas médias superiores a 23°C. IANELLI-SERVIN (2007) em estudos com paineira, em plantio misto, em área de pastagem degradada, em Anhembi-SP, no espaçamento 3 x 2 m, aos dois anos e meio, verificou que esta espécie apresentou altura média de 0,68 m em altura, bem inferior aos encontrados no presente estudo. GORESTEIN et al. (2006), numa revegetação de mata ciliar com espécies nativas em Graça-SP, no mesmo espaçamento e idade, encontraram valores médios de altura para paineira, iguais a 2,0 m; 9,9 cm de DNS e 2,9 m² de área de copa.

A aroeira pimenteira apresentou menor altura e área de copa, aos três anos no espaçamento 1 m x 1 m, mas sem diferença significativa aos seis anos. Para esta espécie, IANELLI-SERVIN (2007) no espaçamento 2 m x 2 m encontrou uma altura de 1,95 m, inferior aos dados encontrados neste estudo. O rápido crescimento da copa de espécies, entre elas da aroeira pimenteira, pode auxiliar no controle da população de espécies herbáceas

invasoras e facilitar o estabelecimento do processo de sucessão, conforme verificado por MORAES et al. (2006), em estudo do crescimento de espécies nativas, em Silva Jardim-RJ, plantadas no espaçamento 2 m x 2 m, durante 3 anos, em área de baixada.

As plantas de guapuruvu apresentaram, em média, um comportamento inferior nas três características no espaçamento 1 m x 1 m, efeito este que se mantém aos seis anos. Observações de campo realizadas por OLIVEIRA (2010), em área declivosa em Bom Jardim -RJ, e TORRES (2011) em área de baixada, em Cachoeira de Macacu - RJ, mencionam que esta espécie perde as folhas no período de junho a setembro, contribuindo para uma baixa cobertura de copa em algumas épocas.

Para área de copa, apesar dos elevados coeficientes de variação, parece existir uma tendência de que o efeito do espaçamento foi maior aos três anos, com valores superiores nos espaçamentos 3 m x 2 m e 2 m x 2 m. A copa da árvore é responsável pela captação de luz do sol, que é transformada em energia química pela fotossíntese, conseqüentemente as variáveis como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão diretamente relacionados com o crescimento e produção da árvore, e estas variáveis são modificadas pela concorrência (NUTTO, 2001) e conseqüentemente com o espaçamento entre as plantas. TONINI e ARCOVERDE (2005) relacionam diâmetro de copa e diâmetro à altura do peito elevado ao quadrado como um índice de espaço vital, adequado para o crescimento de espécies sem concorrência em espécies nativas da Amazônia, como andiroba, castanheira do Brasil, ipê-roxo e jatobá. Estes autores afirmam que existem relações significativas dos índices morfométricos com o diâmetro e a altura.

BUFO (2008), testando modelos combinando três diferentes distribuições de espécies, dois espaçamentos (3 x 2 e 3 x 3 m) e duas composições de espécies, observou que a menor eficiência de cobertura de copa, aos três anos, aconteceu no maior espaçamento, assim como neste estudo.

4 CONCLUSÕES

Os espaçamentos 2 x 2 m e 3 x 2 m foram que proporcionaram o maior crescimento das até a idade de 6 anos após o plantio.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p. 401-408, 2001.

BAYLÃO, H. F. **Espécies com vocação para facilitar processos de restauração espontânea de ecossistemas perturbados na vertente atlântica da Serra do Mar, Pirai-RJ**. 2010, 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais)- Instituto de Florestal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas silvipastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, 2009.

BONNET, A.; CURCIO, G. R.; RESENDE, A. S.; BAGGIO, A. Vegetação nos compartimentos geopedológicos. In: BONNET, A.; RESENDE, A. S.; CURCIO, G. R. (Org.). **Manual de plantio de espécies nativas para o corredor ecológico do Comperj**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia; Colombo: Embrapa Florestas; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 170 p.

BUFO, L. V. B. **Restauração florestal e estoque de carbono em modelos de implantação de mudas sob diferentes combinações de espécies e espaçamento**. 2008. 87f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2008.

CALLADO, C. H.; GUIMARÃES, R. C. Tree-ring study of *Schizolobium parahyba* (Leguminosae-Caesalpinideae) after a mortality episode in Ilha Grande, Rio de Janeiro State. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 84-91, 2010.

CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; MENDES, J. C. T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forest?. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1808-1814, 2010.

CAPERNEZZI, A. A.; CAPERNEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná: em solos degradados**. Colombo, Embrapa Florestas, 2006 (Documentos/Embrapa Florestas, 136). 54p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v. I e II, 2003. 1039 p.

COSTA, M. P.; NAPPO, M. E.; CACADOR, F. R. D.; BARROS, H. H. D. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na Bacia do Rio Itapemirim-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 834-851, 2010.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2 ed. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2002. 65 p.

GORESTEIN, M. R.; BORGES, P. C. A.; POLETTO, R. S. Comportamento silvicultural de 6 espécies nativas na revegetação da mata ciliar do córrego Barreiro em Garça-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, FAEF, ano IV, n. 7, p. 1-12, 2006.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação das Áreas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000. p. 249-269.

IANELLI-SERVIN, C. M. I. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. 94f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, SP, 2007.

ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S. Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlantica, 2009. p. 91-131.

LELES, P. S. S.; ABAURRE, G. W.; ALONSO, J. M.; NASCIMENTO, D. F.; LISBOA, A. C. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição

florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 231-239, 2011.

LISBOA, A. C. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio**. 2010, 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais e florestais). Instituto de Floresta. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ª Ed, Nova Odessa: Editora Plantarum, v. III, 2003. p. 368.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, v. I, 1992. p. 352.

LUMBRERAS, J. F.; NAIME, J. U.; CARVALHO FILHO, A.; WITTERN, K. P.; et al. Domínios geoambientais, unidades de proteção ambiental e unidades agroecológicas. In: Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro-Ano 2003. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 113p.

MORAES L. F. D.; ASUMPCÃO, J. M.; LUCHIARI, C.; PEREIRA, T. S. Plantio de espécies arbóreas nativas para a restauração ecológica na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 477-489, 2006.

NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S.N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 159-165, 2012.

NAVE, A.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUESM R. R.; MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. **High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil**. New York: Science Publications, 2007. p. 103-126.

NUTTO, L. Manejo do crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, Cascavel, v. 11, p. 9-25, 2001.

OLIVEIRA, N. S. **Influência do manejo de *Brachiaria* spp. sobre o crescimento inicial de espécies florestais**. 2010. 21p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, n.40, p.755-762, 2010.

RENNER, R. M.; BITTENCOURT, S. M.; OLIVEIRA, E. B.; RADOMSKI, M. I. **Comportamento de espécies florestais plantadas pelo Programa Mata Ciliar no Estado do Paraná**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2010. 36 p. (Embrapa Florestas, Documentos 196).

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

SANTANA, D. G.; LIMA, J. A.; NAPPO, M. E. Crescimento inicial de espécies na revegetação da mata de galeria na fazenda Mandaguari, em Indianópolis, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 685-694, 2009.

SANTOS, J. F. D.; ROPPA, C.; OLIVEIRA, S. S. H.; VALCARCEL, R. Horizontal structure and floristic composition of the shrubby-arboreal strata in forest planted to rehabilitate a degraded area of the Brazilian Atlantic Forest, Rio de Janeiro. **Ciencia y investigación agraria**, Santiago de Chile, v. 38, n. 1, p. 96-106, 2011.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Volumetria**. Lavras: ESALQ/FAEPE, 1993. 126 p.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F.R. BHBRAZIL: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras. Piracicaba: ESALQ, 1998. Disponível em: <http://www.lce>. Acessado em: 01 agosto 2012.

SOUZA, C. C. **Modelo de crescimento, com variáveis ambientais, para ipê felpudo em diferentes espaçamentos**. 2004. 96f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2004.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

TORRES, A. V. **Crescimento de espécies florestais usadas em recomposição de mata ciliar, no município de Cachoeiras de Macacu**, RJ. 2011. 32 f. Monografia (Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

ANEXO A

Tabela A1. Análise de variância das médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa, aos três anos, das espécies nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		Altura	Diâmetro no nível do solo	Área de copa
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho)				
Espaçamento	3	6,26*	49,92*	204,92*
Resíduo	29	1,69	12,57	56,82
Coeficiente de variação (%)		33,48	60,46	88,58
<i>Chorisia speciosa</i> (paineira)				
Espaçamento	3	1,56 ^{n.s.}	161,87*	153,53*
Resíduo	33	0,81	12,91	22,73
Coeficiente de variação (%)		18,59	25,99	57,04
<i>Cordia</i> sp (babosa Branca)				
Espaçamento	3	0,81 ^{n.s.}	146,44*	247,11*
Resíduo	33	1,48	27,71	48,95
Coeficiente de variação (%)		19,00	20,05	38,798
<i>Inga marginata</i> . (ingá)				
Espaçamento	3	1,67 ^{n.s.}	17,57*	10,94 ^{n.s.}
Resíduo	36	0,41	3,25	5,02
Coeficiente de variação (%)		22,54	30,99	47,93
<i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira pimenteira)				
Espaçamento	3	1,72*	3,08 ^{n.s.}	32,72*
Resíduo	28	0,22	14,12	9,42
Coeficiente de variação (%)		11,99	35,82	35,68
<i>Schizolobium parahybae</i> (guapuruvu)				
Espaçamento	3	19,35*	118,82*	29,88 ^{n.s.}
Resíduo	27	3,42	6,71	16,58
Coeficiente de variação (%)		26,97	20,94	62,65

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

Tabela A2. Análise de variância das médias em altura, diâmetro ao nível do solo (DNS) e área de copa, aos 6 anos, das seis espécies, nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de reflorestamento da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio		
		Altura	Diâmetro ao nível do solo	Área de copa
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (angico vermelho)				
Espaçamento	3	36,58*	393,66*	1217,40*
Resíduo	29	6,32	69,95	290,97
Coeficiente de variação (%)		35,27	72,57	90,87
<i>Chorisia speciosa</i> (paineira)				
Espaçam	3	3,19 ^{n.s.}	325,03*	82,50 ^{n.s.}
Resíduo	33	3,10	34,18	45,33
Coeficiente de variação (%)		22,87	32,84	64,57
<i>Cordia</i> sp (babosa branca)				
Espaçam	3	1,81 ^{n.s.}	348,08*	516,18 ^{n.s.}
Resíduo	33	2,37	47,69	229,89
Coeficiente de variação (%)		17,28	31,81	49,78
<i>Inga marginata</i> (ingá)				
Espaçamento	3	2,03 ^{n.s.}	78,43*	75,73*

Resíduo	36	1,53	10,82	(Continua)
Coefficiente de variação (%)		22,16	34,27	40,20
<i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira pimenteira)				
Espaçamento	3	2,70 ^{n.s.}	2,38 ^{n.s.}	52,13 ^{n.s.}
Resíduo	28	1,04	2,58	33,55
Coefficiente de variação (%)		18,65	12,65	51,03
<i>Schizolobium parahybae</i> (guapuruvu)				
Espaçamento	3	39,25*	282,37*	193,97*
Resíduo	27	6,81	13,68	41,77
Coefficiente de variação (%)		24,85	21,59	52,93

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

CAPÍTULO II

APORTE DE SERAPILHEIRA E DE NUTRIENTES EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL COM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a deposição de serapilheira ao longo de dois anos, o aporte de serapilheira em época seca e chuvosa e a qualidade nutricional da serapilheira, em função do espaçamento de plantio visando à restauração florestal. O trabalho foi desenvolvido de janeiro de 2008 a dezembro de 2010, quando o plantio apresentava de quatro a seis anos de idade, em Seropédica, RJ. Os espaçamentos de plantio 1 m x 1 m; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m e 3 m x 2 m, constituem as unidades amostrais dos tratamentos. Foram instalados nove coletores em cada espaçamento para avaliação do aporte, sendo as coletas realizadas mensalmente. No espaçamento 1 m x 1 m foi observada a maior deposição de serapilheira, não havendo diferenças entre as unidades dos demais espaçamentos. A fração folha mostrou, em todos os espaçamentos, maior aporte de serapilheira (77%). Maiores valores de aporte de serapilheira e da fração folha foram observados na época da seca (março a setembro) no espaçamento 1 m x 1 m, sendo o valor médio aportado no intervalo de dois anos, igual a 7,48 Mg. ha⁻¹.ano⁻¹. No material aportado na época da seca, após quatro anos de plantio, verificaram-se os maiores teores de nutrientes N, K e Mg, sendo esse padrão pouco influenciado pelo espaçamento. O maior conteúdo de nutrientes foi observado no espaçamento 1 m x 1 m. Em geral, constatou-se a seguinte ordem quanto o conteúdo de nutrientes da serapilheira N > Ca > K > Mg > P.

Palavras chaves: Nutrição florestal, ciclagem de nutrientes, material decíduo.

ABSTRACT

The goals of this work were to evaluate planting spacing effects on litter, the deposition over two years, the amount of litter by season and the nutritional quality of the litter, in a forest restoration. The work was developed between January 2008 and December 2010, when planting featured four to six years of age, in Seropédica city, Rio de Janeiro state. The spacing tested were 1 m x 1 m; 1,5 m x 1,5 m; 2 m x 2 m e 3 m x 2 m. Nine collectors have been installed in each spacing and monthly collected. In 1 m x 1 m spacing was observed the largest litter deposition, and no differences between the units of the other spacing. The fraction leaves showed in all spacing greater supply (77%). Upper litter intakes and leaf fraction were observed in the dry season (March to September) in the 1 m x 1 m spacing, being the average value contributed of litter, in the range of two years, equal to $7.48 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$. The material contributed in the dry season, after four years of planting, showed that the amount of macronutrients ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) N, K and Mg were little influenced by the spacing. The highest nutrient content was observed in 1 m x 1 m spacing. In General, it was found the following order as the nutrient content of litter, $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$.

Keywords: Forest nutrition, nutrient cycling, deciduous material.

1 INTRODUÇÃO

As florestas nas regiões tropicais, normalmente, apresentam maior quantidade de queda de material vegetal em períodos secos, como estratégia para minimizar os efeitos da menor disponibilidade de água. Segundo LARCHER (2000) e BARBOSA e FARIA (2006), com uma menor quantidade de folhas, diminui-se a taxa de transpiração e conseqüentemente a perda de água, sendo a senescência parte integrante do ciclo de vida da planta (WHATLEY & WHATLEY, 1982). Em muitas plantas, o processo de abscisão é precedido por mudanças estruturais e químicas próximas à base do pecíolo (KENBAUY, 2004), quando até 60% da proteína da folha e de bioelementos importantes no processo de crescimento e de desenvolvimento podem ser retranslocados para os centros de atração, como partes jovens da porção aérea, frutos e sementes (LARCHER, 2000). Em florestas neotropicais na Guiana Francesa, HÄTTENSCHWILER et al. (2008) observaram que o teor de N das folhas verdes das copas das árvores em relação a serapilheira acumulada no solo diminui em 30% e para P em 65%.

A produção de serapilheira e a devolução de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico de nutrientes (fluxo no sistema solo-planta-solo). Esse ciclo, juntamente com o bioquímico (circulação de nutrientes no interior da planta), permite que as árvores possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, reciclando os nutrientes, sendo relevantes principalmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (SCHUMACHER et al., 2003; GOMES et al., 2010).

A quantidade de serapilheira e o conteúdo de nutrientes que são aportados ao solo pelos povoamentos não refletem na sua capacidade produtiva e no seu potencial em ajudar a restauração florestal (MARTINS, 2007; COSTA et al., 2004; BARBOSA e FARIA, 2006), assim como gerar uma aproximação da liberação dos nutrientes por parte da vegetação (REIS, 2006), considerando que existem perdas por lixiviação, erosão e volatilização. Além disso, permitem realizar comparações no nível de ciclagem de nutrientes com outras comunidades florestais em condições ambientais similares (SCHUMACHER et al., 2003).

Os fatores mais importantes que afetam a quantidade de serapilheira produzida estão relacionados com aspectos ambientais, com as características das espécies e o tipo de técnicas silviculturais empregadas, como densidade de plantio (CORREIA e ANDRADE, 2008). Os aspectos ambientais com maior influência, para estes autores, são a variação climática, sobretudo a precipitação (quantidade e distribuição) nos trópicos e a temperatura, junto com a classe de solo, pois determinam a disponibilidade de nutrientes e água.

A escolha inicial de espécies florestais para a formação de povoamentos pode refletir-se na sazonalidade, na quantidade e na qualidade da serapilheira produzida, alterando a médio e longo prazo as características químicas do solo (CUNHA NETO, 2010; SOUZA, 2012) e a cadeia alimentar resultante de sua decomposição (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000). Em termos de composição, o povoamento misto foi considerado por GAMA-RODRIGUES et al. (2008) na região sudoeste da Bahia, aos 22 anos após o plantio, o mais adequado para a restauração florestal, comparativamente a plantios puros. Os solos apresentaram capacidade diferenciada em acumular matéria orgânica e nutrientes, sendo P o nutriente com maior contribuição na ciclagem e balanço de nutrientes, entre os dois tipos de povoamentos. Normalmente, as espécies pioneiras, segundo BENVENUTTI-FERREIRA et al. (2009), acumulam maior quantidade de serapilheira que as secundárias. Também é importante a presença de espécies com aportes complementares de serapilheira visando manter-se um estoque regular de deposição ao longo do ano, conforme salientam HÜLLER et al. (2009) num plantio com predominância de *Schinus terebinthifolius* (aroeira pimenteira) e JARAMILLO-BOTERO et al. (2008), de *Schizolobium parayba* (guapuruvu).

O espaçamento entre plantas afeta a quantidade e a distribuição vertical e horizontal do material formador de serapilheira (MACHADO et al., 2008). Os sistemas adensados, empregam alta densidade de plantas, e normalmente alta diversidade de espécies (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997), ajudando no aporte de nutrientes, em termos de quantidade e de distribuição mais uniforme durante as épocas do ano. Além disso, auxiliam no recobrimento do solo, conseqüentemente na manutenção da umidade, diminuindo o risco de erosão e incêndios na época da seca, principalmente em povoamentos próximos às áreas urbanas.

ARAUJO et al. (2005), em Poço das Antas (RJ), acompanhando áreas em revegetação com três espaçamentos diferentes, adensado (0,5 m x 0,5 m), semi-adensado (1 m x 1 m) e tradicional (2 x 2 m), não observaram influência do espaçamento na deposição de serapilheira, quantificando valores próximos a 10 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, valores superiores aos obtidos em área adjacente de mata primária e inferiores em área de mata secundária (aproximadamente 12 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹).

Por outro lado, LISBOA (2010), avaliando o povoamento do mesmo local deste trabalho, aos quatro anos, observou diferenças na deposição de serapilheira entre 7,0 e 3,1 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente nos espaçamentos extremos, 1 m x 1 m e 3 x 2 m, considerando que espaçamentos mais densos promovem maior desrama natural e derrubada de folhas, e portanto maior aporte de serapilheira, pela menor disponibilidade de radiação solar.

O teor de nutrientes na serapilheira pode variar, para uma mesma espécie, em função do sítio, das características da planta e do próprio elemento dentro do mesmo espaçamento de plantio (SCHUMACHER et al., 2004). READ e LAWRENCE (2003) reportam que em áreas tropicais ocorrem concentrações maiores de N e P na serapilheira na época chuvosa, provavelmente como resultado da translocação desses nutrientes na planta na época da seca. Enquanto MACEDO et al. (2008) relatam que existem diferenças no aporte de serapilheira na época seca e na de chuva. Na época chuvosa são observados maiores estoques de N na serapilheira em decomposição e na época seca de P. Não foram encontradas diferenças das concentrações de Ca + Mg da serapilheira, em função da época de avaliação. Segundo BOERGER et al. (2005), as folhas senescentes tendem a conter maiores concentrações relativas de Ca + Mg em comparação aos teores de N, P e K, nutrientes que são translocados pela planta quando submetida a estresse hídrico.

As hipóteses levantadas para este trabalho foram i) A variação no aporte de serapilheira ao longo do período estudado depende do espaçamento e ii) Existem diferenças no aporte e teor de nutrientes nos diferentes espaçamentos estudados e de acordo com a época aportada.

Os objetivos deste capítulo foram avaliar o aporte de serapilheira ao longo de dois anos, a deposição de serapilheira em época seca e chuvosa e a qualidade nutricional da serapilheira, da época seca em função do espaçamento de plantio, visando à restauração florestal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A descrição da área de estudo e a implantação e condução da recomposição florestal encontra-se no item Material e Métodos, na parte introdutória do trabalho.

2.1 Características climáticas

Pelos dados de precipitação mensal e de temperatura média fornecidos pelo Departamento de Engenharia, do Instituto de Tecnologias da UFRRJ da Estação Meteorológica PESAGRO-RJ e Serviço Integrado de Pesquisa Agrônômica (SIPA) no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2010 (Figura 1), observou-se que a temperatura média apresentou os máximos valores, geralmente, entre dezembro e março, acima de 25 °C

sendo que no período, sempre foram superiores a 19 °C. A precipitação apresenta-se distribuída irregularmente ao longo do ano, com maiores valores de meses de setembro a fevereiro, normalmente superior a 150 mm mensais. O mês mais seco, normalmente, é julho ou agosto, com precipitação inferior a 50 mm, coincidindo com a época das menores temperaturas médias (inferiores a 20° C).

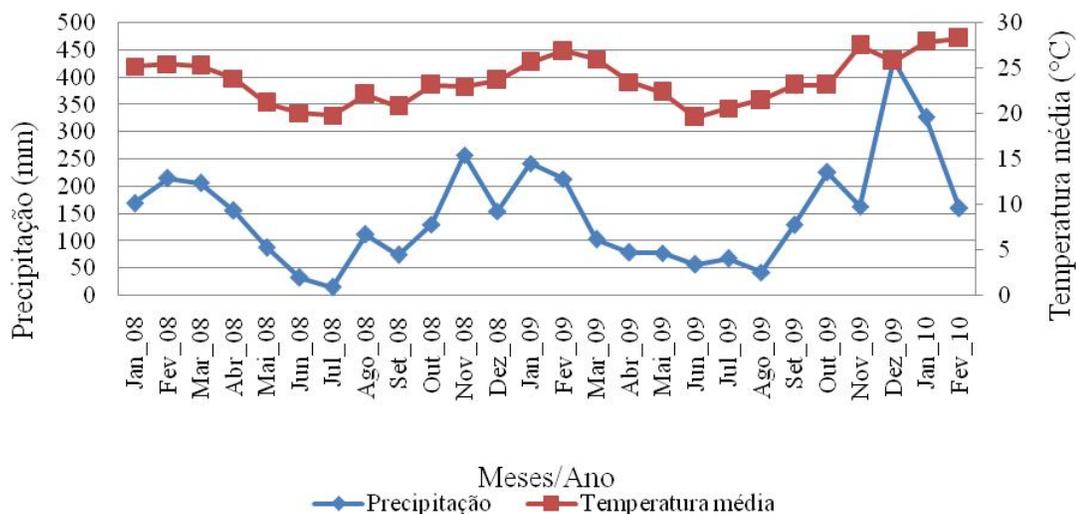


Figura 1. Temperatura mensal média e precipitação total mensal, no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2010, em Seropédica, RJ.

O balanço hídrico médio mensal foi calculado pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955), para o período estudado - janeiro de 2010 a fevereiro de 2012 - (Figura 2). Considerou-se 200 mm capacidade de água disponível (CAD) correspondente ao CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico, conforme descrito pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul – FEPAM (2008) e utilizando a planilha eletrônica desenvolvida por SENTELHAS et al. (1998). Consta-se que no período avaliado, o solo não apresentou deficiência hídrica no Município de Seropédica. Este difere um pouco da média histórica dos últimos 20 anos (janeiro de 1991 a dezembro de 2011), onde nos meses de julho, agosto e setembro não houve deficiência hídrica no solo.

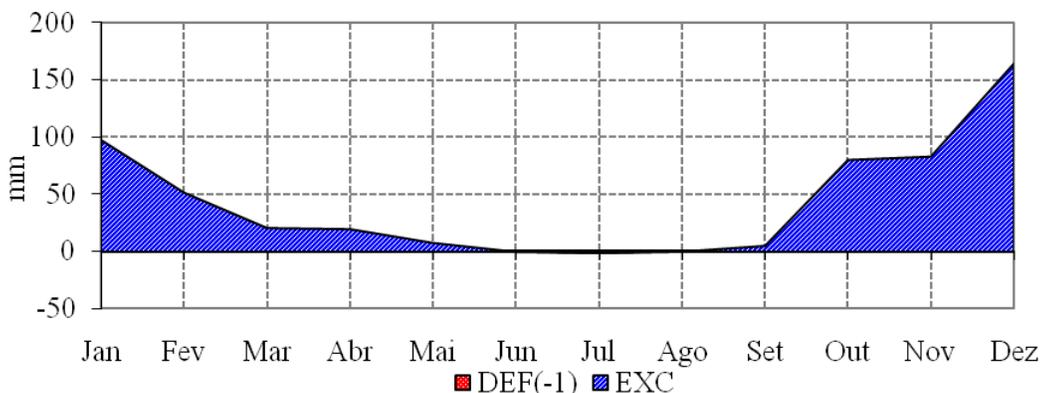
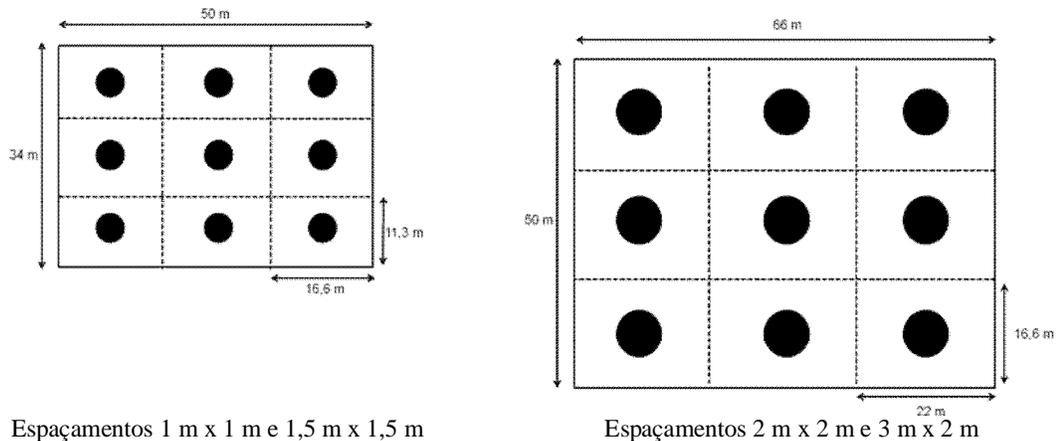


Figura 2. Balanço hídrico médio mensal, no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2010, em CAMBISSOLO HÁPLICO eutrófico, município de Seropédica, RJ. EXC = excesso de água no solo; DEF = deficiência de água no solo.

Em relação às características da recomposição florestal, o trabalho realizado por LISBOA (2010), aos quatro anos após plantio, também na área de estudo, verificou nos quatro espaçamentos, riqueza de 43 espécies arbóreas e ou arbustivas, pertencentes a 39 gêneros, distribuídos em 20 famílias botânicas. As famílias de maior riqueza foram: Mimosaceae com 19 indivíduos, Caesalpinaceae (15), Fabaceae (14), Myrtaceae (14) e Bignoniaceae (13). 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 *Inga marginata* (Ingá), *Melia azebrach* (Para raio), *Chorisia speciosa* (Paineira), *Acacia polyphylla* (Monjoleiro) e *Psidium guajava* (Goiaba).

2.2 Metodologia

Nos quatro espaçamentos estudados, nas idades de 4 a 6 anos após o plantio (anos de 2008, 2009 e 2010), foram instalados e distribuídos de forma sistemática nove coletores circulares de serapilheira (Figura 3) por espaçamento (unidade amostral), com área igual a 0,105 m² (perímetro igual a 1,15 m). Estes coletores foram confeccionados com nylon, com malha que permite a passagem da água da chuva, mas não da serapilheira.



Espaçamentos 1 m x 1 m e 1,5 m x 1,5 m
Figura 3. Distribuição dos coletores de serapilheira nas unidades dos espaçamentos, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

As coletas foram realizadas mensalmente durante dois anos (março de 2008 a fevereiro de 2010). No laboratório, o material foi separado nas frações folhas, galhos, material reprodutivo (flores, frutos) e miscelânea (restante do material). As amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C, por 48 horas, para estabilização do peso e então pesadas em balança de precisão. Os pesos secos (g coletor⁻¹) foram transformados para a unidade Mg.ha⁻¹, em que a produção de serapilheira (PAS), em kg ha⁻¹, foi estimada usando a expressão matemática: $PAS = (PS \times 10.000) / Ac$, em que: PS = produção média mensal de serapilheira (kg); e Ac = área do coletor (m²), de acordo com trabalho de DOMINGOS et al. (2002).

Os dados de aporte de serapilheira total e da fração folhas foram organizados por espaçamentos e épocas (chuvosa e seca). No início do ano de 2008, com base no histórico de precipitação mensal do município de Seropédica dos últimos 20 anos, verificou-se que a maior concentração de chuvas é no período de setembro a fevereiro, chamada neste trabalho de época chuvosa. Assim, a época seca corresponde ao período de março a agosto.

A fim de conhecer o teor de nutrientes da época seca (março a agosto) do ano de 2008,

a serapilheira total coletada nesta época foi homogeneizada, e dele retiradas quatro amostras (repetições) por espaçamento. É importante salientar que foi usada a época seca, devido a literatura mencionar, que para as condições da Mata Atlântica, normalmente nesta época é que há maior deposição de serapilheira. As amostras foram moídas e realizadas análises químicas em laboratório. O método empregado consistiu numa digestão sulfúrica (TEDESCO et al., 1995), e na destilação por arraste de vapor para determinar o nitrogênio total (N), colorimetria para o fósforo (P), fotometria de chama para o potássio (K) e espectrometria de absorção atômica para o cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Para quantificar o conteúdo de nutrientes foi utilizada a expressão matemática $AN = \text{teor} * \text{massa}$, em que: $AN = \text{Aporte de nutrientes (kg nutriente.ha}^{-1}\text{)}$; $\text{teor} = \text{teor de nutrientes (g nutriente kg}^{-1}\text{.serapilheira)}$ e $\text{massa} = \text{serapilheira coletada (kg.ha}^{-1}\text{)}$.

2.3 Análise dos Dados

Inicialmente, após verificar as predisposições da análise, que constatou não haver necessidade de transformação, os dados foram submetidos à análise de variância para avaliar o efeito do espaçamento e da época, e da possível interação entre estas duas fontes de variação, sobre a serapilheira total e a fração folha de serapilheira. No caso de significância, realizou teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação das médias.

Com as médias dos teores e conteúdos de N, P, K, Ca e Mg da serapilheira da época da seca aos quatro anos, foi realizada análise de variância e quando houve diferenças significativas, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em todas as análises estatísticas empregou-se o software SAEG- Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independente do espaçamento, a distribuição média do aporte de serapilheira ao longo dos meses do ano foi irregular (Figura 4).

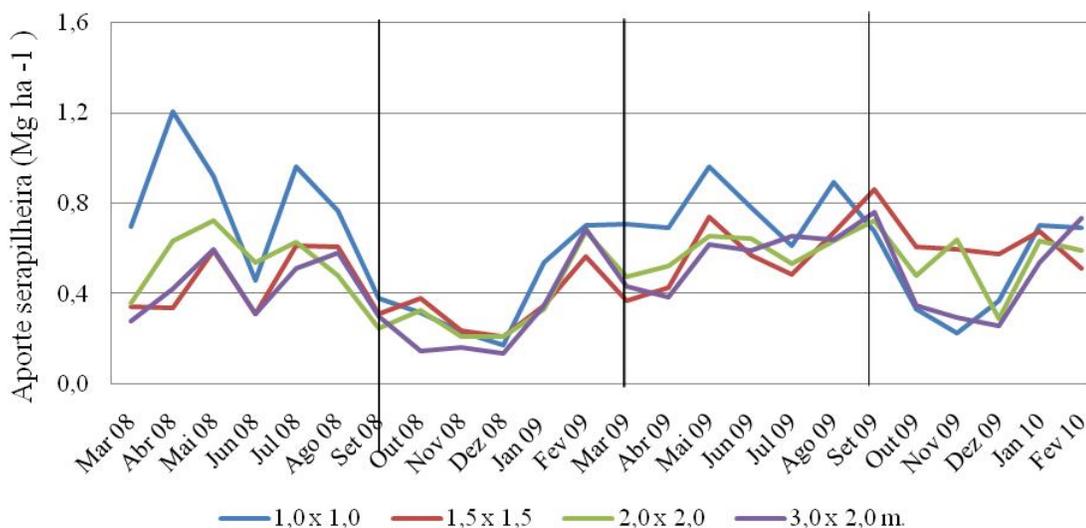


Figura 4. Aporte mensal de serapilheira em diferentes espaçamentos, no período de março de 2008 a fevereiro de 2010, em área de restauração florestal na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

Na maioria das coletas mensais, o espaçamento 1 m x 1 m foi o que proporcionou maior aporte de serapilheira, e o espaçamento 3 m x 2 m o menor aporte. Menores espaçamentos, normalmente, apresentam maior fechamento de copa, com isso maior desrama natural e, portanto maior produção de serapilheira. Os maiores valores de aportes de serapilheira corresponderam, geralmente, com a época seca. Não foi observada sincronia entre os meses de maior aporte de serapilheira e o espaçamento de plantio, estes tanto podem coincidir como apresentar um mês de diferença entre eles.

As diferenças nos aportes de serapilheira podem ser resultado das características genéticas das espécies, quanto à deciduidade (VOLGT et al., 1986); influências ambientais (temperatura e precipitação) como indicado por SANTOS e VÁLIO (2002), ARATO et al. (2003) e VITAL et al. (2004); e pelo ritmo de crescimento das plantas, que por sua vez receberia influências de fatores como densidade, composição de espécies e competição por água, nutrientes e radiação solar (MACHADO et al., 2008). Em local próximo ao deste trabalho, na FLONA Mário Xavier, Seropédica, RJ, GIÁCOMO (2007) verificou que no ano de 2006, a maior deposição anual de serapilheira ocorreu nos meses de julho a setembro, apresentando correlação negativa e significativa com a precipitação do mês. FIGUEIREDO FILHO (2003), em avaliação da deposição de serapilheira numa Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná, constatou que a deposição estacional de serapilheira seguiu ordem decrescente: primavera > inverno > verão > outono.

A separação nas diferentes frações mostrou que, independentemente do espaçamento, a fração folha foi a de maior contribuição, valores acima de 75,0% em massa, seguida pela fração galho com valores superiores a 7,7%, e em menor quantidade a fração reprodutiva e miscelânea (Figura 5). A fração folhas no aporte de serapilheira, segundo informações da literatura (TIENNE et al., 2003; FIGUEIREDO FILHO, 2003; KLEINPAUL et al., 2005; GODIM, 2005; SILVA, 2008; ALONSO, 2010) varia de 60 a 80%, para Mata Atlântica.

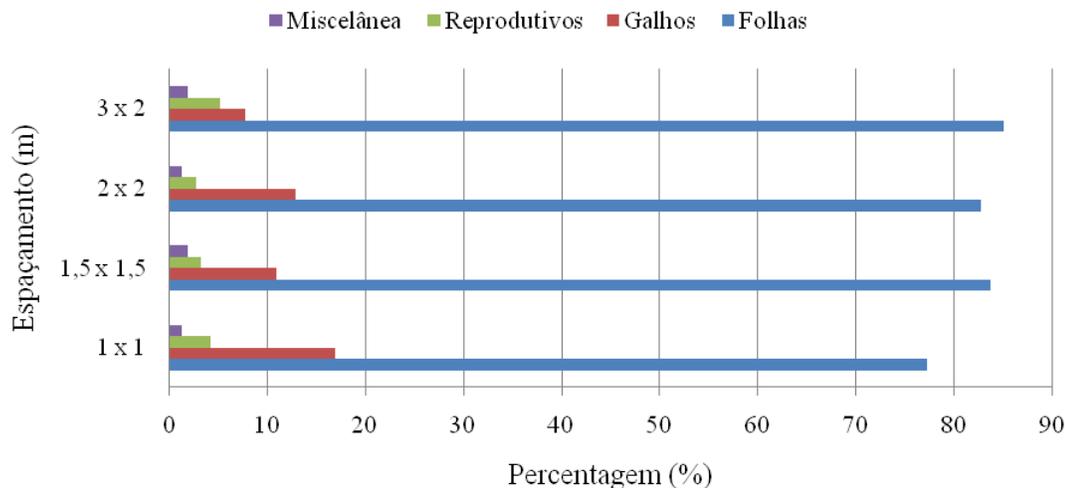


Figura 5. Porcentagem de serapilheira por fração nos espaçamentos, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ.

A análise da variância do aporte para o período de quatro a seis anos após o plantio (Tabela 1) mostrou que existem diferenças significativas no aporte de folhas e de serapilheira total entre espaçamentos e entre épocas, assim como para a interação espaçamento e época para a serapilheira total.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da fração folha e total da serapilheira, em quatro épocas (dos 4 a 6 anos de plantio), nos diferentes espaçamentos de plantio, em área de restauração florestal da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Fonte de variação	Graus de liberdade	----- Quadrado médio -----	
		Folha	Serapilheira total
Espaçamento	3	2,36*	7,28*
Época	3	11,31*	19,05*
Espaçamento x época	9	0,89 ^{n.s.}	2,93*
Resíduo	128	0,49	1,01
Coeficiente variação (%)		27,5	32,4

* diferenças significativa e ^{n.s.} diferenças não significativas, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Pela Tabela 2, observa-se que, no período avaliado, o espaçamento 1 m x 1 m apresentou diferenças significativas na fração folhas (2,89 Mg.ha⁻¹ no período estudado). Esse padrão pode ser justificado por esse espaçamento apresentar maior número de indivíduos por área e resultado da desrama natural induzida pelo adensamento, ambos contribuindo para uma maior deposição de material.

Tabela 2. Médias da fração folhas nos quatro espaçamentos de plantio e em quatro épocas (dos quatro a seis anos de plantio), em área de restauração florestal na UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Fator	Nível	Fração Folhas (Mg.ha ⁻¹ no período)
Espaçamento (m)	1 x 1	2,89 a
	1,5 x 1,5	2,51 ab
	2 x 2	2,49 ab
	3 x 2	2,28 b
Época	Seca (Mar a Ago 2008)	2,80 ab
	Chuva (Set 2008 a Fev 2009)	1,76 c
	Seca (Mar a Ago 2009)	3,05 a
	Chuva (Set 2009 a Fev 2010)	2,55 b

Para cada fator, médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Num outro reflorestamento misto, em outra área da Usina Termoelétrica Barbosa Lima Sobrinho, SILVA (2008) quantificou valores de 6,01 Mg.ha⁻¹ de aporte anual (janeiro a dezembro 2007) de serapilheira, sendo a fração folha de maior participação, com 64% do total aportado. Na mesma área de estudo deste trabalho, ALONSO (2010), aos três anos pós-plantio, observou valores similares nos espaçamentos 3 m x 2 m, 2 m x 2 m e 1 m x 1 m, como aportes anualmente acumulados, respectivamente, de 7,27; 7,25 e 7,15 Mg.ha⁻¹.

Quanto ao aporte de serapilheira nas épocas seca e chuvosa, em geral para a região sudeste do Brasil, na época seca verificam-se maiores valores de aporte de serapilheira, principalmente de folhas, devido à abscisão destas das plantas, como estratégia de uso de água pelas árvores. No entanto, neste estudo o aporte de folha da segunda época chuvosa (setembro de 2009 a fevereiro de 2010) foi significativamente semelhante às das épocas secas. Esta diferença é provavelmente devida ao fato de não ter ocorrido uma época seca bem definida na região de Seropédica, como mostra as Figuras 1 e 2. Além disso, em dezembro de 2009 e janeiro de 2010 houve precipitação acima da média na região e devido ao local do plantio estar em região de baixada, com solo do tipo CAMBISSOLO, nesta época ocorreu excesso de água no solo (Figura 2), que pode ter provocado falta de oxigenação nas raízes das árvores, levando a uma maior queda de folhas, devido a ajustes metabólicos das árvores.

A interação espaçamento e época (Tabela 3) mostrou que houve maior aporte total de serapilheira no espaçamento 1 m x 1 m na época da seca, enquanto na época da chuva houve aportes similares em todos os espaçamentos. Isto ocorreu provavelmente, devido à

competição entre os indivíduos arbóreos na unidade experimental do espaçamento 1 m x 1m pela alta densidade de plantas, apesar de não ter existido déficit hídrico na região (Figura 2). Nos demais espaçamentos não houve diferenças significativas entre as épocas.

Tabela 3. Médias do total de serapilheira ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), em quatro épocas (dos quatro a seis anos de plantio) em quatro espaçamentos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Época (Período - meses e ano)	Espaçamento (m)			
	1 x 1	1,5 x 1,5	2 x 2	3 x 2
Seca (Mar a Ago 2008)	4,99 a A	2,81 a B	3,20 a B	2,70 a B
Chuva (Set 2008 a Fev 2009)	2,34 b A	2,05 ab A	1,99 ab A	1,78 ab A
Seca (Mar a Ago 2009)	4,64 a A	3,26 a AB	3,46 a A	3,31 a AB
Chuva (Set 2009 a Fev 2010)	2,99 b A	3,83 a A	3,36 a A	2,93 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O aporte médio de serapilheira anual foi de $7,48 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para o espaçamento 1 m x 1 m e na sequência dos espaçamentos $5,97$; $6,00$ e $5,41 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, um pouco inferiores a outros trabalhos no estado do Rio de Janeiro. ARAUJO et al. (2006) estimaram, em reflorestamento com sete anos, em Poço das Antas (RJ), valores de aporte de serapilheira de aproximadamente $10 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ nos espaçamentos adensados de 1 m x 1 m, 1 x 1,5 m e 2 x 2 m, sem diferenças significativas entre eles. Estes valores um pouco superiores ao observado nesse estudo, provavelmente é devido a maior idade e as condições climáticas da região bioclimática de Poço das Antas, que possui época seca mais bem definida, nos meses de junho a agosto (ARAÚJO et al., 2006; INMET, 2012). Ainda, MACHADO et al. (2008), em Conceição de Macabú, RJ, numa área revegetada com sete anos, em espaçamento 1 m x 1 m, encontraram valores entre $8,9 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (no terço médio da encosta) e de $5,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (no terço superior). Estes valores são numericamente um pouco superiores ao deste trabalho, devido também a idade (sete anos) e a estação seca bem definida na região onde está localizado o município de Conceição de Macabú (INMET, 2012), que normalmente contribui positivamente para a queda de serapilheira.

Quanto ao aporte de nutrientes, o espaçamento de plantio influenciou nos teores de N, K e Mg presentes na serapilheira total (Tabela 4) e na quantidade de nutrientes aportados.

Tabela 4. Médias dos teores e conteúdo de N, P, K, Ca e Mg na serapilheira, na época da seca (Mar a Ago 2008), nos diferentes espaçamentos de plantio aos quatro anos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espaçamento (m)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
1 x 1	14,78 b	2,00 a	9,65 a	15,06 a	4,50 ab
1,5 x 1,5	18,81 a	2,39 a	7,12 b	15,15 a	5,08 a
2 x 2	18,27 a	2,17 a	8,83 a	16,78 a	4,17 b
3 x 2	20,44 a	1,96 a	8,91 a	14,75 a	4,34 b
Conteúdo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)					
1 x 1	73,78 a	10,04 a	48,20 a	75,20 a	22,84 a
1,5 x 1,5	52,90 b	6,71 b	20,02 c	42,60 b	14,28 b
2 x 2	58,24 b	6,96 b	28,31 b	53,77 b	13,36 b
3 x 2	55,10 b	5,27 b	24,01 b	39,76 b	11,70 c

Cabe salientar que K e Mg antes de fazer parte do material formador de serapilheira podem sofrer translocação, o que contribui para explicar os baixos teores desses elementos na serapilheira (VIERA e SCHUMACHER, 2010). Cálcio, segundo TAIZ e ZEIGER (2004), é considerado um elemento pouco móvel nos vegetais por estar fixado nas estruturas celulares, provavelmente é este o motivo por ter apresentado maiores teores. Segundo VANLAUWE et al. (2005), o retorno de Ca é importante tanto para o incremento do Ca trocável do solo, como na manutenção do pH na superfície do solo. Por outro lado, o teor de P não apresentou diferenças significativas, apresentando menores valores entre os elementos, podendo, segundo SCHUMACHER et al. (2004) e PIMENTA et al. (2011), estar relacionado com a alta eficiência deste elemento na sua translocação antes da abscisão, para investimento em outros processos da planta.

Na unidade experimental do espaçamento 1 m x 1 m verificou-se que o teor de nitrogênio apresentou significativamente os menores valores, provavelmente devido à alta densidade de plantas, com isso maior competição pelos recursos do ambiente e as plantas antes de eliminar as folhas, produzem ajustes de translocação de nitrogênio para as partes em crescimento. Nos demais espaçamentos a competição é menos intensa e com isso a ciclagem interna de nutrientes é menos intensa e a serapilheira é mais rica em nitrogênio.

O conteúdo de todos os nutrientes analisados da serapilheira no espaçamento 1 m x 1 m foi significativamente superior ao dos outros espaçamentos, o que é resultado do maior aporte decorrente da alta densidade de indivíduos no povoamento. Constata-se, também, que o conteúdo de potássio e de magnésio apresentaram-se significativamente inferiores, respectivamente, nos espaçamentos 1,5 m x 1,5 m e 3 m x 2 m.

De modo geral, o conteúdo de nutrientes via serapilheira, neste estudo, obedeceu à seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P. Essa distribuição também foi observada por PINTO et al. (2009) para Floresta Estacional Semidecidual no início de sucessão, em Viçosa (MG), e por CELENTANO et al. (2011) em plantio misto com cinco anos, em diferentes locais em Costa Rica, com espaçamento 3 m x 3 m e 5 m x 5 m.

Pode ser inferido, pela literatura, que existe uma alta variabilidade no conteúdo de macronutrientes na serapilheira em função das espécies, clima e características físico-químicas do solo. Em áreas próximas a UTE Barbosa Lima Sobrinho, num espaçamento 3 m x 2 m, com cinco anos pós-plantio, SILVA (2008) coletou 6,0 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de serapilheira, esta apresentou 117,4 kg.ha⁻¹ de N e 2,9 kg.ha⁻¹ de P, valor mais que o dobro deste trabalho para N e quase a metade de P.

Em estudos realizados na FLONA Mário Xavier, também em Seropédica (RJ), FERNANDES et al. (2007) compararam o aporte de serapilheira em três coberturas florestais: floresta em sucessão secundária, plantio de *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) e área em regeneração natural com *Carapa guianensis* (andiroba). Os aportes de serapilheira foram de 7,6; 9,1; 9,9 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente, e o conteúdo de alguns macronutrientes obedeceu a sequência de 149,8; 176,7 e 216,2 k.ha⁻¹.ano⁻¹ de N, 3,0; 3,9 e 3,6 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de P e 16,3; 15,2 e 23,4 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de K. Estes valores são bastante superiores ao deste trabalho, devido provavelmente as plantas florestais de o povoamento estarem em fase de crescimento, conforme observado no capítulo I deste trabalho, e com isso a translocação de nutrientes é mais eficiente e portanto, a serapilheira apresenta menor teor de nutriente.

Vários estudos como os de GAMA-RODRIGUES et al. (2008); LISBOA (2010); GOMES et al. (2010); CELENTANO et al. (2011); DINIZ et al. (2011) e PIMENTA et al. (2011), demonstram que apesar da similaridade no aporte de serapilheira, o conteúdo de nutrientes pode se diferenciar em função do espaçamento, espécies, idade, sazonalidade e local, devido a maior ou menor produção de serapilheira.

4 CONCLUSÃO

Não houve tendência de comportamento de aporte de serapilheira ao longo dos meses do ano em função do espaçamento de plantio, nem houve padrão de maior deposição na época seca e chuvosa. O aporte de serapilheira foi maior no espaçamento 1 m x 1 m, não havendo diferenças entre os demais espaçamentos.

O espaçamento de plantio não influenciou o teor de nutrientes da serapilheira.

De modo geral, o conteúdo de nutrientes via serapilheira seguiu a ordem decrescente de $N > Ca > K > Mg > P$.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, J. M. **Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos**. 2010. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia florestal) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para a recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p.715-721, 2003.

ARAÚJO, R. S.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 16-24, 2006.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA S. M. Aporte de Serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 461-476, 2006.

BENVENUTI-FERREIRA, G.; COELHO, G. C.; SCHIRMER, J.; LUCCHESI, O. A. Dendrometry and litterfall of neotropical pioneer and early secondary tree species. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 65 -71, 2009.

BOERGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estágios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v. 19, p. 167-181, 2005.

CELENTANO, D.; ZAHAWI, R. A.; FINEGAN, B.; OSTERTAG, R.; COLE, R. J. AND HOLL, K. D. Litterfall Dynamics Under Different Tropical Forest Restoration Strategies in Costa Rica. **Biotropica**, Malden, v. 43, p. 279–287. 2011.

CORREIA, M. E. F. e ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed.. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.137-158.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 919-928, 2004.

CUNHA NETO, F.V. **Qualidade do solo em área de *Mimosa Artemisiana* Heringer & Paula, *Acácia Mangium* Wild, *Eucalyptus Grandis* X *Eucalyptus Urophylla*, floresta secundária e pastagem, em Além Paraíba, MG.** 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Aporte de material decíduo e nutriente para o solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, m. 65, p. 19-26, 2011.

DOMINGOS, M.; LOPES, M. I. M. S.; VUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica.** Seropédica, RJ: EDUR, 2002. p.72-103.

FIGUEIREDO FILHO, A. Avaliação Estacional de Deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Base dos estudos de fauna, flora e recursos hídricos.** Porto Alegre, v. 3. 2008. 101p. Disponível em: www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/zoneam_silvic.asp. Acesso em: 16 agosto 2012.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa cesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na FLONA Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n. 2, p. 163-175, 2007.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1165-1179, 2008.

GIACOMO, R. G. **Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações orgânicas em Planossolo Háptico sob formações florestais na FLONA Mário Xavier, Seropédica, RJ.** 2007. 37 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

GODIM, F. R. **Aporte de serapilheira e chuva de sementes como bioindicadores de recuperação ambiental em fragmentos de Floresta Atlântica.** 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2005.

GOMES, J. M.; PEREIRA, M. G.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, G. H. A.; GONDIM, F. R.; SILVA, E. M. R. Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos florestais da Mata Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n. 3, p. 383-391, 2010.

HÄTTENSCHWILER, S.; AESCHLIMANN, B.; COÛTEAUX, M.M.; ROY, J.; BONAL, D. High variation in foliage and leaf litter chemistry among 45 tree species of a neotropical rainforest community. **New Phytologist**, Lancaster, v. 179, n. 1, p. 165-175, 2008.

HÜLLER, A.; COELHO, G. C.; LUCCHESI, O. A.; SCHIRMER, J. A comparative study of four tree species used in riparian forest restoration along Uruguay river, Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 297-304, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados das estações de Seropédica. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em: 01 agosto 2012.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.

KENBAUY, G. B. **Fisiologia Florestal**. São Paulo: Ed Guanabara Koogan, 2004. 320p.

KLEINPAUL, I. S.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; KLEINPAUL, J. J. Suficiência amostral para coleta de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus* sp. e Floresta Estacional Decidual. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 965-972, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos Editora, 2000. 319p.

LISBOA, A.C. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio**. 2010, p. 49. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais e florestais) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

MACEDO, M. O.; RESENDE, A. S.; GARCIA, P. C.; BOBBEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1516-1524, 2008.

MACHADO, M. R.; PIÑA ROGRIGUES, F. C. M.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 143-151, 2008.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. 2 ed. Viçosa: CPT, 2007. 255 p.

PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Ata Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Decidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n. 4, p. 653-663, 2009.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L.; MARQUES, S. S. Sistemas de plantio adensado

para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: bases ecológicas e comparações de custo-benefício com o sistema tradicional. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.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 florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000. p. 287-308.

READ, L.; LAWRENCE, D. Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forest of the Yucatan: regional and seasonal effects. **Ecosystems**, v. 6, p. 747-761, 2003.

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

SANTOS, S. L.; VÁLIO, I. F. M. Litter accumulation and its effect on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v.25, n.1, p.89-92, 2002.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. V. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 791-798, 2003.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNANDES, J. I.; KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma Floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p. 29-37, 2004.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R. **BHBRASIL: balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras**. Piracicaba: ESALQ, 1998. Disponível em: <http://www.lce>. Acessado em: 01 agosto 2012.

SILVA, R. M. **Aporte de serapilheira e quantificação de nutrientes em áreas de reabilitação, Município de Seropédica, RJ**. 2008, 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

SOUZA, M. G. O. S. **Crescimento de espécies florestais em povoamentos puros e sua influência sobre atributos edáficos em Trajano de Moraes, RJ**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

TEDESCO, J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre. Departamento de solo, UFRGS, 1995, 174p.

TIENNE, L.; NEVES, L. G.; VALCARCEL, R. Produção de serapilheira em diferentes medidas biológicas para recuperação de área de empréstimo na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 193-202. 2003.

VANLAUWE, B.; AIHOU, K.; TOSSAH, B. K.; DIELS, J.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. *Senna siamea* trees recycle Ca from a Ca-rich subsoil and increase the topsoil pH in agroforestry systems in the West African derived savanna zone. **Plant and Soil**, v. 269, n. 1-

2, p. 285-296, 2005.

VIERA, M.; SCHUMACHER, V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, T. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B.. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p.793-800, 2004.

VOGT, K. A.; GRIEF, C.; VOGT, D. J. Production, turnover, and nutrient dynamic above and below ground detritus of world forestas. **Advances in Ecological Research**, v. 15, p. 303-377, 1986.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **A Luz e a Vida das Plantas**. São Paulo: Edusp/Editora Pedagógica e Universitária Ltda., v. 30, 1982, 76p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: SANTARÉM, E. R. [et al.]. Ed. 3. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. C. **The water balance**. Centeron: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

CAPÍTULO III

MACRONUTRIENTES EM DIFERENTES COMPARTIMENTOS, NA BIOMASSA DE ESPÉCIES FLORESTAIS VISANDO A RESTAURAÇÃO FLORESTAL

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o teor de macronutrientes de seis espécies florestais nos diferentes compartimentos, aos quatro anos após o plantio, em povoamento visando à restauração florestal, no Município de Seropédica, RJ. As espécies estudadas foram *Anandathera macrocarpa* (angico vermelho), *Chorisia speciosa* (paineira), *Cordia* sp (babosa), *Inga marginata* (ingá), *Schinus terebinthifolius* (aroeira pimenteira) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvú). Foram derrubados quatro indivíduos de cada espécie de circunferência ao nível do solo média e amostrados por compartimento (folha, galho, casca, madeira e raiz) e o material foi seco em estufa. Em seguida, amostras de cada espécie e compartimento foram trituradas e posteriormente submetidas à digestão sulfúrica e análise química dos teores de N, P, K, Ca e Mg. Os dados foram tabelados e transformados em teor (g nutrientes.kg⁻¹amostra). Análise de variância foi realizada para verificar existência de diferenças significativas por compartimento x espécie e espécie x compartimento. Quanto aos teores dos macronutrientes por compartimentos cabe destacar os valores da fração foliar (24,1; 2,1; 12,9; 11,2; 4,1 g nutriente.kg⁻¹amostra); em segundo lugar a casca; galho em terceiro lugar; em quarto lugar a raiz e em quinto a madeira. Conclui-se que existem diferenças no teor de nutrientes da biomassa entre as seis espécies estudadas, sendo a paineira a mais exigente em nutrientes, e aroeira e guapuruvu, as menos exigentes. Também que o teor de nutrientes, nos compartimentos, seguiu a ordem folha > casca > galho > raiz > madeira. O teor de macronutrientes apresentou a ordem decrescente N > K > Ca > Mg > P.

Palavras-chave: teor, macronutrientes, restauração.

ABSTRACT

This work has as goal to study nutrient allocation of six native species in mixed settlement at four years period in a rehabilitation project in Seropédica city (Rio de Janeiro state). The studied species were *Anandathera macrocarpa*, *Chorisia speciosa*, *Cordia sp*, *Inga marginata*, *Schinus terebinthifolius* and *Schizolobium parahyba*. It having been clear cut four individuals per specie, sampled per compartment (leaf, bark, branch, root and wood) and dried. Each species compartment sampled were crushed, digested and chemically analyzed on levels of N, P, K, Ca and Mg. Data were tabulated and then transformed into macronutrients quantity (g nutrient.kg sample). Variability statistical analysis was performed to find significant differences per compartment x species and species x compartment. With regard to the presence of macronutrients quantity (N; P; K; Ca; Mg) at compartments noteworthy are at leaves (2.41; 0.21; 1.29; 1.12; 0.41 g nutrient.kg sample); secondly bark; thirdly branches; fourthly root and fifth wood. It is concluded that there are differences in nutrient quantity of biomass among the six species studied, being more demanding *Chorisia speciosa* on nutrients, and *Schinus terebinthifolius* and *Schizolobium parahyb* less demanding. Also that the nutrient quantity followed the order leaf > bark > branch > root > wood. The macronutrient content presented the order N > K > Ca > Mg > P.

Keywords: macronutrients quantity, macronutrients content, restoration.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre o teor e a distribuição dos nutrientes nos diversos compartimentos das espécies florestais, segundo CALDEIRA (1998) é fundamental para estabelecer estratégias de amostragem com a finalidade de estudar a nutrição, ciclagem e exportação. A determinação do teor de nutrientes nos compartimentos das árvores, juntamente com a determinação da biomassa e, portanto do conteúdo, podem ser utilizadas como indicadores dos impactos ambientais potenciais das árvores, principalmente para explorar a possibilidade de adaptação dessas espécies a solos de baixa fertilidade em nutrientes (CHAZON, 2008). Segundo PRADO (2008) os macronutrientes, geralmente, constituem 7 % dos nutrientes presentes na matéria seca, com a ordem padrão de extração decrescente de $N > K > Ca > Mg > P$.

Segundo PRITCHETT (1990), a absorção dos nutrientes pelas plantas arbóreas é influenciada pela espécie, pela cobertura do dossel e pelas condições edafoclimáticas. A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes componentes da biomassa arbórea, vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000). Perdas podem ocorrer em virtude da erosão e da lixiviação após a retirada das árvores, quando o solo permanece descoberto. O acúmulo de nutrientes da biomassa arbórea varia de elemento para elemento, em função dos diferentes níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais de cada espécie e da idade da floresta (SCHUMACHER, 1992; SANTANA et al., 2008).

Os estágios nutricionais das árvores, segundo GONÇALVES et al. (2000), podem ser divididos em três fases, sendo o período de duração dependendo da(s) espécie(s). Na fase inicial as taxas de acúmulo de nutrientes são pequenas, suprindo as necessidades de água e nutrientes na forma de fotoassimilados e nutrientes da copa para a síntese de raízes. Na fase intermediária, o suprimento de água e nutrientes é assegurado pelas raízes, a atividade fotossintética é intensificada, com expansão da área foliar e crescimento. Quando a planta está adaptada segue o período de intenso crescimento (copa e raízes finas) e elevadas taxas de absorção relacionadas diretamente com a idade e resposta a fertilização são comuns nesta fase. Na terceira fase, após o fechamento de copas, a ciclagem de nutrientes está estabelecida, existindo flutuações nos nutrientes acumulados principalmente nos órgãos mais ativos (folhas e raízes finas). Geralmente, nesta fase há maior acúmulo de nutrientes nos troncos, a deposição de serapilheira atinge os maiores valores e a demanda de nutrientes é suprida pela mineralização da serapilheira e a translocação interna.

Segundo HÜLLER et al. (2009), ALMEIDA-SCABBIA et al. (2011) e PIMENTA et al. (2011) as espécies arbóreas diferem entre si quanto a eficiência com que utilizam os nutrientes extraídos do solo. Em geral, para o eucalipto, a ciclagem bioquímica torna-se expressiva a partir dos quatro a cinco anos após o plantio, época em que a copa está totalmente desenvolvida e a ciclagem de nutrientes contribui expressivamente para a demanda nutricional (GONÇALVES et al., 2000) reduzindo assim a pressão sobre as reservas do solo. Para as espécies nativas da flora brasileira estas informações ainda são incipientes, necessitando de estudos. Segundo MILLER (1995), em espécies florestais, aproximadamente 66% da demanda dos nutrientes considerados móveis pode ser suprido pela retranslocação, o que reduz a probabilidade de resposta à fertilização.

As espécies florestais nativas, normalmente, são capazes de desenvolver mecanismos eficientes e estratégias diferentes para conviver com altos teores de alumínio trocável e com baixos teores de nutrientes disponíveis no solo. Dentre estas estratégias RADERSMA (2002) cita como principais menor exigência de nutrientes – via diminuição do crescimento; maior aquisição de nutrientes – via aumento radicular e maior relação raiz / folha, interação

com microrganismos tais como micorrizas e rizóbios, aumento de exsudados radiculares, entre outras e; melhor utilização de nutrientes – via aumento da distribuição interna e aumento da vida útil das folhas.

Este trabalho teve como objetivo verificar se existem diferenças no teor de macronutrientes de seis espécies florestais nos diferentes compartimentos das árvores, aos quatro anos após o plantio, em povoamento visando a restauração florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A descrição da área de estudo e a implantação e condução da recomposição florestal encontra-se no item Material e Métodos Geral.

2.1. Espécies, biometria e biomassa arbórea

Aos quatro anos após o plantio (novembro de 2008) em área de reflorestamento de aproximadamente 1,0 hectare, visando a restauração florestal realizou-se o censo das plantas das espécies arbóreas, medindo-se a circunferência ao nível do solo (CNS). Com base na maior densidade e espécies que apresentavam CNS acima da média do povoamento, foram selecionadas seis espécies *Anadenanthera macrocarpa* Benth. Brenan (angico vermelho), *Chorisia speciosa* St. Hill (paineira), *Cordia sp* (babosa), *Inga marginata* Wild. (ingá), *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira pimenteira) e *Schizolobium parahyba* (guapuruvu). Algumas características destas seis espécies encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características taxonômicas e ecológicas de seis espécies florestais utilizadas na área em restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Seropédica, RJ

Espécie	Nome comum	Família	Grupo sucessional	Ambiente
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth. Brenan	angico vermelho	Leguminosae-Mimosoidae	PI ¹ , SI ²	Mata de galeria ² e terrenos úmidos
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hill	paineira	Malvaceae	SI ² , crescimento intermediário ⁶	Não tolera solo inundado ² . Solos baixa fertilidade ⁸ .
<i>Cordia sp</i>	babosa	Boraginaceae	PI ¹	Terrenos úmidos ou matas ciliares ³
<i>Inga marginata</i> Wild	ingá	Leguminosae - Mimosaceae	SI ^{1,2}	Baixada e encharcados ^{2,5}
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	aroeira pimenteira	Anacardiaceae	PI ² , rápido crescimento ⁶ , SI ⁷	Diversos tipos de solos ³
<i>Schizolobium parahybae</i> Vell. Blake	guapuruvu	Leguminosae - Caesalpiniaceae	PI ² , SI ⁷	Sem inundaçã ² . Baixa fertilidade ⁸ .

Fontes: ¹LORENZI, 1992; ²CARVALHO, 2003; ³DURIGAN et al., 2002; ⁴LORENZI, 2003; ⁵KAGEYAMA e GANDARA, 2000; ⁶CAMPOE et al., 2010, reclassificação da espécie para áreas degradadas; ⁷CAPARNEZZI e CAPARNEZZI (2006); ⁸LUMBRERAS, 2003. Legenda: PI = pioneira; SI = secundária inicial.

Conforme descrito em LISBOA (2010), que procurou quantificar o estoque de carbono nos diferentes compartimentos das seis espécies, foi realizada a derrubada de quatro indivíduos de CNS médios de cada espécie. Em seguida, foi realizada a avaliação da biomassa nos compartimentos, folhas, galhos, casca, madeira (fuste sem a casca) e raiz, cujos resultados são apresentados na Tabela 2. A coleta das raízes foi realizada através de

escavação com ferramentas manuais até a profundidade de 80 cm e a 1,0 metro de distância do tronco. Após a retirada da raiz pivotante, foi realizada catação manual das raízes laterais. Em laboratório, as raízes laterais foram lavadas em água, e da pivotante retirado o excesso de solo.

Tabela 2. Biometria e biomassa médias dos indivíduos de seis espécies florestais, aos quatro anos, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espécie	Biometria		Biomassa do peso seco					
	CNS cm	Altura M	Folhas	Galhos	Casca	Madeira	Raiz	Total
			kg.árvore ⁻¹					
<i>Anandathera macrocarpa</i>	25,75	5,67	2,35	3,48	1,26	5,21	3,02	15,31
<i>Chorisia speciosa</i>	50,75	5,92	0,03	3,88	2,38	4,63	5,16	16,08
<i>Cordia</i> sp	56,75	7,78	2,29	13,14	4,38	15,09	10,21	29,87
<i>Inga marginata</i>	21,5	3,83	0,85	2,15	0,41	1,39	1,77	6,56
<i>Schinus terebinthifolius</i>	25,25	5,02	0,96	5,59	0,67	1,44	2,29	10,95
<i>Schizolobium parahyba</i>	46,5	8,83	0,28	1,02	8,89	26,63	7,06	43,89

Nome vulgar das espécies na sequência: angico vermelho, paineira, babosa sp., ingá, aroeira pimenteira e guapuruvu. CNS: circunferência ao nível do solo. Fonte: LISBOA (2010).

2.2. Macronutrientes

Para obtenção dos teores as amostras de folhas, galhos, casca, madeira e raiz de cada árvore foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas à digestão sulfúrica conforme TEDESCO (1995), determinando-se os teores (g.kg) de nitrogênio total (N) por destilação, fósforo (P) e potássio (K) por fotometria de chama, e cálcio (Ca) e magnésio (Mg) por espectroscopia de absorção atômica.

2.3. Análise dos dados

Análise de variância ANOVA foi utilizada para avaliar a existência de diferenças significativas nos teores das espécies (com quatro repetições) nos compartimentos por espécie e vice-versa. Caso constatadas diferenças, os valores médios foram comparados através do teste Scott-Knott, ao nível de 10% de probabilidade. Empregou-se o software SAEG (RIBEIRO, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Médias de teores de macronutrientes por compartimento

O resumo da análise de variância (Tabela 3) mostra que, para a maioria dos compartimentos das espécies estudadas, foram verificadas diferenças significativas nos teores dos macronutrientes, evidenciando que estas tem capacidade de absorção diferenciada dos mesmos. Variações significativas nos teores de nutrientes foram relacionadas com a espécie e compartimento por LUCIO et al. (2010). PALLARDY (2008) menciona a influência do genótipo, da idade da planta, da sazonalidade, da distribuição vertical e horizontal dentro de um mesmo compartimento e da qualidade do solo no teor de nutrientes das árvores. BELLOTE e SILVA (2004) sugerem que a concentração de nutrientes nos compartimentos da biomassa tem relação direta com suas funções, sendo verificada para árvores de eucalipto o gradiente decrescente: folha > casca > ramo > tronco.

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes dos compartimentos das espécies, aos quatro anos após plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Componente	Fonte variação	Graus de liberdade	-----Quadrado médio-----				
			Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Folha	Espécie	5	0,79 ^{n.s.}	0,023 ^{n.s.}	1,25*	1,12*	0,17*
	Resíduo	15	0,35	0,011	0,12	0,24	0,022
	Coeficiente variação (%)			23,9	48,3	28,0	43,7
Galho	Espécie	5	0,19*	0,014*	0,30*	0,59*	0,035*
	Resíduo	16	0,062	0,03	0,05	0,038	0,007
	Coeficiente variação (%)			35,0	41,8	34,0	32,8
Casca	Espécie	5	0,31*	0,020*	1,25*	0,74*	0,022*
	Resíduo	17	0,081	0,003	0,031	0,14	0,010
	Coeficiente variação (%)			28,8	35,8	16,1	30,2
Madeira	Espécie	5	0,075 ^{n.s.}	0,016*	1,83*	0,076*	0,058*
	Resíduo	18	0,038	0,002	0,11	0,015	0,009
	Coeficiente variação (%)			42,6	37,0	44,5	48,9
Raiz	Espécie	5	0,26*	0,008*	0,54*	0,28 ^{n.s.}	0,046*
	Resíduo	18	0,065	0,001	0,026	0,27	0,010
	Coeficiente variação (%)			35,7	24,0	22,2	98,7

*Diferenças significativas pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade. ^{n.s.} diferenças não significativas.

No compartimento folha (Tabela 4) foi observada maior concentração de macronutrientes, ressaltando que os teores de N e P não apresentaram diferença significativa entre as espécies. Apesar de algumas espécies serem fixadoras de N (angico, ingá e guapuruvu), não foram verificados maiores teores desse elemento nas suas folhas, o que sugere que outros fatores, em especial os ambientais, devem estar contribuindo para ausência de diferenças significativas. Isto deve ocorrer pelo fato do solo apresentar qualidade química relativamente boa, para as espécies florestais nativas da flora brasileira, fez com que as leguminosas não expressassem essa qualidade.

Tabela 4. Médias dos teores de macronutrientes nos compartimentos das seis espécies estudadas, aos quatro anos de plantio, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Compar-timento	Espécie	Teor (g.kg ⁻¹)				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Folha	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	23,4 a	1,3 a	7,7 c	7,6 b	1,9 b
	<i>Chorisia speciosa</i>	31,3 a	2,8 a	19,4 a	24,4 a	6,4 a
	<i>Cordia</i> sp	25,9 a	3,0 a	19,8 a	10,5 b	6,8 a
	<i>Inga marginata</i>	22,9 a	1,4 a	6,7 c	5,6 b	2,0 b
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	18,5 a	1,9 a	14,8 b	12,4 b	5,1 a
	<i>Schizolobium parahyba</i>	31,3 a	3,0 a	7,8 c	13,9 b	3,1 b
Galho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	9,2 a	1,2 c	4,0 b	10,8 a	1,9 b
	<i>Chorisia speciosa</i>	9,3 a	2,4 a	10,8 a	5,0 b	3,4 a
	<i>Cordia</i> sp	4,8 b	0,9 c	7,1 b	2,7 c	1,6 b
	<i>Inga marginata</i>	6,0 b	0,9 c	4,4 b	5,3 b	0,9 b
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	4,9 b	1,0 c	5,1 b	2,4 c	0,8 b
	<i>Schizolobium parahyba</i>	9,6 a	1,7 b	9,8 a	13,1 a	1,7 b
Casca	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	12,8 a	2,0 a	6,3 d	19,9 a	0,9 b

continua

	<i>Chorisia speciosa</i>	12,8 a	2,5 a	19,0 a	13,6 b	3,0 a
	<i>Cordia</i> sp	9,7 a	1,1 b	16,3 b	7,4 c	2,8 a
	<i>Inga marginata</i>	10,2 a	1,0 b	6,7 d	14,5 b	1,8 b
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	5,0 b	0,8 b	5,7 d	8,3 c	1,9 b
	<i>Schizolobium parahyba</i>	9,5 a	2,3 a	10,1 c	14,5 b	1,4 b
Madeira	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	3,7 a	0,4 b	2,6 b	2,6 b	0,4 b
	<i>Chorisia speciosa</i>	6,5 a	2,1 a	20,8 a	5,0 a	3,6 a
	<i>Cordia</i> sp	4,1 a	1,1 b	4,7 b	2,5 b	1,7 b
	<i>Inga marginata</i>	3,9 a	0,8 b	3,9 b	1,2 b	0,8 b
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	3,3 a	0,7 b	4,6 b	1,2 b	0,6 b
	<i>Schizolobium parahyba</i>	6,2 a	1,6 a	7,9 b	2,7 b	1,2 b
Raiz	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	10,8 a	0,8 c	4,6 b	4,3a	0,7 c
	<i>Chorisia speciosa</i>	7,2 a	2,0 a	12,0 a	8,8 a	3,4 a
	<i>Cordia</i> sp	8,0 a	1,1 b	11,9 a	2,6 a	2,1 b
	<i>Inga marginata</i>	6,3 a	0,8 c	5,4 b	1,5 a	0,7 c
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	7,5 a	1,3 b	6,0 b	1,2 a	1,5 c
	<i>Schizolobium parahyba</i>	3,0 b	1,2 b	3,8 b	4,6 a	0,8 c

Nome das espécies na sequência: angico vermelho, paineira, babosa sp., ingá, aroeira pimenteira e guapuruvu. Médias seguidas de mesma letra na coluna e dentro de cada compartimento, não diferem entre si, pelo teste de Scott-knott a 10% de probabilidade.

As seis espécies estudadas, apresentaram teores de macronutrientes superiores no compartimento folhas seguido de raiz, casca e madeira e galho. Segundo GONÇALVES e MELLO (2000) os teores de nutrientes são maiores nas partes ativas metabolicamente das plantas, como folhas e raízes, devido ao seu envolvimento em reações enzimáticas e em compostos bioquímicos de transferência de energia e transporte de elétrons (TAIZ e ZEIGER, 2004). As plantas acumularam maiores quantidades de N nas folhas, devido provavelmente por este ser o órgão de maior capacidade fotossintética, conforme também observado por BAGGIO (1994) em plantio puro de *Mimosa scarabella*, CALDEIRA et al. (2003) de *Acacia mearnsii* e BALIEIRO et al. (2004) de *Acacia mangium*.

Os maiores teores de nutrientes nas folhas, em relação a outros compartimentos, as tornam com maior potencial para ciclagem de nutrientes, embora este compartimento, normalmente represente um pequeno percentual da biomassa total das árvores na idade de quatro anos (LISBOA, 2010). BRONDANI et al. (2008) não observaram diferenças significativas do teor de N, P e K nas folhas de erva mate, aos 5 anos, para árvores com diferentes classes de copa (densa, média e rala).

As folhas em povoamentos florestais visando à restauração florestal são de grande importância, devido a ser o principal constituinte da serapilheira (ALONSO, 2010), podendo contribuir para o aumento do teor de nutrientes no solo após a decomposição dessa fração. O teor de magnésio nas espécies foi baixo e bastante variável, em comparação aos outros macronutrientes e apresentou maiores concentrações nas folhas, provavelmente por fazer parte do componente fotossintético, na estrutura da clorofila a e b, conforme mencionado por TAIZ e ZEIGER (2004).

Segundo MALAVOLTA et al. (1997), os teores foliares dos macronutrientes, em g.kg⁻¹, considerados adequados para espécies florestais são de 12 a 35 para N; de 1,0 a 2,3 para P; de 10 a 14 para K ;de 3 a 12 para Ca e de 1,5 a 5,0 para Mg. Através da Tabela 4, constata-se que os valores médios dos teores das seis espécies encontram-se dentro desses intervalos, indicando que as plantas não sofrem deficiência destes nutrientes. SANTOS FILHO et al. (2007) num estudo, em área degradada com espécies nativas da Amazônia, observaram grande disparidades nos teores de macronutrientes nas folhas, o que também foi observado neste estudo. As faixas de teores de macronutrientes na matéria seca das folhas para árvores de *Eucalyptus* e *Pinus* descritas por GONÇALVES (1995) são superiores às apresentadas pelas espécies nesse estudo, devido provavelmente ao elevado metabolismo e rápido

crescimento das primeiras.

Para o componente galho, que apresenta baixos teores na maioria dos macronutrientes, a espécie paineira apresentou valores médios significativamente superiores nos teores de P, K e Mg em comparação as demais espécies. LUCIO et al. (2010) consideram que os teores baixos estão associados a componentes com função mais estrutural ou de condução, como é o caso dos galhos e do lenho.

Em relação aos teores dos macronutrientes no componente casca, constata-se que a paineira foi a espécie que apresentou valores significativamente superiores, em comparação as demais, sendo exceção a esse padrão, verificado para o cálcio. A aroeira foi a espécie que apresentou menor teor de nutrientes.

Os maiores teores de cálcio são encontrados na casca, esse padrão também foi observado por LUCIO et al. (2010) para *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus* e *Pinus taeda* e por WITSCHORECK (2008) em *Pinus taeda*. Segundo LAMBERS et al. (2000), a alta concentração de cálcio na casca está associado à presença desse macronutriente na parede celular, não sendo redistribuído por estar associado à lignificação das paredes celulares, ocorrendo diminuição do teor acompanhando a idade da planta.

CALDEIRA et al. (2006) caracterizaram o índice de eficiência na translocação de macronutrientes (IEM) que é a relação entre biomassa produzida por nutriente utilizado, em aproximadamente 40 espécies da Floresta Ombrófila Montana, em General Carneiro- PR. Os autores observaram, que de maneira geral, estas espécies utilizaram mais eficientemente os nutrientes para a formação da biomassa, na seguinte ordem decrescente: $P > S > Mg > Ca > K > N$. Fazendo inferência a esta relação neste trabalho, constata-se que a aroeira se encontra entre as espécies que apresentaram IEM elevado para P e Mg, refletindo-se principalmente na produção de biomassa de madeira e casca, acima da produção de folhas. Este fato ajuda a compreender o crescimento relativamente bom, dessa espécie em solos com baixos teores de nutrientes, conforme relatado por CARVALHO (2003).

No compartimento madeira, a espécie com maiores teores de nutrientes foi a paineira, exceto para o N, em que não foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,10$) entre as espécies. Esse padrão pode ser decorrente desse compartimento ser metabolicamente pouco ativo nessa idade, quatro anos, contrariamente ao compartimento folha, embora CALDEIRA et al. (2006) tenha observado IEM diferentes quanto a N nas espécies com diferentes idades. Para todas as espécies estudadas, os valores dos macronutrientes foram inferiores, para esse compartimento, em comparação aos teores quantificados por LUCIO et al. (2010).

A raiz é um compartimento com relativo acúmulo de biomassa e nutrientes, mas normalmente não é estudada por apresentar dificuldades técnicas e operacionais de coleta, decorrentes do volume de solo a ser movimentado. Pela Tabela 4, constata-se que este componente apresentou valores médios dos teores de N, P, K e Mg semelhantes aos do compartimento madeira e galho. Esta semelhança existe devido a raiz ser uma estrutura também bastante lignificada, assim como a madeira e o galho. A espécie com valores significativamente superiores de macronutrientes na raiz foi a paineira e a de menores valores o guapuruvu.

A sequência dos macronutrientes nos compartimentos estudados foi: folha > casca > galho > raiz > madeira. Essa sequência também foi observada por LUCIO et al. (2010) nas espécies *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus* sp. e *Pinus taeda*, e por BELLOTE E SILVA (2004) em *Eucalyptus* sp. Para a acumulação dos macronutrientes foi verificada a seguinte ordem: $N > Ca > K > Mg > P$.

3.2. Médias dos teores de macronutrientes nos compartimentos de cada espécie

Na Tabela 5 é apresentado o resumo da análise de variância dos teores de macronutrientes, de cada espécie em função do compartimento. Verifica-se que apenas

os teores de fósforo e magnésio da paineira não apresentaram diferenças significativas ($P < 0,10$) entre os compartimentos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância das médias dos teores de macronutrientes nas espécies nos compartimentos, aos quatro anos após plantio, em seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espécie	Fonte variação	Graus de liberdade	-----Quadrado médio-----				
			Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
<i>Anandanthera macrocarpa</i>	Compartimentos	4	2,08*	0,01*	0,16*	1,57*	0,019*
	Resíduo	14	0,13	0,0008	0,02	0,08	0,006
	Coeficiente variação (%)			30,6	27,0	31,2	32,8
<i>Chorisia speciosa</i>	Compartimentos	4	2,46*	0,003 ^{n.s.}	0,81*	1,69*	0,04 ^{n.s.}
	Resíduo	13	0,13	0,007	0,25	0,44	0,02
	Coeficiente variação (%)			31,6	37,4	31,3	66,8
<i>Cordia</i> sp	Compartimentos	4	3,18*	0,03*	1,57*	0,54*	0,19*
	Resíduo	15	0,16	0,007	0,05	0,13	0,02
	Coeficiente variação (%)			37,7	57,7	18,6	68,6
<i>Inga marginata</i>	Compartimentos	4	2,35*	0,002*	0,07*	1,15*	0,01*
	Resíduo	15	0,01	0,0002	0,004	0,05	0,01
	Coeficiente variação (%)			11,3	14,1	12,1	39,9
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Compartimentos	4	1,52*	0,09*	0,73*	0,95*	0,13*
	Resíduo	15	0,04	0,02	0,03	0,03	0,09
	Coeficiente variação (%)			25,8	35,4	23,4	33,0
<i>Schizolobium parahyba</i>	Compartimentos	4	4,00*	0,02*	0,23*	1,16*	0,03*
	Resíduo	12	0,23	0,006	0,06	0,17	0,002
	Coeficiente variação (%)			43,1	40,0	30,9	44,6

Nome das espécies na sequência: angico vermelho, paineira, babosa sp., ingá, aroeira pimenteira e guapuruvu.

* diferenças significativas pelo teste F, ao nível de 10% de probabilidade. ^{n.s.} diferenças não significativas.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados dos valores médios dos teores de macronutrientes de cada espécie em função do compartimento. Em relação a nitrogênio, as folhas apresentaram os maiores teores, conforme evidenciado anteriormente.

Tabela 6. Médias dos teores de macronutrientes nas espécies e compartimentos e valores totais de macronutrientes, aos quatro anos após plantio, em seis espécies florestais, em área de restauração da UTE Barbosa Lima Sobrinho, Município de Seropédica, RJ

Espécie	Compartimento	Teor (g.kg)				
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
<i>Anandanthera macrocarpa</i>	Folha	23,4 a	1,3 b	7,7 a	7,6 b	1,9 a
	Galho	9,2 b	1,2 b	4,0 b	10,8 b	1,9 a
	Casca	12,8 b	2,0 a	6,3 a	19,9 a	0,9 b
	Madeira	3,7 c	0,4 d	2,6 b	2,6 c	0,4 b
	Raiz	10,7 b	0,8 c	4,6 b	4,3 c	0,7 b
	Total		59,8	5,7	25,2	45,2
<i>Chorisia speciosa</i>	Folha	31,3 a	2,9 a	19,4 a	24,4 a	6,4 a
	Galho	9,3 b	2,4 a	1,8 b	5,0 b	3,4 a

continua.....

	Casca	12,8 b	2,5 a	19,0 a	13,6 b	2,9 a
	Madeira	6,5 b	2,1 a	20,8 a	5,0 b	3,6 a
	Raiz	7,2 b	2,0 a	12,0 b	8,8 b	3,4 a
	Total	67,1	11,9	82,0	56,8	19,7
<i>Cordia</i> sp	Folha	25,9 a	3,0 a	19,8 a	10,5 a	6,8 a
	Galho	4,8 b	0,9 b	7,1 d	2,7 b	1,6 b
	Casca	9,7 b	1,1 b	16,3 b	7,4 a	2,8 b
	Madeira	4,1 b	1,1 b	4,7 d	2,5 b	1,7 b
	Raiz	8,0 b	1,1 b	11,9 c	2,6 b	2,1 b
	Total	52,5	7,2	59,8	25,7	15,0
<i>Inga marginata</i>	Folha	22,9 a	1,4 a	6,7 a	5,6 b	8,5 b
	Galho	6,0 c	0,9 b	4,4 c	5,3 b	21,4 a
	Casca	10,2 b	1,0 b	6,7 a	14,5 a	4,1 b
	Madeira	3,9 d	0,8 b	3,9 c	1,2 c	13,9 a
	Raiz	6,2 c	0,8 b	5,4 b	1,5 c	17,6 a
	Total	49,2	4,9	27,1	28,1	65,5
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Folha	18,5 a	1,9 a	14,8 a	12,4 a	5,1 a
	Galho	4,9 c	1,0 b	5,1 b	2,4 c	0,8 b
	Casca	5,0 c	0,8 b	5,7 b	8,3 b	1,9 b
	Madeira	3,3 c	0,7 b	4,6 b	1,2 c	0,6 b
	Raiz	7,5 b	1,3 b	6,0 b	2,1 c	1,5 b
	Total	39,2	5,7	36,2	26,5	9,9
<i>Schizolobium parahyba</i>	Folha	31,3 a	3,0 a	7,8 a	13,9 a	3,1 a
	Galho	9,6 b	1,7 b	9,8 a	13,1 a	1,7 b
	Casca	9,5 b	2,3 a	10,1 a	14,5 a	1,5 b
	Madeira	6,2 b	1,6 b	7,9 a	2,7 b	1,2 b
	Raiz	3,0 b	1,2 b	3,8 b	4,6 b	0,8 c
	Total	59,6	9,8	39,4	48,8	8,3

Nome das espécies na sequência: angico vermelho, paineira, babosa, ingá, aroeira pimenteira e guapuruvu.

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro da mesma espécie, não diferem entre si nas comparações, pelo teste de Scott-knott aos 10% de probabilidade.

Em relação ao N, a paineira juntamente com os indivíduos de angico e guapuruvu, foram às espécies com teores, no galho, significativamente superiores. Estas últimas duas espécies apresentaram maiores teores de cálcio, em relação às outras quatro estudadas.

Para fósforo, os maiores teores ocorreram nas folhas ou na casca, dependendo da espécie, sendo esse padrão também verificado para o potássio. Em relação ao cálcio, maiores teores foram quantificados na casca, exceto para paineira e aroeira, que apresentaram maiores teores desse nutriente na folha.

A paineira e aroeira pimenteira também foram estudadas por IANELLI-SERVIN (2007) em espaçamento 3 x 2 m, em povoamento visando a restauração florestal e adotando práticas silviculturais usuais, em área de pastagem degradada no estado de São Paulo, após 2 a 3 anos do plantio. Relata que os valores dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), em g.kg^{-1} , nas folhas foram respectivamente, para aroeira pimenteira 17,37; 1,04; 9,65; 7,74; 1,68 e para a paineira 25,55; 1,56; 12,40; 14,70; 4,31. Esses valores foram menores quando comparados aos deste estudo, o que se deve provavelmente ao solo do trabalho de IANELLI-SERVIN (2007) apresentar baixo teor de nutrientes, inferiores ao deste trabalho e pela diferença de idade do plantio.

COELHO et al. (2007) comparando *Eucalyptus grandis* em plantio puro e em plantio misto com *Mimosa scabrella* (bracatinga), ou *Mimosa caesalpiniaefolia* (sansão-do-campo) ou *Acacia mangium* (acácia mangium), aos 2 anos de idade após cultivo mínimo, em Itatinga-SP, observaram que as leguminosas apresentaram diferenças quanto a concentração de N. A bracatinga em plantio misto apresentou diferença significativa e superior para os teores de N,

com valores médios de teores, de 35,0; 13,0; 3,2 e 187, g.kg⁻¹, respectivamente nas folhas, galhos, casca e madeira.

Conforme se observa pela Tabela 6, angico, ingá e guapuruvu, que também são leguminosas, apresentaram valores semelhantes na folha, superiores no galho e inferiores na casca e madeira. Este padrão, provavelmente, se deve às espécies encontrarem-se numa fase intermédia de crescimento, com redistribuição dos nutrientes diferente da fase inicial, já que se encontra num sítio em que apresenta boa fertilidade e sem deficiência hídrica no solo.

A paineira foi a espécie que apresentou maior teor de nutrientes, indicando, entre as seis espécies estudadas nesta idade, ser a mais exigente em nutrientes. As espécies que apresentaram os menores teores foram aroeira e guapuruvu, indicando serem as menos exigentes no tocante a nutrientes.

4 CONCLUSÕES

Existem diferenças no teor de nutrientes da biomassa entre as seis espécies estudadas, sendo a paineira a mais exigente em nutriente, e aroeira e guapuruvu as menos exigentes. O teor de nutrientes nos compartimentos seguiu a ordem folha > casca > galho > raiz > madeira e de macronutrientes apresentou na ordem N > K > Ca > Mg > P.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-SCABBIA, R. J.; SCHLITTLER, F. H. M.; CESAR, O.; MONTEIRO, R.; GOMES, E. P. C.; NETO, S. R. Características físico-químicas do solo e distribuição de espécies arbóreas em um trecho de cuesta basáltica, Analândia, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 322-331, 2011.

ALONSO, J.M. **Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos**. 2010. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

BAGGIO, A. J. **Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracatinga *Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: Productividad, manejo de residuos y elaboración de compost**. 1994. 242p. Tese (Doutorado) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidade Politécnica de Madrid, 1994.

BALIEIRO, F. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serrapilheira acumulado sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p. 59-65, 2004.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V (Eds.) **Forest Nutrition and Fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2008, p. 113-139.

BRONDANI, G. E.; UKAN, D.; BORTOLINI, M. F.; CAMBRONERO, Y. C.; ROSSETO, E.; REISSMANN, C. B. Distribuição de N P K em um povoamento de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 257- 275, 2008.

CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. Santa Maria,

- RS. 1998. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W.; SOARES, R. V.; MARQUES, R.; WISNIEWSKI, C. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez e *Myrsine umbellata* Mart. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 265-273, 2003.
- CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; WATZALAWICK, L. F. Índice de eficiência de macronutrientes em espécies arbóreas em Floresta Ombrófila Mista Montana /Paraná. **Ciência Agrária**, Londrina, v. 27, n. 3, p. 321-332, 2006.
- CAMPOE, O. C.; STAPE, J. L.; MENDES, J. C. T. Can intensive management accelerate the restoration of Brazil's Atlantic forest?. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1808-1814, 2010.
- CAPERNEZZI, A. A.; CAPERNEZZI, O. T. B. **Espécies nativas recomendadas para recuperação ambiental no Estado do Paraná: em solos degradados**. Colombo, Embrapa Florestas, 2006 (Documentos/Embrapa Florestas, 136). 54p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, v. I e II, 2003. 1039 p.
- CHAZON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, Washington, v. 320, p. 1458, 2008.
- COELHO, S. R. F.; GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M.; MOREIRA, R. M.; SILVA, E. V.; LACLAU, J. P. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 759-768, 2007.
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2 ed. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2002. 65 p.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos florestais**, Piracicaba, v. 15, p. 1-23, 1995.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000, p. 1-49.
- HÜLLER, A.; COELHO, G. G.; LUCCHESI, O. A.; SCHIMER, J. Um estudo comparativo entre quatro espécies arbóreas utilizadas na restauração da cobertura florestal ripária do rio Uruguai. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 297-304, 2009.
- IANELLI-SERVIN, C. M. I. **Caracterização ecofisiológica de espécies nativas da Mata Atlântica sob dois níveis de estresse induzidos pelo manejo florestal em área de restauração florestal no Estado de São Paulo**. 2007. 94p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, SP, 2007.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n. 42, p. 83-93, 1998.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer-Verlag, 2000. 540p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras - Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ª Ed, Nova Odessa: Editora Plantarum, v. III, 2003. p. 368.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Editora Plantarum, v. I, 1992. p. 352.

LUMBRERAS, J. F.; NAIME, J. U.; CARVALHO FILHO, A.; WITTERN, K. P.; et al. Domínios geoambientais, unidades de proteção ambiental e unidades agroecológicas. In: Zoneamento agroecológico do Estado do Rio de Janeiro-Ano 2003. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 113p.

LISBOA, A. C. **Estoque de carbono em área de recomposição florestal com diferentes espaçamentos de plantio**. 2010, p. 49. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais e florestais) – Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

LUCIO, A. C.; ROSSATO, R. A. R.; SCHUMACHER, M. V.; FORTES, F. O.; STORCK, L.; WITSCHORECK, R. Limites de precaução e de controle em análises nutricionais de espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 529-537, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. ; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p

MILLER, H. G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant soil**, Dordrecht, v. 168-169, p. 225-232, 1995.

PALLARDY, S. **Physiology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 2008. 454p.

PIMENTA, J. A.; ROSSI, L. B.; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; BIANCHINI, E. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Ata Botânica Brasileira**, Feira de Santana, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011 .

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

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed UNESP, 2008. 407 p.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: John Wiley and Sons, 1990. 634p.

RADERSMA, S. **Tree Effects on Crop Growth on a Phosphorus - fixing Ferralsol**. 2002. 2002, p.187. Thesis (Ph.D.). University of Wageningen, Wageningen, The Netherlands, 2002.

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

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2723-2733, 2008.

SANTOS FILHO, B. G.; PANTOJA, M. J.; BATISTA, T. F. C.; TAVARES, A. E. B.; RIBEIRO, R. C.; PINHEIRO, H. A. Comportamento nutricional de espécies arbóreas utilizadas no reflorestamento de áreas degradadas sob o impacto de exploração petrolífera na região de Urucu, município de Coari, AM. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, suplemento 2, p. 1134-1136, 2007.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell**. 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: SANTARÉM, E. R. [et al.]. Ed. 3. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEDESCO, M. J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Departamento de Solos. Faculdade de agronomia. Porto Alegre, 1995. 174p.