



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANTONIO VICENTE MOSCOGLIATO

**ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA EM RESERVAS
LEGAIS RECUPERADAS POR MEIO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS**

ANTONIO VICENTE MOSCOGLIATO

**ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA EM RESERVAS
LEGAIS RECUPERADAS POR MEIO DE SISTEMAS
AGROFLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) da
Universidade Estadual de Londrina para obtenção do
título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Marcelo Domingues
Torezan

Londrina
2011

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M896e Moscogliato, Antonio Vicente.

Estimativas de biomassa aérea em reservas legais recuperadas por meio de sistemas agroflorestais / Antonio Vicente Moscogliato. – Londrina, 2011. 48 f. : il.

Orientador: José Marcelo Domingues Torezan.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2011.

Inclui bibliografia.

1. Reflorestamento – Teses. 2. Biomassa vegetal – Teses. 3. Agrosilvicultura – Teses. 4. Seqüestro de carbono – Teses. I. Torezan, José Marcelo Domingues. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 634.0.2

ANTONIO VICENTE MOSCOGLIATO

**ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA EM RESERVAS LEGAIS
RECUPERADAS POR MEIO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) da
Universidade Estadual de Londrina para obtenção do
título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Marcelo Domingues Torezan
UEL – Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Antonio Carlos Galvão de Melo
IF – Instituto Florestal

Prof. Dr. Waldemar Zangaro Filho
UEL – Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 17 de agosto de 2011.

Dedico a DEUS em louvor a Jesus Cristo, a minha MÃE (Dona Cida), que foi a principal incentivadora e patrocinadora deste trabalho e a quem eu AMO de todo o meu coração, juntamente à minha Família, Amigos e minha Esposa Roselene, que fazem a minha vida especial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UEL – Universidade Estadual de Londrina – e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas pela oportunidade de realizar o mestrado. Ao Prof. Dr. José Marcelo D. Torezan, pela confiança, dedicação e fundamental orientação em todas as partes deste trabalho e conseqüentemente no meu crescimento profissional e científico.

Ao Prof. Dr. Eduardo Humberto Ditt, pelas contribuições e incentivo no início e também no decorrer do trabalho, sempre que consultei a sua ajuda, e ao Prof. Dr. Alexandre Uezu pelas dicas e ajuda nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Waldemar Zangaro Filho e ao Prof. Dr. Antonio Carlos Galvão de Melo, por terem aceitado participar do processo de avaliação deste trabalho e pelas críticas e sugestões fundamentais para a finalização do estudo.

Aos professores que também contribuíram para o meu crescimento profissional e científico através das disciplinas ministradas: Prof. Dr. Efraim Rodrigues, Prof. Dr. José Lopes, Prof. Dr. José Antonio Pimenta, Prof. Dr. Vandir Medri, Prof. Dr. Edmilson Bianchini e Prof. Dr. Maurício Osvaldo Moura.

Aos estagiários e funcionários do LABRE – Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas da UEL, que ajudaram na identificação das espécies arbóreas e na triagem dos solos que foram analisados. Também em relação à identificação das espécies arbóreas, foram fundamentais as ajudas da Profa. Dra. Giselda Durigan, Profa. Dra. Ana Odete S. Vieira e Profa. MSc. Alba Lúcia Cavalheiro.

Ao grande amigo Valter Ribeiro Campos e à bióloga Williana Souza Leite Marin, que ajudaram na coleta de dados e que com certeza foram os principais responsáveis por eu ter conseguido realizá-las. Ao também grande amigo Wilsom Mamedio (Didi), que confeccionou a vara de bambu graduada para coleta da altura das árvores e a todas as estagiárias que ajudaram nas coletas de campo: Aline Souza, Aline Fátima, Érica Amorin e Maisa Mayara.

Agradecer a DEUS sempre e todos os dias é obrigatório e prazeroso, pois como já ouvi dizer, DEUS é louvado através do “Homem de Pé”. Tudo o que fazemos e realizamos é um constante agradecimento e cumprimento de SUA vontade. ELE também nos coloca ao redor de pessoas (Família e Amigos) que são fundamentais para que tudo ocorra no momento certo.

MOSCOGLIATO, Antonio Vicente. **Estimativas de biomassa aérea em reservas legais recuperadas por meio de sistemas agroflorestais**. 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Área de Concentração Botânica) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR.

RESUMO

O desmatamento de florestas, as mudanças no uso do solo e principalmente a queima de combustíveis fósseis vêm alterando as concentrações de gases estufa na atmosfera e dessa forma elevando a retenção de calor pelo planeta. O dióxido de carbono (CO_2) responde por 80% das emissões antrópicas de gases estufa, podendo ser removido da atmosfera pela fotossíntese realizada nos vegetais, que armazenam o carbono na parede celular, gerando a biomassa ou matéria orgânica. Dentro desse contexto, torna-se importante conhecer a quantidade e a distribuição da biomassa vegetal em diferentes ecossistemas e modelos de recuperação de áreas degradadas, fornecendo assim informações para estudos de sequestro de carbono. A biomassa florestal pode ser determinada através do método direto, cortando e pesando os vários componentes da floresta ou ser estimada indiretamente por volumetria ou com o uso de equações de regressão que convertem medidas como diâmetro e altura para biomassa total da árvore. O objetivo deste estudo foi estimar a biomassa aérea em dois reflorestamentos com espécies nativas, de seis e quatro anos de idade, implantados por meio do sistema agroflorestal Taungya. Este sistema permite o uso agrícola nas entrelinhas das mudas florestais, ajudando na subsistência humana, reduzindo custos iniciais e estendendo o tempo de manejo dos reflorestamentos. O local é a Reserva Legal de um assentamento da reforma agrária, na cidade de Teodoro Sampaio, São Paulo, sudeste do Brasil ($22^\circ 21' \text{ S}$ e $52^\circ 25' \text{ W}$), região conhecida como Pontal do Paranapanema. Os reflorestamentos foram subdivididos em quatro talhões cada, representando oito manejos diferentes, realizados pelas famílias de agricultores do assentamento. Foram comparadas as médias em biomassa aérea entre os talhões de mesma idade, permitindo assim descrever a variação desse estoque nos diferentes manejos do sistema agroflorestal. A média das estimativas aos seis anos foi de $17,43 \text{ Mg ha}^{-1}$, variando de $8,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $23,97 \text{ Mg ha}^{-1}$. Aos quatro anos, a média foi de $20,98 \text{ Mg ha}^{-1}$, variando de $13,75 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $29,89 \text{ Mg ha}^{-1}$. Diferenças na biomassa aérea foram marcadamente influenciadas pelo manejo, uma vez que essas variações puderam ser observadas em um mesmo reflorestamento, com mesmo espaçamento, composição de espécies, método de implantação, manutenções realizadas após a saída dos agricultores e solo aparentemente uniforme. A recuperação de áreas degradadas através desse sistema não implica em perdas severas em relação a reflorestamentos convencionais com espécies nativas, pelo menos no que tange ao acúmulo de biomassa.

Palavras-chave: Sequestro de carbono. Recuperação de áreas degradadas. Sistema agroflorestal Taungya.

MOSCOGLIATO, Antonio Vicente. **Estimates of biomass in legal reserves recovered through agroforestry**. 2011. 48 f. Dissertation (Masters Degree in Biology – Concentration Area Bothany) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR.

ABSTRACT

The deforestation, changes in land use and particularly the burning of fossil fuels have been altering the concentrations of greenhouse gases in the atmosphere and, thus, increasing the retention of heat by the planet. Carbon dioxide (CO₂) represents 80% of anthropogenic greenhouse gases emission and can be removed from atmosphere through the photosynthesis performed by plants, which store carbon in the cell wall, generating the biomass or organic matter. In this context, it is important to know the amount and distribution of plant biomass in different ecosystems and models of recovery of degraded areas, providing information for studies of carbon sequestration. Forest biomass can be determined by direct method, cutting and weighing the several components of the forest or indirectly estimated by volumetry or using regression equations that convert measures such as diameter and height to total tree biomass. The aim of this study was to estimate the biomass in two reforestation with native species, six and four years of age, implanted through agroforestry Taungya. This system allows the agricultural use in between furrows of forest seedlings, helping human livelihoods, reducing initial costs and extending the management time of reforestation. The location is the Legal Reserve of an agrarian reform settlement in Teodoro Sampaio, São Paulo, a southeastern Brazilian town (22°21' S and 52°25' W), a region known as Pontal do Paranapanema. The reforestation activities were subdivided into four plantation blocks each, representing eight different management, performed by the farmers families of the settlement. We compared the means of aerial biomass among the same aged plantation blocks, allowing to describe, thus, the variation of these stocks in the different management of the agroforestry. The average of estimates at the age of six was 17.43 Mg ha⁻¹, ranging from 8.31 Mg ha⁻¹ to 23.97 Mg ha⁻¹. At age four, the average was 20.98 Mg ha⁻¹, ranging from 13.75 Mg ha⁻¹ to 29.89 Mg ha⁻¹. Differences in biomass were markedly influenced by the management, since these variations could be observed in the same reforestation, with the same spacing, species composition, method of implantation, maintenance carried out after the departure of farmers and apparently uniform soil. The restoration of degraded areas through this system does not involve severe losses compared to conventional reforestation with native species, at least related to the biomass accumulation.

Keywords: Carbon sequestration. Reclamation of degraded areas. Agroforestry Taungya.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Culturas agrícolas cultivadas e tempo de permanência nos talhões para cada agricultor, e manutenções realizadas nos reflorestamentos após o término do consórcio agroflorestal.....	31
Tabela 2 – Lista de espécies identificadas nos reflorestamentos, quantidade de indivíduos amostrados por talhão e classe sucessional (CS) sendo P = Pioneiras e NP = não pioneiras.....	33
Tabela 3 –Biomassa aérea das 10 espécies mais representativas em R1.....	35
Tabela 4 –Biomassa aérea das 10 espécies mais representativas em R2.....	35

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – a)** Localização do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo; **b)** Localização do assentamento Santa Zélia (em vermelho) na cidade de Teodoro Sampaio, São Paulo 28
- Figura 2 –** Média e desvio padrão das estimativas de biomassa aérea (Mg ha^{-1}) nos reflorestamentos. As letras acima das barras, quando diferentes entre talhões do mesmo reflorestamento, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias, analisado pelo teste de Tukey ($p = 0,034$ para R1 e $p = 0,029$ para R2) 34

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E AS PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO.....	12
OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ESTRATÉGIA DE SEQUESTRO DE CARBONO.....	14
A BIOMASSA FLORESTAL	16
QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL	17
OBJETIVO	19
REFERÊNCIAS	20
ARTIGO - ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA EM RESERVAS LEGAIS RECUPERADAS POR MEIO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS	24
RESUMO	25
ABSTRACT	25
1 INTRODUÇÃO	26
2 MÉTODOS	28
2.1 ÁREA DE ESTUDO	28
2.2 METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO.....	29
2.3 MANEJOS REALIZADOS	30
2.4 ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA.....	31
2.5 ANÁLISE DE DADOS	32
3 RESULTADOS	33
4 DISCUSSÃO	35
5 CONCLUSÕES	37

REFERÊNCIAS	38
ANEXOS	41
ANEXO A –Características do solo de R1 (2004) e R2 (2006), respectivamente.....	42
ANEXO B –Número de espécies e de indivíduos por classe sucessional, por talhão e reflorestamento.....	43
ANEXO C –Biomassa aérea por espécie dentro de cada talhão.....	44
ANEXO D –Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados nos reflorestamentos	48

INTRODUÇÃO GERAL

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E AS PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO

O efeito estufa é um fenômeno natural e essencial para a manutenção do clima e dos ecossistemas terrestres em que gases como vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) retêm calor na atmosfera (PINTO *et al.*, 2008). A partir da Revolução Industrial ocorrida no século XIX, houve um aumento das concentrações de gases estufa (GE) na atmosfera devido à intensificação das atividades agrícolas, industriais, de transporte e principalmente pelo uso de combustíveis fósseis (BIDERMAN, 2005). Os dois principais gases causadores do efeito estufa são o CO₂, que responde por 80% das emissões antrópicas, e o CH₄, com uma capacidade de reter calor 20 vezes maior do que o CO₂ (CHANG, 2004). O incremento de GE na atmosfera, que aumenta a retenção de calor pelo planeta, se tornou uma das maiores preocupações da humanidade no século XXI, sendo chamado de aquecimento global ou de mudanças climáticas globais.

Nas próximas décadas, os efeitos dessas alterações no clima deverão causar impactos em aspectos sociais, econômicos e políticos para os seres humanos, bem como mudanças nos ecossistemas que afetarão a biodiversidade e o funcionamento dos mesmos no planeta (DALE, 1997). Como exemplo, temos o aumento de eventos climáticos extremos, a elevação do nível dos oceanos, a perda de cobertura de gelo, alterações na disponibilidade de recursos hídricos, desertificação e interferências na agricultura (PINTO *et al.*, 2008). Formular estratégias para atenuar as emissões antrópicas de carbono não é tarefa fácil e a existência de outras prioridades ambientais, sociais, fatores econômicos e comerciais e interesses políticos dificultam esse trabalho (RIGHELATO; SPRACKLEN, 2007).

No final da década de 80, A Organização das Nações Unidas criou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças no Clima (IPCC em inglês). Composto principalmente por cientistas, o IPCC comprovou que as atividades antrópicas eram responsáveis pela elevação da temperatura média do planeta. Com base nesses resultados, 154 países assinaram em 1992 a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC em inglês), que visa estabilizar as concentrações de GE na atmosfera em níveis que impeçam uma interferência danosa ao sistema climático (BIDERMAN, 2005). Em 1997, o Protocolo de Kyoto definiu, entre outros aspectos, metas de redução de emissão de GE para países industrializados (ROCHA, 2003). Esse Protocolo deu visibilidade política aos sumidouros de

carbono terrestres, dando grande importância à gestão de ecossistemas florestais e às mudanças no uso da terra e nas florestas (KURBANOV; POST, 2002).

A remoção do CO₂ da atmosfera ocorre por meio da fotossíntese dos vegetais, e parte desse carbono removido é armazenado na parede celular, gerando a biomassa ou matéria orgânica (CALDEIRA *et al.*, 2003). As florestas estocam carbono tanto na biomassa acima como abaixo do solo e representam mais carbono do que atualmente existe em relação ao estoque na atmosfera (SILVEIRA *et al.*, 2008). Exatamente por isso muita atenção foi dada ao papel das florestas e das árvores como retentoras de carbono, sejam fixando ou armazenando esses compostos carbônicos (SANQUETTA *et al.*, 2003).

O desmatamento e as mudanças no uso do solo nos trópicos produzem impactos significativos sobre o ciclo global do carbono, aumentando as taxas de emissões de CO₂ para a atmosfera, afetando a capacidade de armazenamento e diminuindo o acúmulo acima e abaixo do solo (SILVER *et al.*, 2000). Após o corte da vegetação, o carbono da biomassa pode seguir caminhos distintos, podendo ser exportado (liberado para a atmosfera) ou armazenado no solo (permanecendo no local como matéria morta) (BROWN; LUGO, 1992). Quando a biomassa é queimada, gases são liberados diretamente durante a combustão e parte do carbono pode ser deixada como carvão ou convertida em fuligem (FEARNSIDE, 2000).

Atualmente, as regiões tropicais são emissoras de CO₂ na atmosfera devido aos desmatamentos, enquanto as regiões temperadas e boreais são sequestradoras, porque as suas florestas estão crescendo e se recuperando de perturbações passadas (BROWN, 1999). O Brasil desempenha um importante papel nas atuais emissões globais de carbono, devido à queima de biomassa e de outros processos iniciados pelo desmatamento e por possuir vastas áreas de florestas que representam um potencial de emissões futuras (FEARNSIDE, 2000). As florestas primárias como a Amazônia possuem mais carbono por unidade de área do que qualquer outro tipo de uso do solo, cujo fluxo para a atmosfera através do desmatamento ocorre muito mais rápido do que o sequestro através de reflorestamentos (CAIRNS; MEGANK, 1994).

A produtividade primária bruta (PPB) é a quantidade de carbono fixada pela fotossíntese das plantas e a produtividade primária líquida (PPL) é a produção líquida de biomassa pelas plantas, ou seja, é a PPB menos a respiração autotrófica (MARTINS, 2004). A PPL acima do solo é estimada através da soma do incremento em biomassa das árvores e das taxas de acúmulo de serrapilheira, porém, outros processos de perda como a herbivoria e a volatilização de moléculas orgânicas influenciam nessas estimativas (CHAMBERS *et al.*,

2001). Taxas de PPL em madeira para florestas secundárias tropicais, medidas em curto intervalo de tempo (um a dois anos), variaram de 2 até 11 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ dependendo do clima (BROWN; LUGO, 1990). A biomassa e a PPL podem não ser relacionadas e variam com o estado sucessional da vegetação em questão, observando que uma floresta adulta requer muita energia para manter o alto estoque de biomassa, apresentando assim uma baixa produtividade em relação a florestas jovens e de rápido crescimento (SILVEIRA *et al.*, 2008).

Dessa forma, a redução das emissões prioritariamente deve considerar a conservação da biomassa e do solo, o manejo florestal sustentável, a proteção contra incêndios e a promoção de queimas controladas (WINROCK, 2000). Geralmente é necessário um entendimento sobre as causas não climáticas de uso da terra, como, por exemplo, as socioeconômicas e as políticas, para proteger as florestas remanescentes de forma eficaz em escalas regional e global (DALE, 1997). Estratégias de conservação devem visar ao manejo das matrizes próximas e entre áreas protegidas ou fragmentos florestais para acomodar mudanças nos padrões de espécies e outras consequências provocadas por alterações no clima (HANNAH, 2004). Potejer a biodiversidade e permitir que as pessoas atendam de forma sustentável suas necessidades são igualmente prováveis de serem bem-sucedidas na conservação de carbono, ajudando a conter as mudanças climáticas (CAIRNS; MEGANK, 1994).

OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMO ESTRATÉGIA DE SEQUESTRO DE CARBONO

Apesar da necessidade de conservação das florestas e do uso racional dos recursos naturais serem reconhecidos como estratégias que podem atenuar as emissões de CO₂ e ajudar no combate às mudanças climáticas, o que se observa na prática é o contrário. Devido ao crescimento da população humana, as áreas de terras tropicais degradadas continuam aumentando frente à crescente demanda por terras agrícolas, fibras, lenha e outros produtos florestais como também da nossa alta capacidade tecnológica para modificar paisagens (LUGO, 1997). A ausência de fontes de propágulos próximas, a competição com a vegetação herbácea, a predação por herbívoros e solos de baixa fertilidade são algumas das barreiras que impedem a autorregeneração de muitas dessas áreas degradadas (ZIMMERMAN *et al.*, 2000).

Para que a recuperação ambiental seja mais facilmente alcançada, surge a prática da restauração ecológica, que, por meio de atividades intencionais, busca acelerar a recuperação de um ecossistema degradado, perturbado ou destruído (SER, 2004). Essa prática ajuda a recuperar parte da biodiversidade local e facilita os processos biológicos relacionados

à manutenção do ecossistema florestal por meio do plantio, condução e manejo de espécies florestais nativas (KAGEYAMA *et al.*, 2003). Nos últimos anos, a crescente demanda por práticas de restauração ecológica, como resultado também de mudanças na legislação ambiental brasileira, tem levado à criação de técnicas mais adequadas para obter êxito em diferentes ecossistemas (SOUZA; BATISTA, 2004).

Porém, em alguns casos, essas leis que norteiam as decisões dos órgãos licenciadores vêm restringindo a iniciativa de proprietários, a criatividade dos profissionais que elaboram projetos e limitando oportunidades de pesquisa (DURIGAN *et al.*, 2010). O que se espera é que essas metodologias busquem benefícios ótimos, aliando uma máxima conservação da biodiversidade a maiores benefícios financeiros e sociais dentro das limitações tecnológicas e de recursos disponíveis (ENGEL, 2007). O uso de sistemas agroflorestais (SAFs) pode ajudar a atingir esses objetivos, oferecendo maior área de habitat e de conexão da matriz e envolvendo maior cobertura de árvores que podem substituir produtivamente sistemas de agricultura convencional ou áreas de pastagens (HANNAH, 2004).

Os SAFs são sistemas de uso da terra nos quais espécies perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) são intencionalmente utilizadas e manejadas em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais (MAY; TROVATTO, 2008). O conceito de SAF se apoia na premissa de que os sistemas de uso da terra, que são estruturais e funcionalmente mais complexos do que monoculturas, resultam em maior eficiência na captura e utilização de recursos e maior diversidade estrutural (NAIR *et al.*, 2009). O que raramente tem sido discutido na literatura sobre restauração é que SAFs podem ser utilizados como fase de transição, ajudando na subsistência humana, reduzindo custos iniciais e estendendo o tempo de manejo dessas áreas (VIEIRA *et al.*, 2009).

Além de proporcionar uma diversificação nas fontes de renda e favorecer a segurança alimentar dos agricultores, os SAFs podem contribuir para a fixação da mão de obra no campo e para a organização coletiva de pequenos agricultores (RODRIGUES *et al.*, 2008). Por ser capaz de fornecer múltiplos benefícios aliados ao sequestro de carbono, os SAFs abordam a questão da concepção ecologicamente correta e economicamente viável das práticas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (SCHOENEBERGER, 2009). Nos SAFs, a biomassa colhida e exportada é baixa em relação à produtividade das árvores, assim, um volume maior de carbono é fixado em determinado período e ocorre a permanência desses estoques por prazo superior à maioria das monoculturas e práticas florestais comerciais ou de restauração (MONTAGNINI; NAIR, 2004). O potencial de sequestro de carbono em SAFs

pode variar de 0,29 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 15,21 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo do tipo de sistema, composição de espécies, idade das espécies, localização geográfica, fatores ambientais e tipos de manejo (JOSE, 2009).

Atualmente, torna-se importante a quantificação do serviço ambiental de sumidouros de carbono, prestado por diferentes modelos de plantio em diferentes situações ambientais, e a discussão da eficácia dessas estratégias na redução dos níveis de CO₂ atmosférico (MELO; DURIGAN, 2006). No entanto, o potencial dos SAFs como uma estratégia para sequestro de carbono ainda não foi plenamente reconhecido, e muito menos explorado (MONTAGNINI; NAIR, 2004). Uma das dificuldades é que as espécies de árvores e a forma como elas são combinadas em diferentes SAFs exercem influência tanto na quantidade como na qualidade da biomassa devolvida ao solo (NAIR *et al.*, 2009). Os SAFs podem sequestrar uma maior quantidade de carbono e tornar esses estoques mais permanentes quanto maior for a idade de rotação das árvores e pela fabricação de produtos mais duráveis após a colheita (JOSE, 2009).

A BIOMASSA FLORESTAL

Biomassa é a matéria de origem biológica, viva ou morta, e o termo biomassa florestal pode significar toda a biomassa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma (SANQUETTA; BALBINOT, 2004). O termo biomassa pode ser de origem vegetal (fitomassa) ou de origem animal (zoomassa) e para melhor especificar que se trata da porção arbórea da fitomassa, pode-se usar o termo fitomassa florestal ou fitomassa arbórea (SANQUETTA; BALBINOT, 2004). A biomassa pode ser expressa por massa verde – que é o material fresco amostrado, contendo uma proporção variável de água – ou por massa seca, que é a massa de uma árvore, de um arbusto ou seus componentes, obtida após a secagem do material em estufa (URBANO, 2007). Os estudos de biomassa florestal são realizados com objetivos diversos, dentre os quais a caracterização da ciclagem de nutrientes, a quantificação para fins energéticos e como base de informação para estudos de sequestro de carbono (SILVEIRA *et al.*, 2008).

A biomassa é um dos aspectos mais importantes para a caracterização estrutural dos ecossistemas, pois expressa o potencial de acumulação de energia e nutrientes pela biota em interação com fatores ambientais (BURGER; DELITTI, 1999). A biomassa é muito útil como instrumento de medida para avaliações de alterações na estrutura das florestas e também para a comparação de atributos estruturais e funcionais dos ecossistemas florestais

através de uma ampla gama de condições ambientais (BROWN *et al.*, 1999). Apesar da importância de conhecer a quantidade e distribuição da biomassa dos vegetais, esse aspecto não é bem conhecido, particularmente para florestas tropicais, devido às dificuldades envolvidas na obtenção de dados de campo (SALIS *et al.*, 2006). Quantificar precisamente toda a biomassa de uma floresta, saber qual proporção é imediatamente oxidada e qual é decomposta em maior tempo, além da velocidade de acúmulo durante o crescimento, são aspectos críticos sobre a biomassa florestal (BROWN; LUGO, 1992).

As florestas tropicais secundárias jovens possuem em média um estoque de biomassa aos 15 anos de 100 Mg ha^{-1} , dependendo do clima, e algumas mais velhas conseguem chegar a 200 Mg ha^{-1} após 80 anos (BROWN; LUGO, 1990). Estimando o estoque de biomassa na região oeste da Amazônia brasileira, Alves *et al.* (1997) encontraram valores para floresta madura variando de 290 Mg ha^{-1} a 495 Mg ha^{-1} . A biomassa que pode ser conservada pelo uso de práticas de manejo florestal é variável, sendo influenciada por fatores como precipitação, temperatura, altitude, solo, uso histórico da área, diversidade de espécies, tipologia florestal e manejos adotados (BROWN, 1999). Em reflorestamentos heterogêneos, a comparação do desempenho entre áreas de mesma idade mostrou que nem sempre o reflorestamento com maior densidade de plantio apresenta o maior ganho no acúmulo de biomassa (MELO; DURIGAN, 2006).

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL

O estoque de carbono em florestas é obtido pela quantificação da biomassa, que pode ser realizada pelo método direto (determinação) ou indireto (estimativa). Em geral, os componentes estimados são: biomassa viva acima do solo ou biomassa aérea, composta por árvores e arbustos, biomassa morta acima do solo, composta pela serrapilheira e troncos caídos e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes (ARAÚJO *et al.*, 1999).

Determinação é a medição real realizada diretamente da biomassa, na qual todas as árvores de uma determinada parcela são derrubadas e pesadas por meio de um dinamômetro ou uma balança, realizando-se, em seguida, a extrapolação das amostras para a área total de interesse (SILVEIRA, 2009). Apesar das árvores no campo é o método mais acurado para estimar a biomassa aérea de árvores, mas é um método extremamente demorado e destrutivo, limitado a pequenas áreas e a pequenos tamanhos de amostras das árvores (KETTERINGS *et al.*, 2001). Por se basear em parcelas pequenas e tendenciosamente escolhidas, o método direto ou destrutivo é pouco confiável, sendo utilizado apenas em

estudos de ecologia de pequena escala (BROWN; LUGO, 1992). Determinações não são possíveis em grandes extensões florestais, cabendo em áreas pequenas e amostras tomadas na população para ajustar e calibrar os modelos empregados nas estimativas de biomassa em grandes áreas (SANQUETTA *et al.*, 2006).

O método indireto é mais rápido e pode amostrar uma maior área e número de indivíduos, pois utiliza variáveis mais facilmente obtidas no campo (SANTOS *et al.*, 2004). Estimativas são realizadas por volumetria ou com o uso de equações de regressão que convertem medidas como diâmetro e altura para biomassa total da árvore (LOSI *et al.*, 2003). A estimativa de biomassa a partir de dados de volume de inventários florestais fornece uma ótima oportunidade, porque esses dados são abundantes e geralmente de amostras de grandes áreas, utilizando métodos de amostragem que representam as populações de interesse (BROWN *et al.*, 1989). Equações de regressão não devem ser empregadas em árvores cujas medidas ultrapassem ou estejam abaixo dos limites das medidas daquelas utilizadas para gerar a equação, pois, caso contrário, os valores estimados serão distorcidos (LOSI *et al.*, 2003).

Por isso, é necessário aperfeiçoar os métodos indiretos para se chegar a estimativas mais confiáveis e o ideal é ter um modelo estatístico para cada tipo florestal e para cada sítio (HIGUCHI *et al.*, 2004). As equações que apresentem estimativas mais precisas devem ser preferidas, no entanto, aquelas mais simples (apenas com o DAP) podem ser utilizadas quando o foco é o monitoramento do incremento médio anual das árvores (VIEIRA *et al.*, 2008). Assim como para florestas, podem ocorrer estimativas errôneas de biomassa nos SAFs se equações generalizadas forem utilizadas, pois a arquitetura das raízes e das copas das árvores são influenciadas por práticas de manejo (NAIR *et al.*, 2009).

OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi quantificar, por método indireto, a biomassa aérea em dois reflorestamentos com espécies nativas, de seis e quatro anos de idade e que foram implantados por meio de SAFs. Cada reflorestamento foi subdividido em quatro talhões com diferentes manejos, sendo possível fazer comparações entre os talhões de mesma idade e descrever as diferenças no acúmulo de biomassa aérea.

REFERÊNCIAS

- ALVES, D.S. et al. Biomass Of Primary And Secondary Vegetation In Rondônia, Western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v. 3, p. 451-461, out. 1997.
- ARAÚJO, T.M. et al. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rainforest site in the state of Para, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 117, n. 1-3, p. 43-52, 1999.
- BIDERMAN, R. **Introdução à mudança climática global**. Brasília: IPAM, 2005. 44 p.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A.E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, dez. 1989.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 6, n. 1, p. 1-32, fev. 1990.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. **Interciência**, v. 17, n. 1, p. 8-18, jan./fev. 1992.
- BROWN, S. Opportunities for Mitigating Carbon Emissions through Forestry Activities. **Winrock International**, mar. 1999. Disponível em: <http://www.winrock.org/ecosystems/files/Opportun_for_mitigating_carbon.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2011.
- BROWN, S.; SCHROEDER, P.; KERN, J. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1, p. 81-90, out. 1999.
- BURGER, D.M.; DELLITTI, W. Fitomassa epígea da mata ciliar do rio Mogi-Guaçu, Itapira – SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, n. 3, p. 429-435, dez. 1999.
- CAIRNS, M.A.; MEGANCK, R.A. Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development: integrated forest management. **Environmental Management**, v. 18, n. 1, p. 13-22, 1994.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 47-54, abr./jun. 2003.
- CHAMBERS, J.Q. et al. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 73-84, 2001.
- CHANG, M.Y. Sequestro florestal do carbono no Brasil. Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: UFPR /ECOPLAN, 2004. p. 15-37.
- DALE, V.H. The relationship between land-use change and climate change. **Ecological Applications**, v. 7, n. 3, p. 753-769, ago. 1997.

DURIGAN, G.; ENGEL, V.L.; TOREZAN, J.M.D.; MARTINS, S.V.; REIS, A.; SCARANO, F.R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore (Impresso)**, v. 34, p. 471-485, 2010.

ENGEL, V.L. Restauração ecológica de florestas tropicais: aliando benefícios ecológicos, econômicos e sociais. **Revista Opiniões sobre o Setor de Celulose, Papel e Floresta**, p. 11-30, mar./maio 2007.

FEARNSIDE, P.M. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. **Climatic Change**, v. 46, n. 1-2, p. 115-158, 2000.

HANNAH, L. Agroforestry and climate change-integrated conservations strategies. In: Gotz SCHORTH, G. et al. (eds.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, USA: Island Press, 2004. p. 473-486.

HIGUCHI, N. et al. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. **Floresta**, v. 34, n. 3, p. 295-304, set./dez. 2004.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 1, p. 1-10, 2009.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 27-48.

KETTERINGS, Q.M. et al. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 146, n. 1-3, p. 199-209, jun. 2001.

KURBANOV, E.A.; POST, W.M. Changes in area and carbon in forests of the middle Zavolgie: a regional case study of Russian forests. **Climatic Change**, v. 55, n. 1-2, p. 157-173, 2002.

LOSI, C.J., SICCAMI, T.G.; CONDIT, R.; MORALES, J.E. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 355-368, 2003.

LUGO, A.E. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monoculture. **Forest Ecology and Management**, v. 99, n. 1-2, p. 9-19, 1997.

MARTINS, O. S. **Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. 2004. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

MAY, P.H.; TROVATTO, C.M.M. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: MDA/REBRAF, 2008. 196 p.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de restauração e em matas ciliares nativas no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis (IPEF)**, v. 71, p. 149-154, ago. 2006.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61-62, n. 1-3, p. 281-295, 2004.

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10-23, fev. 2009.

PINTO, E.P.P.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. Belém: IPAM, 2008. 52p.

RIGHELATO, R.; SPRACKLEN, D.V. Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests? **Science**, v. 317, p. 902, ago. 2007.

ROCHA, M.T. **Aquecimento global e o mercado de carbono**: uma aplicação do modelo CERT. 2003. 214 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

RODRIGUES, E.R. et al. O uso do sistema agroflorestal taungya na restauração de reservas legais: indicadores econômicos. **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 517-525, jul./set. 2008.

SALIS, S.M. et al. Estimating the aboveground biomass and wood volume of savanna woodlands in Brazil's Pantanal wetlands based on allometric correlations. **Forest Ecology and Management**, v. 228, n. 1-3, p. 61-68, 2006.

SANQUETTA, C.R. et al. Relações individuais de biomassa e conteúdo de carbono em plantações de Araucária angustifolia e Pinus taeda no sul do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 1, n. 3, p. 33-40, jul./set. 2003.

SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono**: atualidades, projetos e pesquisas. Curitiba: UFPR /ECOPLAN, 2004. p. 77-93.

SANQUETTA, C.R.; CORTE, A.P.D.; BALBINOT, R.; LEAL, M.C.B.dosS.; ZILIOOTTO, M.A.B. Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em florestas plantadas. In: CORTE, A. P. D. et al. **Carbono**: desenvolvimento tecnológico, aplicação e mercado global. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006. p. 240-265.

SANTOS, S.R.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 1-8, 2004.

SCHOENEBERGER, M.M. Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. **Agroforestry Systems**, v. 75, n. 1, p. 27-37, 2009.

SER. Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group. **The SER primer in ecological restoration (Version 2)**. Washington D.C., USA: SER, 2004.

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206, jan./mar. 2008.

SILVEIRA, P. Ajuste de modelos matemáticos para estimar biomassa aérea em floresta ombrófila densa. **Revista Floresta**, v. 39, n. 4, p. 743-752, out./dez. 2009.

SILVER, W.L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A.E. The potential for carbon sequestration through reforestation of abandoned tropical agricultural and pasture lands. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 394–407, dez. 2000.

SOUZA, F.M.; BATISTA, J. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, v. 191, n. 1-3, p. 185-200, 2004.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa da biomassa aérea e do carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 2007. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VIEIRA, D.L.M.; HOLL, K.D.; PENEIREIRO, F.M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451–459, jul. 2009.

VIEIRA, S.A. et al. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 21-29, abr./jun. 2008.

WINROCK. **Elementos técnicos para inventários de carbono em uso del suelo**. Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development, 2000.

ZIMMERMAN, J.K.; PASCARELLA, J.B.; AIDE, T.M. Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, pp. 350-360, 2000.

**Estimativas de biomassa aérea em reservas legais recuperadas por meio de sistemas
agroflorestais**

Artigo a ser submetido à revista Scientia Forestalis

Estimativas de biomassa aérea em reservas legais recuperadas por meio de sistemas agroflorestais

Estimates of biomass in legal reserves recovered through agroforestry

Antonio Vicente Moscoliato¹ e José Marcelo Domingues Torezan²

RESUMO

O dióxido de carbono (CO₂) responde por 80% das emissões antrópicas de gases estufa, podendo ser removido da atmosfera pela fotossíntese realizada nos vegetais, que armazenam o carbono na parede celular, gerando a biomassa ou matéria orgânica. O objetivo deste estudo foi estimar a biomassa aérea em dois reflorestamentos com espécies nativas, de seis e quatro anos de idade, implantados por meio do sistema agroflorestal Taungya. Os reflorestamentos foram subdivididos em quatro talhões cada, representando oito manejos diferentes, realizados por famílias de agricultores. O método de amostragem foi realizado utilizando parcelas circulares com 5,64 m de raio, totalizando 100 m² por parcela. O processo de amostragem foi o sistemático, respeitando uma distância de 25 m da borda do talhão e também entre parcelas. Foram identificadas 599 árvores e coletados dados num total de 72 parcelas. Foram comparadas as médias em biomassa aérea entre os talhões de mesma idade, permitindo assim descrever a variação desse estoque nos diferentes manejos do sistema agroflorestal. Os talhões de seis anos produziram em média 2,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa aérea, variando de 1,38 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 3,99 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e os talhões de quatro anos produziram em média 5,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de biomassa aérea, variando de 3,44 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 7,47 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Diferenças na biomassa aérea foram marcadamente influenciadas pelo manejo, uma vez que essas variações puderam ser observadas em um mesmo reflorestamento, com mesmo espaçamento, composição de espécies, método de implantação, manutenções realizadas após a saída dos agricultores e solo aparentemente uniforme.

Palavras-chave: Sequestro de carbono. Recuperação de áreas degradadas. Sistema agroflorestal Taungya.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) accounts for 80% of anthropogenic emissions of greenhouse gases and can be removed from the atmosphere by the photosynthesis performed on plants, which store carbon in the cell wall, generating the biomass or organic matter. The aim of this study was to estimate the biomass in two reforestation with native species, six and four years of age, implanted through agroforestry Taungya. The reforestation were subdivided into four plots each, representing eight different management performed by the farm families of the settlement. The sampling method was using circular plots with 5.64 meters radius, totaling 100 square meters per plot. The sampling process was systematic, respecting a distance of 25 meters from the edge of the plot and between plots. 599 trees were identified and collected a total of 72 plots. We compared the means of biomass between the plots of the same age, thus describe the variation of stocks in different management of the agroforestry system. The plots

¹ Mestrado em Ciências Biológicas Universidade Estadual de Londrina.

² Autor para correspondência – endereço eletrônico: torezan@uel.br

of six years, produced an average of 2.9 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of biomass, ranging from 1.38 Mg ha⁻¹ year⁻¹ to 3.99 Mg ha⁻¹ year⁻¹ and the plots four years, produced an average of 5.2 Mg ha⁻¹ year⁻¹ of biomass, ranging from 3.44 Mg ha⁻¹ year⁻¹ to 7.47 Mg ha⁻¹ year⁻¹. Differences in biomass were markedly influenced by the management, since these variations could be observed in the same reforestation with even spacing, species composition, method of implantation, maintenance carried out after the departure of farmers and apparently uniform soil.

Keywords: Carbon sequestration. Reclamation of degraded areas. Agroforestry Taungya.

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais questões de interesse global na atualidade é o aumento do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, causado principalmente pela queima de combustíveis fósseis e pelo desmatamento nos trópicos, e seu efeito para com as mudanças climáticas (BROWN; LUGO, 1992). Por meio da fotossíntese, as plantas absorvem CO₂ e produzem a sua biomassa, que é definida como a quantidade de material vegetal por unidade de área em uma floresta, expressa em unidades de massa (ARAUJO *et al.*, 1999). Dessa forma, cresce a cada dia o interesse pelos estudos de biomassa e conteúdo de carbono em florestas (SILVEIRA *et al.*, 2008). A quantidade de biomassa em uma floresta é resultado da diferença entre a produção pela fotossíntese e o consumo pela respiração, mortalidade, corte ou colheita e por herbivoria (BROWN *et al.*, 1999).

Os reflorestamentos fixam grandes quantidades de carbono, principalmente nos primeiros anos após a sua implantação quando as plantas apresentam elevadas taxas de crescimento, enquanto as florestas naturais o retêm em forma permanente e em grande quantidade, além de proporcionar a manutenção da biodiversidade (SANTOS *et al.*, 2004). A fixação de carbono por atividades florestais pode ser aumentada com o plantio em áreas não florestadas e através de produtos da biomassa que muitas vezes substituem os combustíveis fósseis e o cimento (BROWN, 1999). Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas de uso da terra nos quais espécies perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras e bambus) são intencionalmente utilizadas e manejadas em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais (MAY; TROVATTO, 2008), podendo também ser utilizados para essa finalidade.

Na restauração de áreas degradadas com plantios de espécies nativas, a utilização de SAFs como fase de transição pode aumentar o custo-benefício dessa atividade, auxiliando na subsistência humana, reduzindo custos iniciais e estendendo o tempo de manejo das áreas (VIEIRA *et al.*, 2009). Além de ser uma importante estratégia de sequestro de carbono devido ao potencial de armazenamento em suas múltiplas espécies de plantas e solo,

os SAFs podem ser utilizados tanto em terras agrícolas como em plantios florestais (MONTANGNINI; NAIR, 2004). As estimativas do potencial do sequestro de carbono em SAFs variam de 0,29 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 15,21 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo esses valores dependentes das características do local, tipos de uso do solo, espécies envolvidas, idade e práticas de manejo (NAIR *et al.*, 2009).

A biomassa viva acima do solo, ou biomassa aérea, é composta por árvores e arbustos e pode ser estimada pelo método indireto, que consiste em correlacioná-la com alguma variável de fácil obtenção e que não requeira a destruição do material vegetal (SILVEIRA, 2009). Isso pode ser realizado utilizando-se dados de volume de árvores e multiplicando-os por fatores de biomassa que convertem e/ou expandem essas informações, ou através de equações de regressão (alométricas) que preveem a biomassa em função de medidas das árvores obtidas em inventários florestais (SOMOGYI *et al.*, 2007). Essas equações de regressão são funções matemáticas que relacionam a massa seca por árvore com uma única dimensão da árvore ou uma combinação delas (BROWN, 1997). Elas são geralmente baseadas no corte e pesagem das árvores em campo, com subamostras tomadas de diferentes partes para determinação do conteúdo de umidade e consequente conversão para peso seco, que são extrapolados ao resto da árvore (LOSI *et al.*, 2003).

Na escolha do modelo alométrico a ser usado em estimativas de biomassa aérea, devemos levar em conta qual a principal questão a ser respondida e a facilidade com que é possível medir as variáveis independentes do modelo (VIEIRA *et al.*, 2008). Segundo Chave *et al.* (2005), um hectare de floresta tropical pode abrigar cerca de 300 espécies de árvores diferentes; sendo assim, não é possível utilizar modelos de regressão espécie-específicos como na zona temperada, utilizando-se, em vez disso, modelos de regressão de biomassa por grupo de espécies. O uso de uma equação geral pode não levar a muitos erros, se for usada para estimar taxas de crescimento, porque medições repetidas em vários anos em um mesmo local assumem uma relativa composição de espécies e especificidades do local (KETTERINGS *et al.*, 2001).

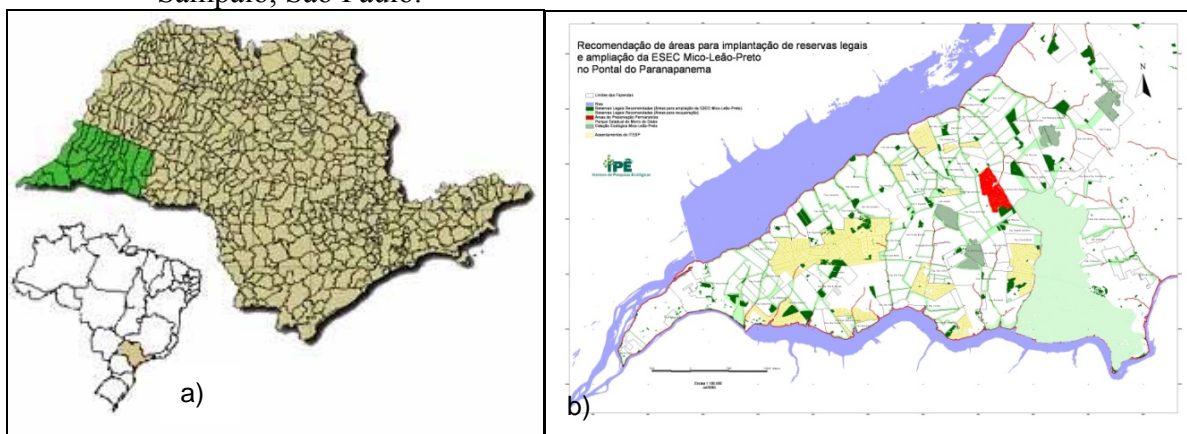
Diferenças no manejo de áreas reflorestadas com o uso de SAFs podem influenciar o acúmulo de biomassa aérea. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi quantificar, por método indireto, a biomassa aérea em dois reflorestamentos com espécies nativas, de seis e quatro anos de idade e que foram implantados por meio de SAFs. Cada reflorestamento foi subdividido em quatro talhões com diferentes manejos, sendo possível realizar comparações entre os talhões de mesma idade e descrever as diferenças no acúmulo de biomassa aérea.

2 MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo foi o assentamento Santa Zélia, localizado na cidade de Teodoro Sampaio, São Paulo, sudeste do Brasil ($22^{\circ}21' S$ e $52^{\circ}25' W$), região conhecida como Pontal do Paranapanema.

Figura 1 – a) Localização do Pontal do Paranapanema no estado de São Paulo; b) Localização do assentamento Santa Zélia (em vermelho) na cidade de Teodoro Sampaio, São Paulo.



Fonte: a) SINTRACOOP (2010); b) IPÊ (2003).

Segundo SMA/SP (SÃO PAULO, 1999), através da classificação de Köppen, a região possui dois tipos climáticos: Aw: Tropical Úmido – abrangendo uma estreita faixa próxima ao rio Paraná, com precipitação média anual em torno de 1500 mm, temperatura média anual entre $22^{\circ}C$ e $24^{\circ}C$ e caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno; e Cwa: Mesotérmico de inverno seco – abrangendo o restante da região, com precipitação média anual que varia 1200 a 1400 mm, temperaturas médias anuais ligeiramente inferiores a $22^{\circ}C$, com chuvas típicas de clima tropical e de maior ocorrência no verão.

Os solos são constituídos a partir das formações do grupo Bauru e predomina na região o latossolo vermelho-escuro, inclusive nas áreas abordadas neste estudo, com característica de alta drenagem por ser muito arenoso, pouco ácido, pobre em argila e atingir grandes profundidades (ITESP, 1999). De acordo com Veloso *et al.* (1991), o tipo de vegetação predominante no Pontal do Paranapanema é classificada como “Floresta Estacional Semidecidual”. Verificam-se também algumas manchas de cerrado e a presença de banhados próximos aos rios.

Os reflorestamentos estudados foram implantados na Reserva Legal (RL) desse assentamento por meio de SAFs e com o envolvimento dos agricultores residentes no local. Foi adotado o sistema agroflorestal Taungya, definido por May e Trovatto (2008) como uma roça de cultivos de ciclo curto na qual se realiza um plantio uniforme de espécies florestais comerciais, com o uso agrícola temporário por dois a quatro anos, tornando-se após esse período uma floresta de produção. Nos reflorestamentos estudados, as árvores não representaram um componente econômico, tendo apenas papel ambiental na recomposição da RL do assentamento e assim denominado um consórcio agroflorestal temporário (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Na demarcação desse assentamento, a RL foi alocada em uma área comunitária e contínua, fora dos lotes das famílias assentadas. Os reflorestamentos foram nomeados de R1 e R2, sendo a seguir descritas as suas metodologias de implantação e manejos realizados. Em ambos os reflorestamentos, as mudas florestais foram doadas pelo viveiro da CESP (Companhia Energética do Estado de São Paulo), localizado na cidade de Primavera, SP, e as sementes das culturas agrícolas, adquiridas pelas próprias famílias de agricultores participantes.

2.2 METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO

R1

Foi implantado no primeiro trimestre de 2004 em 12 hectares, que foram divididos entre seis famílias (talhões) para o desenvolvimento dos SAFs. O preparo do solo (Anexo A) foi realizado em toda a área de maneira convencional, que consiste no revolvimento das camadas superficiais para reduzir a compactação, aumentar os espaços porosos e, com isso, elevar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água.

A primeira etapa do plantio das espécies arbóreas foi realizada por meio de um “dia de campo”, uma técnica utilizada na extensão rural que permite um melhor aprendizado através da realidade e aumenta a interação entre extensionistas e público-alvo. Com a participação das seis famílias foi demonstrado na prática, no talhão de uma delas, o espaçamento que deveria ser utilizado de 2 m (entre mudas) x 4 m (entrelinhas para culturas agrícolas). Na segunda etapa, as mudas foram distribuídas para essas famílias e plantadas por elas mesmas dentro do talhão em que cada uma iria realizar o manejo agroflorestal. Essa metodologia acabou não deixando o plantio uniforme, devido as características de trabalho e a rotina que cada família tinha em seus lotes, levando à necessidade de constantes replantios.

R2

Foi implantado no primeiro trimestre de 2006 em 27,5 hectares, que foram divididos entre 13 famílias (talhões) para o desenvolvimento dos SAFs. O preparo do solo (Anexo A) foi realizado de maneira convencional, porém, com a incorporação de pó de rocha na dosagem de duas toneladas por hectare. O plantio das espécies arbóreas foi realizado em área total, antes do plantio das culturas agrícolas pelos agricultores e no espaçamento de 2 m (entre mudas) x 3 m (entre linhas para culturas agrícolas), o que resultou em maior uniformidade do plantio e baixa mortalidade das mudas.

2.3 MANEJOS REALIZADOS

O manejo praticado por esses agricultores refere-se à escolha das espécies, espaçamento de plantio, época de colheita e sequência temporal das culturas agrícolas e a intensidade e frequência no controle de gramíneas invasoras dentro de cada talhão. As únicas informações possíveis de se obter para todos os agricultores foram as culturas agrícolas cultivadas e o tempo de permanência nos talhões. Dessa forma, não foi possível descrever individualmente todos os manejos realizados, pois eles foram dependentes das características pessoais, ritmo de trabalho e comprometimento que cada família de agricultor apresentou.

Todos os agricultores utilizaram um arado com tração animal na realização dos riscos de plantio das culturas agrícolas e enxada no controle das gramíneas invasoras. Apenas os talhões de quatro agricultores por reflorestamento foram estudados devido ao tempo escasso para realização das coletas de dados. Foi adotado o nome do chefe de cada família para diferenciar esses talhões; tais informações disponíveis estão apresentadas na Tabela 1. As manutenções posteriores ao término dos SAFs foram realizadas após a saída de todos os agricultores, sendo esse período coincidente para ambos os reflorestamentos e ocorrendo no início de 2007.

Tabela 1 – Culturas agrícolas cultivadas e tempo de permanência nos talhões para cada agricultor, e manutenções realizadas nos reflorestamentos após o término do consórcio agroflorestal.

	R1	R2
Talhão 1	Cidinho (18 meses) – Mamona (<i>Ricinus communis</i> L.), milho (<i>Zea mays</i> L.) e mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.)	Zulmira (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.) e feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)
Talhão 2	Betão (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.)	Afonso (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.), mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.), feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), feijão-de-vara (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench.), abóbora (<i>Cucurbita pepo</i> L.), pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) e melão (<i>Cucumis melo</i> L.)
Talhão 3	Adão (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.) e mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.)	Pacheco (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.), feijão-de-vara (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.), abóbora (<i>Cucurbita pepo</i> L.), quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench.) e maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.)
Talhão 4	Cícero (36 meses) – Mandioca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz.)	Zé Buriti (12 meses) – Milho (<i>Zea mays</i> L.) e feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)
Manutenção após os SAF's	2 vezes roçadeira mecânica entrelinha 1 vez aplicação de herbicida área total	3 vezes roçadeira mecânica entrelinha 1 vez aplicação de herbicida área total

2.4 ESTIMATIVAS DE BIOMASSA AÉREA

A coleta de dados foi realizada no primeiro trimestre de 2010. O método de amostragem foi utilizando parcelas circulares com 5,64 m de raio, totalizando 100 m² por parcela (WINROCK, 2000). O processo de amostragem foi o sistemático, respeitando uma distância de 25 m da borda do talhão e também entre parcelas. Os talhões de R1 e R2 tinham em média 1,8 hectares e 2,2 hectares respectivamente. Dessa maneira, em R1 foi possível

alocar oito parcelas por talhão e em R2 foi possível alocar 10 parcelas por talhão, totalizando 72 parcelas para coleta dos dados.

Em cada parcela foram marcadas por meio de GPS as coordenadas geográficas do centro, sendo uma árvore escolhida para representá-lo. Foram marcados com fita zebra e mensurados todos os indivíduos arbóreos com circunferência na altura do peito (CAP) maior ou igual a cinco centímetros e que estavam dentro de cada parcela. Para cada indivíduo, foi tomada a medida de CAP a 1,3 m do solo com uma fita centimétrica e identificada a sua espécie. As espécies que não puderam ser identificadas em campo foram feitas exsicatas e posteriormente identificadas por especialistas. Para divisão das espécies arbóreas em relação à classe sucessional a que pertencem, foi adotada a lista presente na resolução da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (Resolução SMA 21 – 21/11/2001), que fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas (SÃO PAULO, 2001). As demais espécies que não foram encontradas nessa lista tiveram sua classificação tomada de outras fontes.

A partir da circunferência foi obtido o diâmetro na altura do peito (DAP), considerando que uma unidade de circunferência equivale a 3,1416 (π) unidades de diâmetro ($D = C/\pi$). Para as árvores bifurcadas, foi utilizado um DAP equivalente pela seguinte expressão: raiz quadrada do $\sum DAP^2$ de cada bifurcação. Para cálculo da biomassa aérea, foi escolhida a equação genérica desenvolvida por Brown (1997): $B = \exp[-1.996 + 2.32 \cdot \ln(DAP)]$, recomendada para regiões de clima seco e com precipitação anual maior que 900 mm. Foram somados os valores de biomassa em quilogramas, das árvores individuais, para cada parcela e transformados em toneladas. Posteriormente, foram divididos pela área das parcelas e multiplicados por 10.000 para obter a proporção em $Mg\ ha^{-1}$. Assim, foram obtidas as médias por talhão e por reflorestamento.

2.5 ANÁLISE DE DADOS

Foram realizadas comparações da biomassa aérea entre os talhões dentro de cada reflorestamento por meio de análise de variância e testes a posteriori de Tukey, considerado as diferenças significativas quando p foi igual ou menor que 0,05. Quando a variável dependente (biomassa aérea) não apresentou distribuição normal, foram aplicados testes não paramétricos, como os de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney.

3 RESULTADOS

Foram amostrados 599 indivíduos num total de 50 espécies. Em R1 foram identificados 222 indivíduos de 30 espécies e, em R2, identificados 377 indivíduos de 40 espécies (Tabela 2). Quanto à classe sucessional, predominaram as pioneiras em ambas as áreas e em todos os talhões, tanto em número de espécies como em número de indivíduos (Anexo B).

Tabela 2 – Lista de espécies identificadas nos reflorestamentos, quantidade de indivíduos amostrados por talhão e classe sucessional (CS) sendo P = pioneiras e NP = não pioneiras.

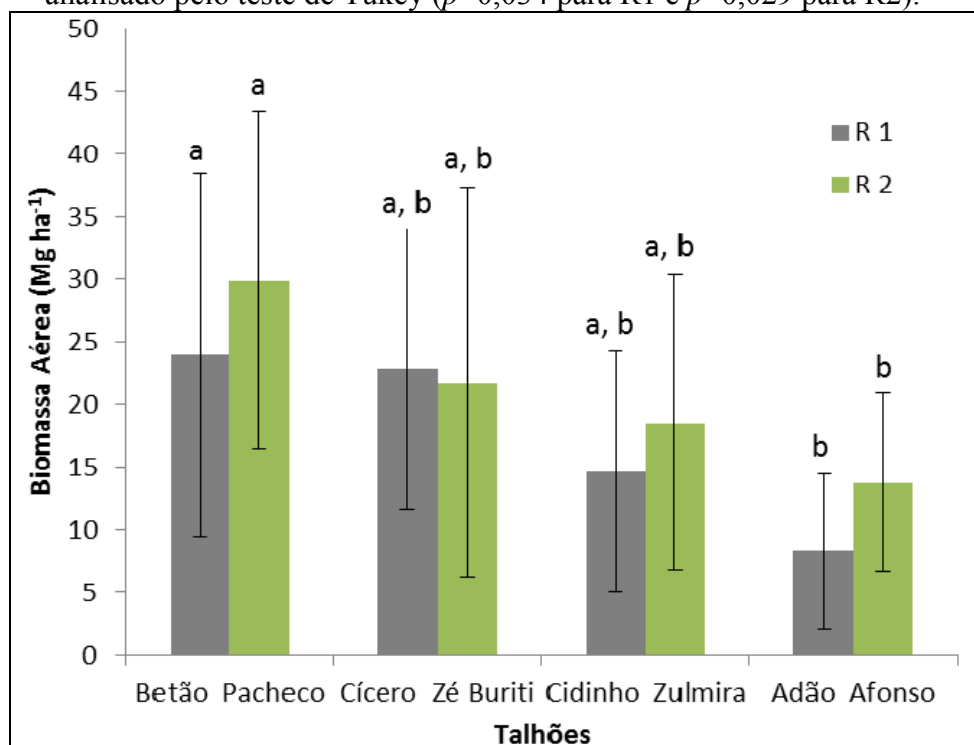
Espécie	CS	Cidinho	Betão	Adão	Cícero	Zulmira	Afonso	Pacheco	Zé Buriti	Total
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	P	1		12	10		1	1		25
<i>Acacia</i> spp.	P			4	3					7
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	P			1						1
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hill.) Radlk.	P								1	1
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	P	2	1	7	10	4	4	2	1	31
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vog.) Macbr.	NP							1	3	4
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	NP						1			1
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briquet (Mbavy)	NP								1	1
<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	P	1				2	1	3	1	8
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	P						1	1		2
<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	P	3			1			1	1	6
<i>Citharexylum mirianthum</i> Cham.	P					1		2		3
<i>Cordia superba</i> Cham.	P					3	2	2	2	9
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	NP	3	1		2					6
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	1	1	5	2	4	9	7	4	33
<i>Croton urucurana</i> Baill.	P	1	6	8	6	16	9	23	18	87
<i>Enterobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	P	1	1		2		2		1	7
<i>Erythrina mulungu</i> Mart. ex Benth.	P					1				1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	NP	1			1					2
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & C.D. Bouché	P	1	1		1		2	5		10
<i>Ficus insípida</i> Willd.	P						1		2	3
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms.	P							1		1
<i>Genipa americana</i> L.	NP						1		1	2
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	P	8	4	8	19	34	26	38	26	163
<i>Hexachlamys edulis</i> (Berg.) Legrand et Klaus	NP	1								1
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	NP						1			1
<i>Inga edulis</i> Mart.	P				2		3	1		6
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	NP	1	1		1	3		4	2	12
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart.	P				1	1				2
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	P		6					1		7
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	P			1		2		1		4
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	P	1								1
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) Don ex Steud.	P	2				1	2			5
<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.	NP					1	2	2	1	6
<i>Mimosa caesalpineafolia</i> Benth	P	2								2
<i>Myracrodruon urundeuwa</i> Fr. All.	NP			2	1	1		1		5
<i>Parapiptadenia rígida</i> (Benth.) Brenan	P	4	5		6		1			16
<i>Patagonula americana</i> L.	P	1								1
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	P	5	18	2	6	8	6	4	2	51
<i>Psidium guajava</i> L.	P						1	1	2	4
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	P				1					1

<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi var.	P	3				7	4	4	7	25
<i>Solanum paniculatum</i> L.	P		1							1
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.ex DC.) Standl.	NP								1	1
<i>Tabebuia heptaphylla</i> Vell. Tol.	NP				2	3	3	2		10
<i>Tabebuia umbellata</i> (Sond.) Sand-with	NP						1	1		2
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	P					2				2
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume.	P	6		2	2	3	1			14
<i>Triplaris americana</i> L.	P				2			1		3
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bur.	P					2				2
Total		49	46	50	77	95	90	111	81	599

A média das estimativas de biomassa aérea nos talhões de R1 foi de 17,43 Mg ha⁻¹. A análise de variância entre os talhões resultou em diferença significativa ($p = 0,023$), e o teste de Tukey apontou diferenças entre Adão e Betão ($p = 0,034$). As médias das estimativas por talhão em R1 foram de 23,97 Mg ha⁻¹, 22,80 Mg ha⁻¹, 14,64 Mg ha⁻¹ e 8,31 Mg ha⁻¹ (Figura 2).

A média das estimativas de biomassa aérea nos talhões de R2 foi de 20,98 Mg ha⁻¹. A análise de variância entre os talhões resultou em diferença significativa ($p = 0,043$), e o teste de Tukey apontou diferenças entre Afonso e Pacheco ($p = 0,029$). As médias das estimativas por talhão em R2 foram de 29,89 Mg ha⁻¹, 21,75 Mg ha⁻¹, 18,54 Mg ha⁻¹ e 13,75 Mg ha⁻¹ (Figura 2).

Figura 2 – Média e desvio padrão das estimativas de biomassa aérea (Mg ha⁻¹) nos reflorestamentos. As letras acima das barras, quando diferentes entre talhões do mesmo reflorestamento, indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias, analisado pelo teste de Tukey ($p = 0,034$ para R1 e $p = 0,029$ para R2).



Em ambos os reflorestamentos, algumas poucas espécies representaram a maior parte da biomassa aérea estimada. Em R1, as espécies *Guazuma ulmifolia* (20,98%), *Peltophorum dubium* (18,93%), *Acacia polyphylla* (11,37%) e *Croton urucurana* (10,02%) foram as principais (Tabela 3). Em R2, as principais espécies foram *Guazuma ulmifolia* (47,58%) e *Croton urucurana* (22,36%) (Tabela 4). A lista com os valores de biomassa aérea de todas as espécies amostradas por talhão está presente no Anexo C.

Tabela 3 – Biomassa aérea das 10 espécies mais representativas em R1.

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1170,06	39	20,98
<i>Peltophorum dubium</i>	1056,05	31	18,93
<i>Acacia polyphylla</i>	634,37	23	11,37
<i>Croton urucurana</i>	559,00	21	10,02
<i>Trema micrantha</i>	320,84	8	5,75
<i>Croton floribundus</i>	301,52	9	5,41
<i>Mimosa caesalpineafolia</i>	287,24	2	5,15
<i>Luehea divaricata</i>	243,24	6	4,36
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	142,05	20	2,55
<i>Acacia sp.</i>	128,28	7	2,30
Total das 3 principais espécies	2860,47	93	51,28
Total das 10 principais espécies	4842,65	166	86,82
Total de R1	5577,99	222	100,00

Tabela 4 – Biomassa aérea das 10 espécies mais representativas em R2.

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3993,71	124	47,58
<i>Croton urucurana</i>	1876,50	66	22,36
<i>Croton floribundus</i>	724,24	24	8,63
<i>Peltophorum dubium</i>	236,67	20	2,82
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	230,31	11	2,74
<i>Cecropia pachystachya</i>	172,50	7	2,06
<i>Inga laurina</i>	153,59	9	1,83
<i>Cordia superba</i>	140,25	9	1,67
<i>Schinus terebinthifolius</i>	137,69	22	1,64
<i>Trema micrantha</i>	130,27	6	1,55
Total das 3 principais espécies	6594,45	214	78,57
Total das 10 principais espécies	7795,74	298	92,88
Total de R2	8393,83	377	100

4 DISCUSSÃO

Os reflorestamentos estudados foram implantados por meio de SAFs na RL de um assentamento da reforma agrária com a participação e ajuda de famílias de agricultores residentes no local. O manejo realizado nos talhões dependeu da dinâmica de vida, de trabalho e de comprometimento dessas famílias, podendo-se afirmar que foram muito particulares para cada uma delas e decisivos nos diferentes resultados de biomassa aérea. Em

R1, houve diferença significativa apenas entre os talhões de Adão e Betão, mas foi possível observar também que Betão teve média maior do que Cícero mesmo com 40% menos árvores amostradas e menor tempo de permanência. Mais uma diferença marcante foi entre Betão, que teve média 82% maior do que Cidinho, com praticamente a mesma quantidade de árvores amostradas e tempo de permanência menor. Em R2 houve diferença significativa apenas entre Afonso e Pacheco, porém, observa-se também que Zé Buriti teve 10% menos árvores amostradas do que Afonso e média 79% maior.

As únicas informações que foram possíveis de se obter para todos os agricultores foram as culturas agrícolas cultivadas e o tempo de permanência nos talhões, impossibilitando apontar quais diferenças de manejo realmente influenciaram nesses resultados. Diferenças na fertilidade do solo desses talhões não podem ser totalmente descartadas, mas considerando-se que se trata de subdivisões de um mesmo lote de terra, diferenças marcantes são improváveis. As estimativas de biomassa aérea em sistemas agroflorestais são muito variáveis, dependendo do potencial de produção ecológica do sistema e outros fatores, como características do local, tipos de uso do solo, espécies envolvidas, idade e práticas de manejo (NAIR *et al.*, 2009). Por exemplo, Schlönvoigt e Beer (2001) verificaram que o ritmo de crescimento das espécies arbóreas é que deve guiar a escolha das culturas agrícolas e o espaçamento em que elas devem ser plantadas para que não haja problemas relacionados à competição por recursos e atraso no desenvolvimento das árvores.

Para estimativas de biomassa em reflorestamentos com espécies nativas, o uso de equações espécie-específicas é preferido, porque árvores de diferentes espécies podem diferir muito em relação à sua arquitetura e densidade da madeira (KETTERINGS *et al.*, 2001). Não foram encontradas na literatura equações espécie-específicas disponíveis para o intervalo de tamanhos de diâmetro amostrados neste trabalho (Anexo D), assim, equações disponíveis em estudos como o de Jardim (2006) e Miranda (2008) não puderam ser empregadas. A equação de Brown (1997) foi escolhida porque vem sendo utilizada para estimativas de biomassa aérea em diversos trabalhos do gênero (MELO; DURIGAN, 2006; IPEF, 2006; BUFO, 2008). No entanto, a especificidade dos reflorestamentos aqui estudados em relação aos manejos agroflorestais praticados torna difícil a comparação com outros trabalhos científicos.

Os reflorestamentos R1 e R2 tiveram um estoque médio em biomassa aérea calculado pela equação de Brown (1997) de 17,43 Mg ha⁻¹ e 20,98 Mg ha⁻¹ respectivamente. Comparando com outros trabalhos que utilizaram a mesma equação em reflorestamentos com espécies nativas, podemos observar que foi inferior aos valores encontrados na Bacia do

Médio Paranapanema, São Paulo, por Melo e Durigan (2006) aos cinco anos de $54,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ e aos seis anos de $62,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. Na região de Promissão, SP, foram calculados valores de $30,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ aos quatro anos e de $41,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ aos cinco anos (IPEF, 2006). Essas diferenças podem ser atribuídas aos tipos de solo de cada região e aos cuidados na implantação e condução desses reflorestamentos em comparação aos deste estudo, que utilizou SAFs como metodologia e, dessa forma, foi dependente das características dos agricultores.

5 CONCLUSÕES

O acúmulo de biomassa aérea em reflorestamentos com espécies nativas, implantados por meio do sistema agroflorestal Taungya, é marcadamente influenciado pelas características do manejo realizado, uma vez que essas variações puderam ser observadas em um mesmo reflorestamento, com mesmo espaçamento, composição de espécies, método de implantação, manutenções realizadas após a saída dos agricultores e solo aparentemente uniforme.

Os talhões de seis anos produziram em média $2,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de biomassa aérea, variando de $1,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $3,99 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e os talhões de quatro anos produziram em média $5,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de biomassa aérea, variando de $3,44 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $7,47 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Ainda que valores diferentes tenham sido reportados na literatura para outros reflorestamentos em floresta estacional, considera-se que os mesmos são comparáveis aos estimados neste estudo.

Devido aos benefícios socioeconômicos dos sistemas agroflorestais, sugere-se a popularização do seu emprego, seja no cumprimento da legislação ambiental ou no incentivo a melhores práticas de produção agropecuária, principalmente aquelas que estão localizadas próximas de fragmentos florestais remanescentes ou de Unidades de Conservação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, T.M.; ANDRADE JÚNIOR, J.C.; HIGUCHI, N. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rainforest site in the state of Para, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 117, n. 1-3, p. 43-52, 1999.

BROWN, S. Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer. **FAO Forestry Paper**, Rome, n. 134, p. 1-55, 1997.

BROWN, S. Opportunities for Mitigating Carbon Emissions through Forestry Activities. **Winrock International**, 1999. Disponível em: <http://www.winrock.org/ecosystems/files/Opportun_for_mitigating_carbon.pdf>. Acesso em: 11 julho 2011.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. **Interciência**, v. 17, n. 1, p. 8-18, jan./fev. 1992.

BROWN, S.; SCHROEDER, P.; KERN, J. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. **Forest Ecology and Management**, v. 123, n. 1, p. 81-90, out. 1999.

BUFO, L.V.B. **Restauração florestal e estoque de carbono em modelos de implantação de mudas sob diferentes combinações de espécies e espaçamentos**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

CHAVE, J. et. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Ecosystem Ecology**, v. 145, n. 1, p. 87-99, 2005.

IPÊ. Instituto de Pesquisas Ecológicas. Mapa. Recomendação de áreas para implantação de reservas legais e ampliação da ESEC Mico-Leão-Preto no Pontal do Paranapanema. São Paulo: IPÊ, jul. 2003.

IPÊ. Instituto de Pesquisas Ecológicas. Foto da Reserva Legal (R 1). São Paulo: IPÊ, 2004.

IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Análise ecológica, dendrométrica e do uso potencial de espécies arbóreas nativas em plantios consorciados visando o sequestro de carbono**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2006.

ITESP. Instituto de Terras do Estado de São Paulo. Pontal Verde: plano de recuperação ambiental nos assentamentos do Pontal do Paranapanema. **Cadernos Itesp**. São Paulo, n. 2, p. 1-64, 1999.

JARDIM, P.S. **Acúmulo de biomassa e sequestro de carbono em reflorestamentos com espécies nativas**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

KETTERINGS, Q.M. et al. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forest. **Forest Ecology and Management**, v. 146, n. 1-3, p. 199-209, jun. 2001.

LOSI, C.J. et al. Analysis of alternative methods for estimating carbon stock in young tropical plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 184, n. 1-3, p. 355-368, 2003.

MAY, P.H.; TROVATTO, C.M.M. **Manual agroflorestral para a Mata Atlântica**. Brasília: MDA/REBRAF, 2008. 196 p.

MELO, A.C.G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de restauração e em matas ciliares nativas no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis (IPEF)**, v. 71, p. 149-154, ago. 2006.

MIRANDA, D.L.C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**. 2008. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floresta) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 61-62, n. 1-3, p. 281–295, 2004.

NAIR, PK. R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 172, n. 1, p. 10–23, fev. 2009.

RODRIGUES, E.R. et al. Avaliação econômica de sistemas agroflorestrais implantados para a recuperação de reserva legal no Pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 941-948, 2007.

SANTOS, S.R.M.; MIRANDA, I.S.; TOURINHO, M.M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestrais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 1-8, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo – SMA – SP. **Pontal do Paranapanema: zoneamento ecológico econômico**. São Paulo: 1999.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo – SMA – SP. **Resolução 21**: Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. São Paulo: 2001.

SCHLÖNVOIGT, A.; BEER, J. Initial growth of pioneer timber tree species in a Taungya system in the humid lowlands of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, v. 51, n. 2, p. 97–108, 2001.

SILVEIRA, P. et al. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Revista Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206, jan./mar. 2008.

SILVEIRA, P. Ajuste de modelos matemáticos para estimar biomassa aérea em floresta ombrófila densa. **Revista Floresta**, v. 39, n. 4, p. 743-752, out./dez. 2009.

SINTRACOOOP. Sindicato dos Trabalhadores Celetistas em Cooperativas do Estado de São Paulo. Terras do Pontal do Paranapanema pertencem ao estado de São Paulo. 3 set 2010. Disponível em: <<http://www.sintracoopsp.com.br/terras-do-pontal-do-paranapanema-pertencem-ao-estado-de-sao-paulo>>. Acesso em: 27 jan. 2011.

SOMOGYI, Z. et al. Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. **European Journal of Forest Research**, v. 126, n. 2, p. 197-207, 2007.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VIEIRA, S.A. et al. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 21-29, abr./jun. 2008.

VIEIRA, D.L.M.; HOLL, K.D.; PENEIREIRO, F.M. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451–459, jul. 2009.

WINROCK. **Elementos técnicos para inventários de carbono em uso del suelo**. Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development, 2000.

ANEXOS

ANEXO A

Características do solo de R1 (2004) e R2 (2006) respectivamente.



Fonte: IPÊ (2004)

ANEXO B

Número de espécies e de indivíduos por classe sucessional, por talhão e reflorestamento.

Talhão/Reflorestamento	Espécies		Indivíduos	
	Pioneira	Não Pioneira	Pioneira	Não Pioneira
Cidinho	17	4	43	6
Betão	10	2	44	2
Adão	9	1	48	2
Cícero	15	4	72	5
Zulmira	15	4	88	7
Afonso	20	5	82	8
Pacheco	19	6	99	12
Zé Buriti	14	8	69	12
R1	25	5	207	15
R2	29	11	338	39

ANEXO C

Biomassa aérea por espécie dentro de cada talhão.

Cidinho

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Mimosa caesalpineafolia</i>	287,24	2	24,53
<i>Guazuma ulmifolia</i>	183,65	8	15,68
<i>Trema micrantha</i>	168,82	6	14,42
<i>Schinus terebinthifolius</i>	95,93	3	8,19
<i>Peltophorum dubium</i>	90,56	5	7,73
<i>Croton floribundus</i>	62,77	1	5,36
<i>Maclura tinctoria</i>	57,87	2	4,94
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	51,32	2	4,38
<i>Cecropia pachystachya</i>	44,49	1	3,80
<i>Machaerium aculeatum</i>	21,50	1	1,84
<i>Inga laurina</i>	19,78	1	1,69
<i>Croton urucurana</i>	19,66	1	1,68
<i>Chorisia speciosa</i>	15,53	3	1,33
<i>Hexachlamys edulis</i>	10,58	1	0,90
<i>Acacia polyphylla</i>	9,97	1	0,85
<i>Parapiptadenia rigida</i>	8,35	4	0,71
<i>Cordia trichotoma</i>	7,62	3	0,65
<i>Ficus gomelleira</i>	7,78	1	0,66
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	5,52	1	0,47
<i>Eugenia uniflora</i>	1,13	1	0,10
<i>Patagonula americana</i>	0,89	1	0,08
Total	1170,95	49	100

Betão

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Peltophorum dubium</i>	812,03	18	42,34
<i>Croton urucurana</i>	410,28	6	21,39
<i>Guazuma ulmifolia</i>	258,88	4	13,50
<i>Luehea divaricata</i>	243,24	6	12,68
<i>Croton floribundus</i>	62,77	1	3,27
<i>Inga laurina</i>	38,98	1	2,03
<i>Ficus gomelleira</i>	31,32	1	1,63
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	29,19	1	1,52
<i>Parapiptadenia rigida</i>	26,20	5	1,37
<i>Cordia trichotoma</i>	3,05	1	0,16
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1,19	1	0,06
<i>Solanum paniculatum</i>	0,61	1	0,03
Total	1917,73	46	100

Adão

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Acacia polyphylla</i>	283,12	12	42,57
<i>Guazuma ulmifolia</i>	122,86	8	18,47
<i>Croton Urucurana</i>	97,81	8	14,71
<i>Croton floribundus</i>	49,88	5	7,50
<i>Acacia sp.</i>	42,89	4	6,45
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	24,69	7	3,71
<i>Aegiphila sellowiana</i>	18,01	1	2,71
<i>Mabea fistulifera</i>	15,22	1	2,29
<i>Peltophorum dubium</i>	5,93	2	0,89
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	4,73	2	0,71
Total	665,14	50	100

Cícero

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	604,67	19	33,15
<i>Acacia polyphylla</i>	341,28	10	18,71
<i>Trema micrantha</i>	152,02	2	8,33
<i>Peltophorum dubium</i>	147,53	6	8,09
<i>Croton floribundus</i>	126,11	2	6,91
<i>Inga edulis</i>	124,74	2	6,84
<i>Acacia sp</i>	85,39	3	4,68
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	64,85	10	3,55
<i>Parapiptadenia rigida</i>	48,73	6	2,67
<i>Inga laurina</i>	44,96	1	2,46
<i>Croton urucurana</i>	31,25	6	1,71
<i>Cordia trichotoma</i>	13,75	2	0,75
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	11,93	2	0,65
<i>Ficus gomelleira</i>	9,97	1	0,55
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	9,40	1	0,52
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	4,36	1	0,24
<i>Chorisia speciosa</i>	1,19	1	0,07
<i>Eugenia uniflora</i>	1,19	1	0,07
<i>Pterogyne nitens</i>	0,87	1	0,05
Total	1824,18	77	100

Zulmira

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	885,22	34	47,74
<i>Croton urucurana</i>	344,46	16	18,58
<i>Croton floribundus</i>	131,99	4	7,12
<i>Peltophorum dubium</i>	80,34	8	4,33
<i>Cecropia pachystachya</i>	72,71	2	3,92
<i>Inga laurina</i>	57,46	3	3,10
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	55,38	4	2,99
<i>Trema micrantha</i>	54,92	2	2,96
<i>Schinus terebinthifolius</i>	52,78	7	2,85
<i>Cordia superba</i>	41,47	3	2,24
<i>Triplaris americana</i>	27,96	2	1,51
<i>Mabea fistulifera</i>	21,71	2	1,17
<i>Erythrina mulungu</i>	9,34	1	0,50
<i>Margaritaria nobilis</i>	7,49	1	0,40
<i>Maclura tinctoria</i>	3,54	1	0,19
<i>Citharexylum mirianthum</i>	3,05	1	0,16
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	2,49	1	0,13
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1,13	1	0,06
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	0,90	2	0,05
Total	1854,34	95	100

Afonso

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	675,34	26	49,10
<i>Croton floribundus</i>	243,67	9	17,72
<i>Croton urucurana</i>	131,11	9	9,53
<i>Peltophorum dubium</i>	73,53	6	5,35
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	55,16	4	4,01
<i>Trema micrantha</i>	33,07	3	2,40
<i>Ficus gomelleira</i>	29,49	2	2,14
<i>Inga edulis</i>	20,31	3	1,48
<i>Cecropia pachystachya</i>	18,32	1	1,33
<i>Cordia superba</i>	13,07	2	0,95
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	11,30	2	0,82
<i>Tapirira guianensis</i>	11,01	2	0,80
<i>Maclura tinctoria</i>	10,37	2	0,75
<i>Margaritaria nobilis</i>	9,95	2	0,72
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	9,84	3	0,72
<i>Schinus terebinthifolius</i>	8,96	4	0,65
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	5,32	2	0,39
<i>Hymenaea courbaril</i>	5,11	1	0,37
<i>Acacia polyphylla</i>	2,62	1	0,19
<i>Ficus insipida</i>	2,49	1	0,18
<i>Psidium guajava</i>	1,95	1	0,14
<i>Genipa americana</i>	1,02	1	0,07
<i>Cedrela fissilis</i>	1,02	1	0,07
<i>Cariniana legalis</i>	0,87	1	0,06
<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,50	1	0,04
Total	1375,42	90	100

Pacheco

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1298,03	38	43,43
<i>Croton urucurana</i>	848,82	23	28,40
<i>Croton floribundus</i>	195,06	7	6,53
<i>Ficus gomelleira</i>	100,62	5	3,37
<i>Inga laurina</i>	86,77	4	2,90
<i>Margaritaria nobilis</i>	72,50	2	2,43
<i>Peltophorum dubium</i>	69,36	4	2,32
<i>Cecropia pachystachya</i>	63,14	3	2,11
<i>Trema micrantha</i>	42,28	1	1,41
<i>Cordia superba</i>	40,07	2	1,34
<i>Acacia polyphylla</i>	38,98	1	1,30
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	30,85	2	1,03
<i>Apuleia leiocarpa</i>	20,00	1	0,67
<i>Schinus terebinthifolius</i>	19,78	4	0,66
<i>Cedrela fissilis</i>	12,44	1	0,42
<i>Psidium guajava</i>	10,35	1	0,35
<i>Luehea divaricata</i>	9,74	1	0,33
<i>Mabea fistulifera</i>	7,50	1	0,25
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	6,70	3	0,22
<i>Citharexylum mirianthum</i>	3,66	2	0,12
<i>Tabebuia umbellata</i>	3,49	1	0,12
<i>Gallesia integrifolia</i>	3,07	1	0,10
<i>Chorisia speciosa</i>	2,49	1	0,08
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	2,00	1	0,07
<i>Inga edulis</i>	1,19	1	0,04
Total	2988,88	111	100

Zé Buriti

Espécies	Biomassa (Kg)	Frequência	% do Total
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1135,12	26	52,18
<i>Croton urucurana</i>	552,10	18	25,38
<i>Croton floribundus</i>	153,52	4	7,06
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	88,92	1	4,09
<i>Schinus terebinthifolius</i>	56,18	7	2,58
<i>Cordia superba</i>	45,65	2	2,10
<i>Ficus insipida</i>	23,16	2	1,06
<i>Cecropia pachystachya</i>	18,32	1	0,84
<i>Peltophorum dubium</i>	13,43	2	0,62
<i>Psidium guajava</i>	12,93	2	0,59
<i>Casearia gossypiosperma</i>	9,97	1	0,46
<i>Triplaris americana</i>	9,97	1	0,46
<i>Margaritaria nobilis</i>	9,97	1	0,46
<i>Inga laurina</i>	9,36	2	0,43
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	9,08	1	0,42
<i>Chorisia speciosa</i>	6,38	1	0,29
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	7,31	1	0,34
<i>Apuleia leiocarpa</i>	4,75	3	0,22
<i>Tabebuia heptaphylla</i>	3,23	2	0,15
<i>Genipa americana</i>	3,05	1	0,14
<i>Tabebuia umbellata</i>	2,40	1	0,11
<i>Allophylus guaraniticus</i>	0,40	1	0,02
Total	2175,19	81	100

ANEXO D

Distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados nos reflorestamentos.

R1

Classe de diâmetro	Contagem de indivíduos na classe	Frequência
cm	ni	%
0 5	57	25,68
5 10	98	44,14
10 15	53	23,87
15 20	13	5,86
20 25	1	0,45
		100,00

R2

Classe de diâmetro	Contagem de indivíduos na classe	Frequência
cm	ni	%
0 5	88	23,34
5 10	173	45,90
10 15	103	27,32
15 20	12	3,18
20 25	1	0,26
		100,00