



## Quantificação de Carbono Estocado em Reflorestamento Heterogêneo de Mata Ciliar aos 8 anos de idade em domínio de Mata Atlântica no Estado de São Paulo

Autores: Amilcar Marcel de Souza, André Santana Vieira

Instituto Pró-Terra - Rua Nicolau Piragine, n° 2531 – Chácara Bela Vista– Jaú/SP/Brasil –  
CEP: 17.209-070 Fone: (14) 3032-1401 Email: [institutoproterra@hotmail.com](mailto:institutoproterra@hotmail.com)

ARTIGO TÉCNICO



Outubro de 2011



## 1 INTRODUÇÃO

A humanidade, com suas ações, interferências e manejo inadequado da natureza, vem causando várias reações, em áreas que, originalmente, fazem parte de um ecossistema natural; com a chegada do homem e suas práticas agrícolas, demarcando seus estabelecimentos, estas partes do ecossistema passaram a funcionar como um agroecossistemas, que são uma fração do sistema que tem seus ciclos bioquímicos intencionalmente alterados pelo homem, promovendo desequilíbrio ao meio ambiente, e danos severos a ecologia de todo o planeta (CAMPANHOLA et al., 1996).

Um exemplo, que pode ilustrar esta problemática é a *mudança climática*. Este fenômeno está associado à degradação dos recursos naturais, entre eles o desmatamento, o uso inadequado da terra, a queima de combustíveis fósseis e muitas outras atividades humanas que conduzem à emissão de gases para a atmosfera como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), chamados de Gases de Efeito Estufa (GEE) (AREVALDO et al., 2002).

Desde o início das discussões sobre as mudanças climáticas o uso da terra e das florestas como mecanismo para mitigar as mudanças climáticas devido ao efeito estufa sempre foi considerado. No entanto, somente a partir dos mecanismos de flexibilização no Protocolo de Quioto, em 1997, na Convenção das Partes-3 (COP-3), o foco da discussão migrou para o sequestro pelas florestas, como uma das alternativas de compensação das emissões dos países industrializados (YU, 2002).

De acordo com Leles (1995), a fixação de carbono, durante cada ciclo de crescimento da plantação florestal, é representado pelo aumento em biomassa, a matéria seca de um vegetal que constitui a biomassa, é formada especialmente por esqueletos de carbono e o restante por nutrientes minerais. As concentrações variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, características edafoclimáticas e com a parte do vegetal.

As Matas Ciliares podem ser entendidas, como formações florestais, que ocorrem ao redor de nascentes, brejos, lagos e cursos da água, oferecendo proteção para o solo e as águas, reduzindo o assoreamento de rios, lagos e



represas e impedindo o aporte de poluentes para o meio aquático. Do ponto de vista ecológico, as zonas ripárias têm sido consideradas como corredores extremamente importantes para o movimento da fauna ao longo da paisagem, assim como para a dispersão vegetal (MARTINS e DIAS 2001).

A restauração de florestas ribeirinhas ou mata ciliar, tem como principal foco a restauração de processos hidrológicos, conservação e/ou recuperação do solo e conservação da biodiversidade. Diante do cenário de degradação ambiental a restauração florestal vem ganhando um novo atributo no que tange o serviço ambiental, o seqüestro de carbono prestado pelas árvores (MELO e DURIGAN, 2006).

A determinação da biomassa florestal pode ser feita pelo método indireto, que estima a biomassa por meio de modelos matemáticos a partir de dados de inventários florestais, diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (HT), fazendo a relação de parâmetros como o volume da madeira, biomassa e carbono acumulado (TEIXEIRA, 2003).

O presente estudo tem como objetivo quantificar o carbono acumulado, utilizando de modelos matemáticos, para um reflorestamento heterogêneo em área de mata ciliar, com 8 anos de idade, localizado na região centro-oeste do Estado de São Paulo.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Histórico de uso do solo

O município de Jaú, situado na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, segundo Claro (1998), em meados do século XIX atraía pessoas interessadas pela generosidade de um solo que permitia a plantação de uma série de culturas, a terra roxa. Inicialmente, a cultura que se destaca é da cana-de-açúcar na década de 1840, quando surgem os primeiros canaviais.

Segundo Levorato (2003) por volta de 1870 a cultura cafeeira no município de Jaú se solidificou, surgindo uma elite de ricos fazendeiros cafeicultores.

Segundo Souza e Cremonesi (2004), os desbravadores não mediram esforços para desmatar os inúmeros maciços de Cerrado e as grandes extensões da Floresta Mesofila Semidecídua, que circundavam o Rio Jaú, com o objetivo de plantar milhares de hectares de café.

A partir do momento em que o café inicia a desvalorização, a paisagem rural do município de Jaú foi se modificando, sendo que os campos cobertos por vastos cafezais foram tomados aos poucos por grandes canaviais. Com o passar dos anos até os pequenos proprietários aderiram a esta produção agrícola e passaram a arrendar suas terras às usinas de açúcar (LEVORATO, 2003).

Na década de 60 a paisagem predominante era os canaviais, atualmente esta cultura ocupa aproximadamente 90% da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jaú (SOUZA e CREMONESI 2004).

Apoiando-se em Campanhola et al (1996), os impactos ambientais causados pela agricultura estão relacionados com o modelo agrícola adotado. No Brasil, o modelo agrícola vem sofrendo alterações significativas após os anos 60, em resposta as transformações sociais, demográficas e econômicas que ocorreram. O elevado crescimento populacional levou a um expressivo aumento na demanda de produtos agrícolas. Para atender esta demanda duas



alternativas se apresentam: a incorporação de novas áreas ao processo de produção agropecuária ou aumento da produtividade nas áreas já utilizada.

Estes agroecossistemas mais modernos buscando cada vez mais a alta produção e lucratividade tendem a entrar em desequilíbrio com o meio ambiente, perdendo sua capacidade produtiva, que ocorre por exaustão dos nutrientes do solo de plantio. O uso intensivo de fertilizantes e corretivos, necessários à manutenção de níveis altos de produtividade, causa alterações nas características químicas e biológicas naturais do solo levando ao citado desequilíbrio (VEIGA 2003).

Com o intuito de ampliar as áreas de produtividade agrícola, os desmatamentos ocorreram de forma indiscriminada atingindo as Áreas de Preservação Permanente (APP) como nascentes, matas ciliares, topos de morro e áreas com declive e que são protegidas por lei federal (COUTO e PREISKON, 2009).

Devido aos sucessivos ciclos de uso do solo e também à pressão decorrente do crescimento populacional, grande parte das regiões tropicais apresenta sua cobertura florestal nativa altamente fragmentada e/ou restrita a pequenas porções de terra (DEAN, 1996; BARBOSA e MANTOVANI, 2000; RODRIGUES & GANDOLFI, 2004).

Tanto o uso contínuo e inadequado da terra (com gradagens, queima de culturas), como os desmatamentos, aumentam a quantidade de CO<sub>2</sub> e metano CH<sub>4</sub> na atmosfera. Contudo o uso adequado do solo, como o plantio na palha com o mínimo de cultivo mecânico e revolvimento do solo, e o reflorestamento contribuem com a redução de emissões e remoção de gases do efeito estufa na atmosfera (COUTO e PREISKON, 2009).

## 2.2 Mata Ciliar

As florestas naturais, sobretudo as matas ciliares, sempre foram e continuam sendo recursos naturais essenciais para todas as sociedades, com importância de proporcionar serviços e produtos imprescindíveis para o bem-estar da população (MIRANDA, 2008).



Segundo Martins e Dias (2001), as florestas naturais apresentam diversos mecanismos que favorecem a infiltração, como as copas das árvores que produzem um microclima local (temperatura amena e umidade do ar e do solo satisfatórios para a vida); a serrapilheira que possui uma grande capacidade de acumular água e outras substâncias; o sistema radicial, para aeração e percolação da água.

As Matas Ciliares podem ser entendidas, como formações florestais, que ocorrem ao redor de nascentes, brejos, lagos e cursos da água, oferecendo proteção para o solo e as águas, reduzindo o assoreamento de rios, lagos, represas e impedindo o aporte de poluentes para o meio aquático (MARTINS e DIAS 2001).

Estas formações florestais são fundamentais para o equilíbrio ecológico, formando corredores que contribuem para a conservação da biodiversidade; fornecem alimento e abrigo para a fauna; constituem barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças da agricultura; e, durante seu crescimento, absorvem e fixam dióxido de carbono, um dos principais gases responsáveis pelas mudanças climáticas que afetam o planeta (SIGAM, 2009).

As matas ciliares são sistemas frágeis, alojam-se no fundo dos vales, onde naturalmente recebem os impactos da dinâmica erosiva e de sedimentação dos cursos d'água, e principalmente da interferência humana sobre a bacia hidrográfica. Como o fundo dos vales comumente corresponde aos solos mais férteis de uma bacia, as matas ciliares são derrubadas para fins agrícolas (OLIVEIRA FILHO et al. 1994).

Devido à importância destas formações florestais, para o equilíbrio do meio ambiente, o código florestal brasileiro, instituído pela Lei Federal nº 4.771, de 15/09/65, alterado pelas Leis Federais nº 7.511/86 e 7.803/89, caracteriza estas formações florestais como Áreas de Preservação Permanentes - APP, restringindo o uso da área, para preservação e conservação desses ecossistemas.

Mesmo protegidas por lei, o desmatamento das margens dos corpos d'água continuam e as conseqüências são evidentes. Entre os impactos negativos evidentes, além do aumento dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na



atmosfera temos: a erosão dos solos, perda de solos produtivos, a utilização de agrotóxicos, fertilizantes e corretivos químicos, os quais levados pela água das chuvas aos mananciais resultam em prejuízos no abastecimento de água potável, na geração de energia elétrica, alteração na biodiversidade aquática e diminuição do potencial de uso destes recursos hídricos para lazer (VEIGA 2003).

Com a degradação ambiental progressiva surgiu necessidade de recuperar ou restaurar as áreas degradadas com essência florestais nativas, segundo Couto & Preiskorn (2009), somente no Estado de São Paulo, estima-se que cerca de 700 mil hectares de matas ciliares precisam ser recuperados.

Diante deste contexto, estas ações de recuperação ambiental dão às matas ciliares condição de novamente exercerem seu papel estratégico na conservação da biodiversidade, e mais recentemente, ainda agregar um efeito atenuador para os problemas do Aquecimento Global, devido à capacidade das árvores enquanto sumidouros de carbono (Miranda 2008).

### 2.3 Restauração Florestal

A restauração de ecossistemas degradados é uma atividade antiga, no entanto, até recentemente, ela se caracterizava como uma atividade sem vínculos estreitos com concepções teóricas, sendo executada normalmente como uma prática de plantio de mudas, com objetivos muito específicos (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Atualmente a necessidade de recuperar as matas ciliares já é um fato concreto e de ampla disseminação. Porém, o desafio atual consiste em encontrar técnicas adequadas de revegetação e superar as barreiras culturais e sócio-econômicas que impedem que se promova a recuperação de matas ciliares em larga escala (DURIGAN e SILVEIRA, 1999).

De acordo com Rodrigues & Gandolfi (2004), nas últimas décadas observa-se um aumento considerável de pesquisas e empreendimentos visando à recuperação de matas ciliares. A restauração florestal de áreas de matas ciliares degradadas, decorrentes de atividades antrópicas, com espécies



arbóreas nativas, fundamenta-se no emprego do método que visa assegurar a harmonia e dinâmica de sucessão, e conseqüentemente, a perenização do ecossistema.

Para que os projetos de restauração florestal, baseados no processo de sucessão se desenvolvam, é necessário que exista uma área aberta onde espécies vegetais possam se estabelecer e sobreviver, que novas espécies possam chegar ao longo do tempo, ou que sementes pré-existentes no solo germinem introduzindo novas espécies com comportamentos ecológicos distintos, de forma que ocorra uma gradual modificação da comunidade (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

No Estado de São Paulo a Lei Estadual n°9.989, de 22 de maio de 1988, prevê a obrigatoriedade da recuperação florestal, pelos proprietários, das áreas de APP ao longo de qualquer curso da água. E a Recuperação de Áreas Degradadas (RAD), é regulamentada pela Resolução SMA-08/2008 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, onde restauração florestal é definida como a “restituição de uma área desflorestada, perturbada ou degradada à condições de floresta nativa”.

Uma das técnicas, mais utilizadas atualmente na restauração florestal, é o plantio de mudas florestais nativas com alta diversidade. O plantio com essências nativas recupera a estrutura florestal e as funções ecológicas de uma área e ainda realizam a remoção dos gases do efeito estufa da atmosfera, através do acúmulo de biomassa (COUTO e PREISKON, 2009).

A restauração de florestas ribeirinhas tinha até pouco tempo como principal foco a restauração de processos hidrológicos, conservação e/ou recuperação do solo e conservação da biodiversidade. Diante do cenário apresentado acima a restauração florestal vem ganhando um novo atributo no que tange o serviço ambiental, prestado pelo seqüestro de carbono pelas árvores (MELO e DURIGAN, 2006).



## 2.4 Ritmo de Crescimento das espécies

De acordo com Miranda (2008), para que os projetos de restauração florestal resultem na proteção e na recuperação da diversidade biológica, se fez necessário o conhecimento das espécies a serem utilizadas nesses projetos. Inclusive há técnicas de restauração ecológica, usando normas que estabelecem número mínimo de espécies a serem utilizadas, distribuição espacial e outras indicações visando aumentar as chances de êxito dos plantios. No entanto, poucas são as informações sobre as características ecológicas das espécies, e no caso do ritmo de crescimento não é diferente.

O crescimento de uma ou mais árvores pode ser definido como o aumento de suas dimensões (diâmetro, altura, área basal, volume, biomassa e outros), em um dado período de tempo. E existem grandes variações entre as espécies, entre árvores da mesma espécie, constituições genéticas, ou ainda estabelecidas em diferentes habitats, sendo assim, a taxa de crescimento das árvores são altamente variáveis. Dessa forma, pode-se afirmar que o que caracteriza a espécie como sendo de crescimento rápido, médio ou lento é a taxa de crescimento dessas espécies (CHAGAS et al., 2004 apud MIRANDA, 2008).

Para a estimativa da biomassa seca e carbono, a estratificação em ritmos de crescimento foi adequada, pois os ajustes com os dados estratificados melhoraram o desempenho dos modelos, diminuindo o erro padrão da estimativa e aumentando o coeficiente de determinação, sendo assim, para se estimar a biomassa e carbono das árvores com maior qualidade de ajuste, a estratificação se mostrou eficiente (MIRANDA 2008).

## 2.5 Seqüestro de Carbono

O carbono é elemento fundamental na constituição das moléculas orgânicas, e compõe quatro dos principais gases de efeito estufa, o metano (CH<sub>4</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o hidrofluorcarbonos (HFCs) e os perfluorcarbonos (PFCs), e são essenciais á vida, por ser um elemento



“mestre” nos ciclos globais, chamados biogeoquímicos. Portanto, o ciclo do carbono mostra a relação entre a vida, a atmosfera, os oceanos, rochas e florestas (MOREIRA e SCHWARTZMAN, 2000).

Segundo Moreira e Schwartzman, (2000) o fenômeno do Aquecimento Global, causado pelo acúmulo excessivo de gases chamados de efeito estufa, notadamente o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), e o CH<sub>4</sub> (metano) em uma camada ao redor do planeta, impedindo a radiação de raios infravermelhos de volta ao espaço e aumentando assim o calor retido na atmosfera, é um problema global que já faz sentir seus efeitos.

Sabe-se que as árvores têm a capacidade de absorção e fixação de carbono em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto à absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (AREVALDO et al., 2002).

O termo “seqüestro de carbono” foi consagrado na Conferência de Kyoto (Japão), em 1997, e tem como objetivo conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> na Atmosfera, com o propósito de reduzir o efeito estufa. É comumente relacionado à idéia de conservação de carbono nos solos, nas florestas e em outros tipos de vegetações; ao fortalecimento de “sumidouros” de carbono, preservando áreas florestais, estabelecendo novas plantações florestais, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas (REZENDE et al., 2001).

Por meio do Protocolo de Kyoto e outros acordos, foram criados os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), que visam métodos de compensação e redução dos gases do efeito estufa, nos quais os países sem compromisso de redução desses gases podem participar do mercado de carbono. Uma das atividades do MDL prevê a implantação de floresta, uma vez que os vegetais têm a capacidade de transformar o carbono em compostos celulósicos, como a madeira (RODRIGUES; et al., 2009).



## 2.6 Produção de Biomassa e Fixação de Carbono

Apoiando em Urbano (2007), uma das formas mais eficientes de fixar o excesso de CO<sub>2</sub> é o desenvolvimento de plantações florestais de crescimento rápido. O carbono é utilizado para formar a parte lenhosa e quanto mais rápido o crescimento, maior a absorção de CO<sub>2</sub>.

O ciclo global do carbono é composto de vários ciclos simples. O ciclo simples mais importante é denominado fotossíntese - respiração e depende intimamente da presença de plantas, animais e bactérias. Plantas, sejam na terra ou nos oceanos, absorvem gás carbônico e usando água e a luz do sol convertem o gás carbônico em tecido vivo (CO<sub>2</sub>), chamado freqüentemente de biomassa ou matéria orgânica. O oxigênio (O<sub>2</sub>) é liberado durante a produção de biomassa. Este processo é conhecido como fotossíntese porque usa luz para sintetizar biomassa. Concluindo que o estabelecimento de novas florestas, podem também contribuir de forma significativa com o acréscimo nos estoques de carbono (Rochadelli, 2001 apud Urbano 2007).

Segundo Teixeira (2003), a biomassa pode ser definida como a quantidade de material vegetal contida por unidade de área numa floresta e expressa em unidade de massa. Em geral, os componentes utilizados na medição da biomassa são: biomassa vertical acima do solo, composição das árvores e arbustos (fitossociologia), composição da serrapilheira e troncos caídos (fitomassa morta acima do solo) e composição de raízes (biomassa abaixo do solo).

## 2.7 Estimativa de Biomassa

De acordo com Miranda (2008), do ponto de vista prático, a determinação da quantidade de carbono a ser seqüestrada depende da variável biomassa, a qual segundo vários autores precisa ser estimada de forma fidedigna onde as frações raiz, tronco, galhos e folhas se revestem de grande importância, pois estudos recentes já mostraram que estas frações podem resultar em teores de carbono diferentes entre si.



A determinação da biomassa florestal pode ser feita por dois métodos: o método direto, onde toda a biomassa é retirada para a determinação do peso da biomassa fresca e da biomassa seca; e o método indireto, que estima a biomassa por meio de modelos matemáticos a partir de dados de inventários florestais fazendo a relação de parâmetros como o volume da madeira, o DAP (diâmetro à altura do peito, aproximadamente 1,30 m) e HT - altura total (TEIXEIRA, 2003).

A estimativa de biomassa pelo método indireto consiste em correlacioná-la com algumas variáveis de fácil obtenção (DAP e HT) e que não requeira a destruição do material vegetal. As estimativas podem ser feitas por meio de relações quantitativas ou matemáticas, como razões ou regressões de dados provenientes de inventários florestais (SILVEIRA 2001).

Os métodos indiretos obviamente não podem ser utilizados sem o ajuste e a calibragem prévia das equações e, portanto, devem ser empregados em conjunto com os métodos diretos. Resultando na escolha dos melhores modelos matemáticos, nos critérios clássicos de análise de regressão, como menor erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ), maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As equações de biomassa podem ter muitas formas, sendo que as mais comumente utilizadas são as do tipo linear e não linear. A escolha de uma destas formas ocorre em função da experiência em sua utilização, da relação entre as variáveis ou pela recomendação da literatura (TEIXEIRA 2003).

Miranda (2008) desenvolveu modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal de 6 a 17 anos, em Floresta Estacional Semidecidual do sudoeste paulista. Observou que com a estratificação dos dados em relação ao ritmo de crescimento, as estimativas para biomassa seca e carbono para as espécies de crescimento rápido obtiveram para  $S_{yx}$  e  $R^2$  resultados que variam entre 28,00 e 58,42% e 0,8785 e 0,9710, respectivamente. Já para as espécies de crescimento médio, os resultados revelaram valores entre 20,04 e 45,84% para  $S_{yx}$  e 0,8562 e 0,9878 para  $R^2$ . Para as espécies de crescimento lento os valores foram de 12,46 e 23,19% para o  $S_{yx}$  e de 0,9683 e 0,9909 para o  $R^2$ .



As equações alométricas desenvolvidas por Miranda (2008), para a estimativa da biomassa e do carbono fixado pelas árvores (parte aérea e raízes), utilizando da estratificação por ritmo de crescimento são:

Equação 01 Plantas de crescimento rápido;

$$CR = -3,02985 + (145,866 * G * HT) + (0,00856095 * (Id^2) * HT) \quad (01)$$

Equação 02 Plantas de crescimento médio;

$$CM = (EXP(1,23797 + 0,0037757 * HT^2 + 0,000695783 * Dq * Id + 1,51343 * LN(Dq))) * 1,068 \quad (02)$$

Equação 03 Plantas de crescimento lento;

$$CL = (EXP(-3,71971 + 1,89002 * LN(Dq) + 1,06358 * LN(HT))) * 1,048 \quad (03)$$

ARTIGO TÉCNICO

Onde:

C = massa total de carbono da árvore, expressa em kg;

G = Área transversal = soma das áreas transversais dos fustes de uma mesma árvore medidas a 1,30 m do solo, expressa em metros quadrados;

HT = altura total da árvore, expressa em metros, e;

Id = idade do reflorestamento, expressa em anos.

Dm = diâmetro Máximo = maior diâmetro do indivíduo

Dq = diâmetro quadrático

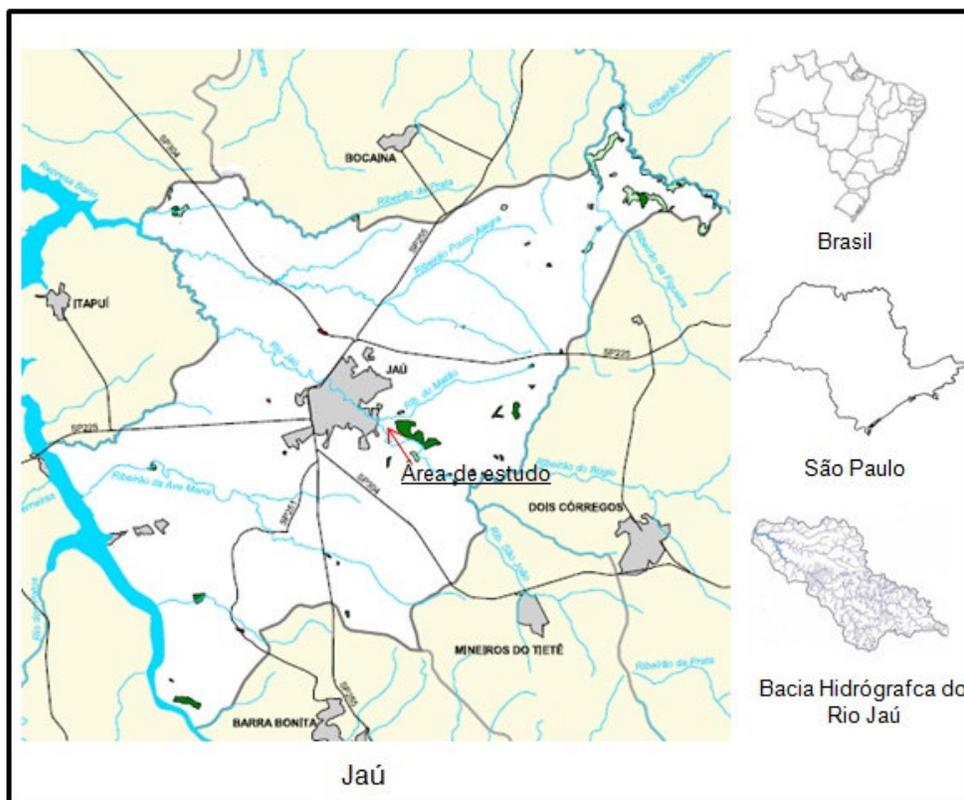
Equação 04 diâmetro quadrático

$$Dq = \sqrt{(D_1^2) + (D_2^2) + \dots + (D_n^2)} \quad (04)$$

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na Região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, no município de Jaú, na Fazenda Santo Antônio dos Ipês que está localizada entre as coordenadas UTM 22 K 753687L, 7531369S, altitude 505 metros acima do nível do mar. Pertence à Sub-Bacia hidrográfica do Rio Jaú, afluente do Médio Tietê e esta situada dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré – UGRHI 13 do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo.



Fonte: Adaptado pelo autor, 2011.

Figura 1 - Localização da área de estudo, situada no município de Jaú – SP.

### 3.2 Caracterização da área

O relevo da área é classificado como Planalto pouco Ondulado, e segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo Cwa (mesotérmico), ou seja, quente e úmido com inverno seco e verão chuvoso, a amplitude térmica do local é de 18°C índice pluviométrico anual com média de 1.428 mm.

O reflorestamento foi implantado no ano de 2001, em uma ação voluntária do Instituto Pró-Terra (ONG local), na área de 0,23ha, que outrora utilizada para culturas anuais e pastagem, sob Latossolo Vermelho Distroférico, com espaçamento de 3m entre linhas e 2m entre plantas, o preparo da área foi conduzido: roçada com trator, as coroas foram feitas na enxada, os berços com cavadeira e as mudas tiveram origem diversificadas.

A manutenção da área não foi constante e o plantio sofreu com mato-competições, perturbações de animais domésticos (cavalos), humanas e fogo. Atualmente podemos classificar o estágio de regeneração da vegetação secundária médio, segundo a RESOLUÇÃO CONAMA Nº 10/93.



Fonte: Instituto Pró-Terra, 2001 e 2009.

**Figura 2** – (a) Vista frontal da área, no ano de 2001, durante o plantio florestal e (b) vista do mesmo ângulo em 2009; Observamos a formação florestal com diferentes estratos arbóreos.



Fonte: Google Earth 2011.

**Figura 3** – Imagem de satélite, com os limites da área tracejado em vermelho, á esquerda (a) imagem de 16/08/2006 e á direita (b) imagem de 31/05/2010; Observa o aumento expressivo da cobertura vegetal.

### 3.3 Coleta de dados

No inventário florestal da estrutura do estrato arbóreo, realizado em Janeiro de 2009, todas as árvores com diâmetro à altura do peito - DAP maior ou igual a 5 cm foram identificadas e tiveram seu DAP e altura medidos. As árvores vivas que não alcançavam o diâmetro de inclusão tiveram sua ocorrência anotada, de forma a possibilitar os cálculos de sobrevivência. Foram também anotadas e medidas as árvores procedentes da regeneração natural que atingiram o diâmetro mínimo.

Os materiais utilizados na coleta de dados foram: fita métrica para coleta da circunferência á altura do peito – CAP, e transformado em DAP; altura estimada; plaquetas de identificação; e matérias para anotações. Para o processamento dos dados coletados em campo, utilizamos o Software Microsoft Excel.



Fonte: Autor, 2009

**Figura 4** - Coleta de dados em campo (inventário florestal, aferindo o DAP).

ARTIGO TÉCNICO

Realizamos o inventário total da área e mensuramos sistematicamente 174 árvores implantadas em janeiro de 2001 em área de mata ciliar. E classificamos todas as espécies pelo o ritmo de crescimento vegetativo em: rápido R; médio M; e lento L. Pois segundo Miranda (2008), a estratificação em ritmos de crescimento foi adequada melhorou o desempenho dos modelos matemáticos, diminuindo o erro padrão da estimativa e aumentando o coeficiente de determinação, sendo assim, para se estimar a biomassa e carbono das árvores com maior qualidade de ajuste, a estratificação se mostrou eficiente.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados coletados em campo temos 174 indivíduos amostrados, existentes na mata ciliar implantada na Fazenda Santo Antônio dos Ipês. Porém nos cálculos de quantificação do volume de biomassa acumulada excluimos indivíduos com DAP < 5 cm e dois indivíduos não identificados, totalizando 161 árvores.

Observando na tabela 01, quanto ao ritmo de crescimento das espécies florestais, identificamos que atualmente o fragmento estudado apresenta em sua estrutura florestal, 15 espécies de rápido crescimento, com 66 espécimes de rápido crescimento, sendo o este ritmo com maior fixação de carbono.

As análises dos resultados de Miranda (2008) revelaram haver uma ligeira tendência das espécies de crescimento rápido e médio em acumular mais biomassa nos galhos em relação às espécies de crescimento lento. Uma das explicações para isso, é que as espécies de crescimento lento alocam mais biomassa em outras partes da árvore como o fuste e as raízes. Devido ao maior teor de massa seca do fuste, somado ao sistema radicial mais desenvolvido, as espécies de crescimento lento possuem uma maior representatividade na biomassa total das árvores em relação aos demais ritmos de crescimento para esses compartimentos.

No entanto os resultados que obtivemos na análise da tabela 1, é de que as espécies de crescimento rápido acumularam mais biomassa, e a massa total de carbono acumulado por estas espécies é de 2.568,69kg, seguido pelas espécies de crescimento médio com 1.576,56kg e de crescimento lento apresentou 826,58kg de carbono. Este resultado está intimamente ligado ao histórico de perturbação da área de restauração, o qual interferiu negativamente para o crescimento das espécies implantadas.



**Tabela 1-** Número de espécies e de espécimes, para cada ritmo de crescimento.

Ritmo	Espécie	Nº de espécimes	Carbono (kg)
L	8	52	826,58
M	10	43	1.576,56
R	15	66	2.568,69

**Fonte:** Autor, 2011.

L – lento; M – médio; e R – rápido.

Dentre esses indivíduos foram identificadas 30 espécies nativas e 3 espécies exóticas, pertencentes a 20 famílias, a família que mais repete é *Caesalpinaceae*, com 5 espécies, a espécie com maior numero de indivíduos é *Myrcia tomentosa* com 31 espécimes. Estas informações estão descritas na tabela 2 abaixo.

Os indivíduos que apresentaram maior altura foram *Schizolobium excelsum Vogel*. 13 m, *Casearia gossypiosperma Briq.* 12,50 m, a média geral da altura é 6,39 m. Quanto ao diâmetro *Schizolobium excelsum Vogel*. destacou com 44,56 cm, seguido por *Cecropia pachystachya* com 35,11 cm de DAP.

A densidade extrapolada por hectare foi relativamente baixa, em consequência do histórico da área, apresentando 805 indivíduos por hectare. O DAP médio é 12,96 cm, com área transversal média 0,023615 m<sup>2</sup>, e altura media de 6,39 m.



**Tabela 2** – Espécies, família, número de espécimes por espécie, ritmo de crescimento, altura total - HTm (m) e diâmetro - Dm (cm) máximo da espécie.

Espécie	Família	N° de Espécimes	Ritmo	HTm	Dm
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Mimosaceae	4	R	9,0	12,41
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Bernae	Mimosaceae	1	L	5,7	11,62
<i>Balfourodendron riedellianum</i> Engl.	Rutaceae	2	L	7,0	10,5
<i>Cariniana legalis</i>	Lecythidaceae	4	M	6,55	15,44
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Flacourtiaceae	5	M	12,5	33,74
<i>Cecropia pachystachya</i>	Cecropiaceae	13	R	9,5	35,11
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	5	M	7,5	15,6
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravena	Malvaceae	5	M	9,4	30,72
<i>Cordia superba</i>	Boraginaceae	1	R	6,0	14,01
<i>Croton urucurana</i> Baill.	Euphorbiaceae	13	R	10,5	25,46
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Mimosaceae	1	R	6,0	14,32
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	1	L	3,5	4,46
<i>Ficus guaranitica</i> Schodat.	Moraceae	10	M	11,5	31,83
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	1	R	7,4	7,96
<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	7	M	8,0	12,89
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Caesalpinaceae	1	L	6,2	6,84
<i>Inga vera</i>	Mimosaceae	9	R	9,0	24,51
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	Malvaceae	1	M	5,5	7,0
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	Faboideae	2	M	6,0	10,19
<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae	6	R	7,0	9,55
<i>Muntingia calabura</i> L.	Tiliaceae	4	R	10,0	22,44
<i>Myrcia tomentosa</i>	Myrtaceae	31	L	6,0	13,37
<i>Patagonula americana</i> L.	Boraginaceae	6	L	7,5	15,92
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Caesalpinaceae	5	R	10,0	22,92
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	Caesalpinaceae	1	M	4,8	8,28
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	Anacardiaceae	4	R	5,0	14,01
<i>Schizolobium excelsum</i> Vogel.	Caesalpinaceae	2	R	13,0	44,56
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Caesalpinaceae	1	R	4,8	11,78
<i>Sterculia chicha</i>	Sterculiaceae	1	R	4,5	5,09
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Arecaceae	2	L	6,5	23,55
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels.	Myrtaceae	1	R	6,5	20,53
<i>Tabebuia avellanedae</i> Lorentz ex Griseb.	Bignoniaceae	8	L	8,5	16,39
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.	Bignoniaceae	3	M	6,8	13,85

Fonte: Autor, 2011.

No que tange ao acúmulo de biomassa (seqüestro de carbono) destaca-se espécie *Schizolobium excelsum* Vogel. com área transversal 0,155972 m<sup>2</sup> com captação 299,86 kg de carbono seguida por *Cecropia pachystachya* área transversal 0,096815 m<sup>2</sup> e acúmulo 136,33 kg de carbono.

O total de carbono seqüestrado e/ou acumulado em 8 anos, pelo reflorestamento com 161 indivíduos estudados somam 4.905,30 Kg de carbono ou 4,9 Mg de C, incremento anual de 613,16 kg de C/ano. Extrapolando este



valor para um hectare temos 21.338,04 Kg.ha ou 21,33 Mg.ha, o que resulta no incremento anual de 2.667,25 Kg.ha/ano ou 2,66 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de C.

O potencial de fixação de biomassa e carbono está relacionado, entre outros, com a variação na idade dos plantios. Em reflorestamento de 8 anos de idade, em áreas de restauração no oeste paulista, o resultado da estimativa de biomassa e carbono, quantificada por Miranda (2008) revelou 44,6 Mg.ha<sup>-1</sup> de carbono, com incremento anual 5,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de C.

Melo e Durigan (2006) utilizando a equação sugerida por Brown et al. (1989) para florestas tropicais, e 50% na relação biomassa/carbono, encontraram valores entre 33,09 e 60,5 Mg.ha<sup>-1</sup> para carbono em áreas com reflorestamento de 10 anos.



## 5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que o citado reflorestamento, esta em estágio de regeneração da vegetação secundária média (CONAMA n° 10/93), e cumprindo com suas funções ecológicas: proteção da barranca do rio; conservação da biodiversidade; abrigo para ave-fauna e pequenos mamíferos; e contribuído para diminuição do CO<sub>2</sub> atmosférico, acumulando 4,9 Mg de carbono, incremento médio anual de 613,16 kg.C/ano. Extrapolando este valor para um hectare temos 21,33 Mg.ha, o que resulta no incremento médio anual de 2,66 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de C, apesar de não ser grande em números absolutos, é significativo em termos potenciais. Este resultado não tanto expressivo se deve ao histórico de perturbações da área reflorestada como a falta de manutenções periódicas, reduzindo o incremento anual.

O modelo matemático utilizado se mostrou eficiente para uma confiável estimativa da quantificação do carbono fixado, em áreas de restauração florestal, utilizando de algumas variáveis de fácil obtenção (DAP e HT) e que não requeira a destruição do material vegetal, sendo de simples aplicabilidade.

Neste trabalho fica evidente que a recuperação da mata ciliar além de todos os serviços ambientais já conhecidos como proteção das águas, do solo e da biodiversidade é também uma boa alternativa de fixação de carbono da atmosfera para fins de minimização do aquecimento global e em áreas maiores torna viável a venda de créditos de carbono, reduzindo e/ou auto-custeando as despesas da restauração florestal.



## 6 REFERENCIAS

Arevalo, L. A; Alegre, C. J; e Vilcahuaman L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**, Colombo - PR: Embrapa Florestas, 2002.

CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A.J.B.; LUCCHIARI JUNIOR, A. O Problema Ambiental no Brasil: agricultura. In: **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP.IE, 1996, Anais. p. 265-28.

CLARO, W. **Jaú** – A Semente e a Terra. Jaú: Comércio do Jahu, 1998.

COUTO, H. T. Z. ; Preiskorn, G. M. Carbono em Florestas Nativas Implantadas. In: III Simpósio sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 2009, São Paulo. Anais do **III Simposio sobre Recuperação de Áreas Degradadas**. São Paulo : Instituto de Botânica de São Paulo, 2009. v. 1. p. 121-130.

DURIGAN, G. *et al.* A flora arbusto-arbórea do médio Paranapanema: Base para Restauração dos Ecossistemas Naturais. : BÔAS, O. V. ; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação ambiental no oeste paulista**: resultados da cooperação Brasil / Japão. São Paulo: Instituto Florestal: Secretaria do Meio Ambiente, 2004. p. 199-240.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.56, p.15-28, 1999.

Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. Editora Pedagógica e Universitária Ltda., São Paulo. 1986.



LELES, P.S.S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em E. camaldulensise E. pellita sob diferentes espaçamentos.** Viçosa: 1995. 133 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

LEVORATO, A. V. **O Jahu** – Encontros, Cantos e Encantos – A cidade em cores. São Paulo: Dom Bosco, 2003.

MARTINS, S. V.; DIAS, H. C. T. Importância das florestas para a quantidade e qualidade da água. **Revista Ação Ambiental, Viçosa, MG**, v. 20, p. 14-16, 2001.

MELO, A.C. DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, n.71, p. 149-154, agosto 2006.

ARTIGO TÉCNICO

MIRANDA, D. L. C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista.** 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MOREIRA, G.; Schwartzman, S. **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros.** Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000.

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

REZENDE, D.; MERLIN, S.; SANTOS, M. **Seqüestro de carbono florestal: uma experiência concreta.** 2.ed. Palmas: Instituto Ecologia, 2001.



RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHANGEN I. (Org.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

SIGAM – Sistema Integrado de Gestão Ambiental. **Projeto de recuperação de matas ciliares**. Disponível em : <http://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Default.aspx?idPagina=6373>. Acesso em 18 de fevereiro 2011.

SILVEIRA, E. R. **Recuperação da mata ciliar do córrego Tarumã (Tarumã SP): Aspectos ambientais de quatro modelos florestais dez anos após o plantio**. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

SOUZA, A. M. & CREMONESI, F. L. **Jaú** – Imagens de um Rio!. Piracicaba: Copiadora Luis de Queiroz, 2004.

TEIXEIRA, L. M. **Influência da intensidade de exploração seletiva de madeira no crescimento e respiração do tecido lenhoso das árvores em uma floresta tropical de terra-firme na região de Manaus**. 61 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2003.

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



VEIGA, J. E. A Agricultura no mundo moderno: diagnóstico e perspectivas. In: TRIGUEIRO, A. (Coord.) **Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003. p.198 – 213.

Yu, C.M. **Sequestro florestal de carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. 1.ed. São Paulo: Annablume, 2004.