

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

*Determinação do potencial de sequestro de
carbono na recuperação de matas ciliares na
região de São Carlos - SP*

Oswaldo Stella Martins

Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi
Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Moreira

SÃO CARLOS
– 2004 –

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

*Determinação do potencial de sequestro de
carbono na recuperação de matas ciliares na
região de São Carlos - SP*

Oswaldo Stella Martins

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração Ecologia e Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. José Galizia Tundisi
Co-orientador: Prof. Dr. José Roberto Moreira

SÃO CARLOS
– 2004 –

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M386dp

Martins, Osvaldo Stella

Determinação do potencial de seqüestro de carbono na
recuperação de matas ciliares na região de São Carlos - SP
/ Osvaldo Stella Martins. -- São Carlos : UFSCar, 2005.
136 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,
2005

1. Ecologia. 2. Mudanças climáticas. 3. Efeito estufa. 4.
Mata ciliar. 5. Seqüestro de carbono. I. Título.

CDD: 574.5 (20^a)

Timeo hominem unius libri.

Temo o homem de um livro só.

SÃO TOMÁS DE AQUINO

Aos meus pais.

Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo). Ao Instituto Internacional de Ecologia, à Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPGERN). Ao Instituto Internacional de Ecologia (IIE). Edna Stella Martins. Osvaldo Gonçalves Martins. Toda família Stella e Martins. Odete Rocha. José Sallatiel. José Eduardo dos Santos. André Luis Ferreira. José Galizia Tundisi. José Roberto Moreira. Suani Teixeira Coelho. Todos os amigos do CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa). Magno Castelo Branco (vulgo “Ceará”). Helena Carascoza von Glen. Carlos Palleta. Francisco Maciel. Luciana Maia. A todos amigos do *Mountain Bike* de São Carlos (Tecão, Janice, Tição, Joãozinho, Ivo, etc). Joe Ramone, Marky Ramonee Dee Dee Ramone. Alex Itiro Shimabukuro. Vitor Negretti. Ernesto Kemp. Alessandro Teixeira Neto (*Fuinha*). E todos aqueles que contribuíram de maneira direta e indireta para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta metodológica desenvolvida para efetuar uma análise do potencial de fixação de carbono na recomposição florestal em áreas de mata ciliar visando a obtenção de créditos de carbono do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, como previsto no Protocolo de Quioto. A metodologia proposta é dividida em quatro etapas principais. Na primeira etapa é definida a área de estudo e é determinada qual é a extensão total da faixa de mata ciliar da área de estudo. Em seguida é determinada qual a parcela desta faixa que precisa ser recuperada e qual é a situação atual da cobertura vegetal na mesma. Na terceira etapa são determinadas quais as principais características da flora original local. Utilizando dados sobre o tempo de desenvolvimento e diâmetro de cada espécie e equações alométricas de crescimento, a quantidade de carbono acumulada no reflorestamento é calculada. Finalmente a metodologia proposta é aplicada para uma microbacia da região de estudo (Município de São Carlos, SP, Micro Bacia do Rio Jacaré-Guaçu, 21°30'S, 47°30'W). Os resultados mostram uma absorção líquida de 95tC/ha considerando a biomassa acima do solo e nas raízes e um custo total de US\$ 7,2/ tCO₂eq. Considerando o preço atual de US\$ 5/ tCO₂eq os créditos de carbono não são suficientes para cobrir todos os custos do reflorestamento mas representam uma contribuição significativa.

Abstract

The loss of natural forest coverage reached 86% from total forested areas in São Paulo State until the year 2003. This scenario gets more critical when gallery forests are taken into account. This particular kind of forests offers ecological services even more important than normal forests. Even inside law protected areas as well as permanently protected areas (CPA) riverside forests have been progressively devastated. Clearing off riverside forests, besides other problems, causes water resources depletion as the rivers lose this kind of natural protection. A critical factor on riverside forest recovery is related to the high costs on planting and maintaining reforested areas. This work presents an analysis developed to evaluate the potential carbon sequestration on recovering gallery forests, aiming to obtain CERs (Certified Emission Reductions) from a CDM (Clean Development Mechanism) project, as foreseen in the Kyoto Protocol. The proposal is divided in four main steps. In the first step the target area is defined and the total CPA area is marked. Then, which part of the CPA area is still forested and which part is not are determined. During the third step the local gallery forest main characteristics are analysed. In the fourth step the information regarding development duration, population size of each tree species and individual diameter at breast height (DBH) are used to calculate the amount of carbon accumulated in the reforested area. Finally the proposal is applied for the micro-basin of Jacaré-Guaçu River, in São Carlos (21°30'S, 47°30'W) region, São Paulo State, Brazil. The results show an accumulation of 95tC/ha considering above ground and roots biomass and a cost for sequestered carbon of US\$ 7/tCO₂eq. Considering the actual CER's market value, US\$ 5/tCO₂eq the carbon credits are not enough to meet the costs of reforestation but represents a valuable contribution.

Conteúdo

1	Introdução	11
1.1	As emissões de CO ₂ e o efeito estufa	11
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivos	27
2	Materiais e métodos	29
2.1	Área de estudo	36
2.1.1	O município de São Carlos	36
2.1.1.1	Clima	37
2.1.1.2	Vegetação	38
2.1.1.3	Geomorfologia, geologia e hidrografia	40
2.1.2	Seleção da área focal de estudo	42
2.2	Caracterização das Áreas de Preservação Permanente	43
2.3	Levantamento dos mapas e imagens de satélite do município	45
2.3.1	Obtenção de imagens aéreas	50
2.3.2	Determinação das áreas que serão consideradas	51
2.4	Escolha das espécies que serão utilizadas	52
2.5	Determinação do potencial de fixação de carbono	56
2.5.1	Relações alométricas em plantas	57
2.6	Análise financeira dos custos de implantação do projeto	62
2.7	Determinação do potencial de recebimento de créditos de CDM	65
2.8	Determinação dos métodos de monitoramento, custos e certificação do projeto	66
2.9	Definição das externalidades do projeto que serão analisadas	68
3	Resultados e discussão	75
3.1	Determinação do estoque de carbono em uma floresta plantada	75
3.2	Definição da área de estudo	90
3.3	Monitoramento	98
3.4	Estimativa de custos de implantação	98
4	Conclusões	103
	Referências	107
	ANEXOS	119

Lista de Figuras

1	Alterações físicas e climáticas decorrentes das emissões de gases de efeito estufa .	12
2	Balanco energético global a partir da energia luminosa proveniente do sol	13
3	Emissões <i>per capita</i> de CO ₂ no mundo	14
4	Esquema simplificado do ciclo do carbono	15
5	Alterações antropogênicas no ciclo do carbono	17
6	Variação no nível do mar no século passado e previsões para o período 2000-2100	19
7	Ciclo de elaboração de um projeto de MDL	33
8	Localização do município de São Carlos e das principais APAs no Estado de São Paulo	36
9	Variação da cobertura de vegetação na região de São Carlos - SP, segundo SOARES et al. (2003)	39
10	Evidenciamento das unidades de conservação na microbacia do rio Jacaré-Guaçú, através de imagem LandSat 7	42
11	Espécies vegetais acumuladas de acordo com o esforço amostral nas microbacias da região de São Carlos - SP	68
12	Distribuição do número de amostras por quantidade de carbono acima do solo. . . .	82
13	Variação simulada do carbono fixado em um reflorestamento de mata ciliar segundo o software CO ₂ FIX	89
14	Carta temática de cobertura vegetal ciliar da microbacia do rio Jacaré-Guaçú	92
15	Amostra de classificação de cobertura do solo através de análise de foto aérea digital	93
16	Comparação entre a imagem de satélite e imagem aérea	94
17	Comparação entre a definição da imagem de satélite e imagem aérea	95
18	Imagens aéreas de (a) Curso d'água da bacia do rio Quilombo e (b) Curso d'água da bacia do rio Jacaré-Guaçu	96

Lista de Tabelas

1	Média de produtividade de florestas de coníferas e carbono fixado	20
2	Normais climatológicas do período de 1990 a 1999	37
3	Percentuais de cobertura vegetal nativa original e atual no município de São Carlos	38
4	Informações sobre as fontes de informação remota	47
5	Dados morfométricos das microbacias em estudo nos limites do município de São Carlos	52
6	Espécies escolhidas para o modelo de reflorestamento.	55
7	Equações alométricas utilizadas	59
8	Custos de implantação de florestas com espécies nativas. Preparo do plantio	63
9	Custos de manutenção de reflorestamento	64
10	Produtividade orgânica dos principais tipos de ecossistema do globo	66
11	Serviços ambientais que podem ser fornecidos pelas matas ciliares	70
12	Valor em US\$ dos serviços ambientais que podem ser fornecidos pelas matas ciliares	73
13	Dados dendrométricos extraídos de LORENZI (2000) utilizados no modelo	75
14	Extensão dos rios, ribeirões e córregos; extensão da vegetação remanescente e área de preservação permanente que deve ser respeitada (déficit de vegetação) em matas ciliares na região de São Carlos, SP	77
15	Características biométricas das diferentes espécies selecionadas para o reflorestamento das matas ciliares na região de São Carlos, SP	79
16	Simulação com o DAP médio por classe de diâmetro extraído do trabalho de TUNDISI (2000)	83
17	Microbacia, número de amostras, área basal média (G) e área basal total das árvores presentes nos remanescentes de mata ciliar no município de São Carlos, SP.	87
18	Parâmetros de cada coorte no modelo de reflorestamento proposto que alimentou o programa CO ₂ FIX	88
19	Medidas morfométricas das microbacias em estudo e estoques de carbono segundo as análises feitas através de cartas do IBGE e imagens de satélite	89
20	Distribuição da quantidade de carbono por tipo de cobertura vegetal	92
21	Valores de biomassa e carbono estimados para as amostras de vegetação nativa na bacia do rio Jacaré-Guaçú.	96
22	Custos de implantação de reflorestamentos com espécies nativas	99
23	Custo dos itens necessários para efetuar o monitoramento de uma área reflorestada de 700 ha.	100

Lista de acrônimos

- APP** Área de Proteção Permanente
- CAP** Circunferência à Altura do Peito
- CDM** Clean Development Mechanism
- CER** Certified Emission Reduction
- COP** Conference of the Parties
- GEE** Gases de Efeito Estufa
- IPCC** International Panel on Climate Change
- LULUCF** Land Use Land Use Change and Forestry
- MDL** Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- PCF** Prototype Carbon Fund
- PDD** Project Design Document
- PLB** Produção Líquida do Bioma
- PLE** Produção Líquida do Ecossistema
- PPB** Produção Primária Bruta
- PPL** Produção Primária Líquida
- ppm** Partes por milhão
- REC** Redução de Emissões Certificadas
- UNFCCC** United Nations Framework on Climate Change

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1 As emissões de CO₂ e o efeito estufa

Através das análises de bolhas de ar nas placas de gelo da Groenlândia e da Antártida foi possível analisar as variações na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera desde a última era glacial. Nessa época a concentração era de 200 ppm, subindo gradativamente até 250 ppm 8000 anos atrás, seguido de um aumento de mais 25 ppm nos 7.000 anos seguintes (IPCC, 2000). Durante o último milênio até o início da revolução industrial a concentração de CO₂ variou entre 275 ppm e 285 ppm. Todas essas alterações ocorreram de maneira gradual e a taxa de variação no reservatório atmosférico de carbono raramente excedeu a poucas gigatoneladas de carbono (GtC) por década (CIAIS, 1999). De 1850 a 1998, 270 GtC foram emitidas na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis e produção de cimento (MARLAND et al., 1999).

Nos últimos sessenta anos a quantidade de dióxido de carbono antropogênico emitida para a atmosfera, principalmente devido ao aumento do uso de combustíveis fósseis, aumentou a concentração desse gás na atmosfera de 280 ppm, na era pré-industrial, para 365 ppm em 1995 (KEELING & WHORF, 1998). Atualmente a concentração de carbono atmosférico está em 379 ppm, segundo as últimas medidas feitas na estação de Mauna Loa, no Havaí. (Figura 1).

Estimativas feitas sobre a utilização global de energia e mudanças no uso do solo para os próximos anos sugerem um aumento das emissões e conseqüente aumento da concentração de CO₂ na atmosfera a menos que mudanças sejam feitas nos modelos de produção e uso de energia, principalmente em relação ao manejo do carbono. Os cenários energéticos desenvolvido pelo IPCC - *International*

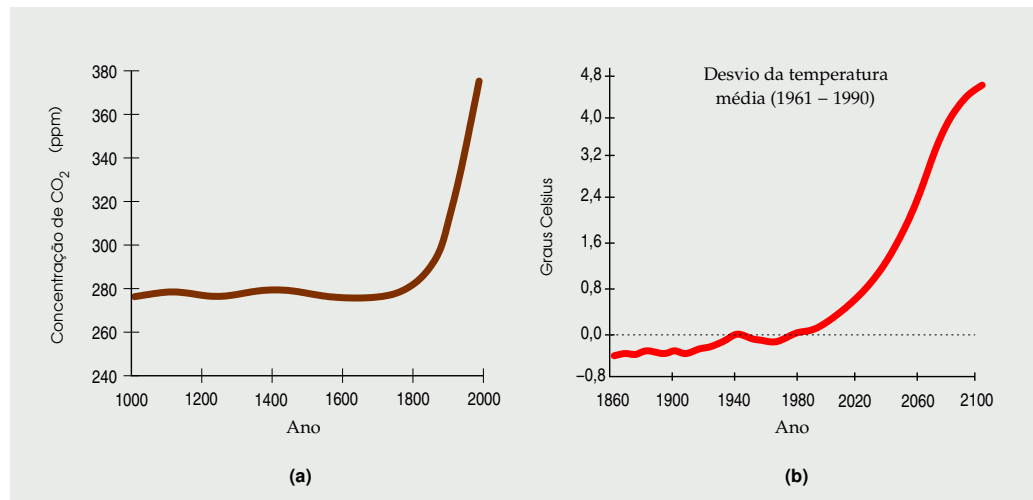


FIGURA 1 Alterações físicas e climáticas decorrentes das emissões de gases de efeito estufa (a): aumento na concentração atmosférica de CO₂ em partes por milhão (ppm); (b): Desvio médio da temperatura média global (IPCC, 1996).

Pannel on Climate Change (IPCC, 1996) prevêem que, se não forem adotadas medidas que implementem a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE), as emissões globais de CO₂ para a atmosfera irão aumentar de 7,4 GtC/ano em 1997 para aproximadamente 26 GtC/ano em 2.100. Os cenários com valores mais baixos somente serão possíveis com uma redução espontânea praticada pela sociedade que se organizará em busca de maior eficiência energética e menor agressão ao meio ambiente.

O efeito estufa aquece a superfície da Terra em 33°C em média. Esse aquecimento natural permite a existência de água líquida na superfície terrestre, o que se tornou a base para a evolução biológica. A temperatura média na superfície da Terra seria -18°C sem o efeito estufa. Porém com o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera existe uma tendência de aumento da temperatura global média em função do aumento da concentração. A figura 2 ilustra o balanço energético global a partir da energia luminosa proveniente do sol.

Esta alteração afeta de maneira direta e indireta os ciclos biogeoquímicos, que são a base do funcionamento dos sistemas naturais do planeta. No entanto o ciclo que está diretamente relacionado a esse processo é o ciclo do carbono.

Os ecossistemas terrestres são componentes importantes dos ciclos biogeoquímicos, que são responsáveis por muitas fontes e sorvedouros de dióxido de carbono, metano e óxidos de nitrogênio, influenciando as respostas globais às emissões antrópicas de gases de efeito estufa (IPCC, 2000). A dinâmica dos ecossistemas terrestres depende das interações entre os ciclos biogeoquímicos, particularmente o ciclo do carbono, o ciclo de nutrientes e o ciclo da água, onde todos eles

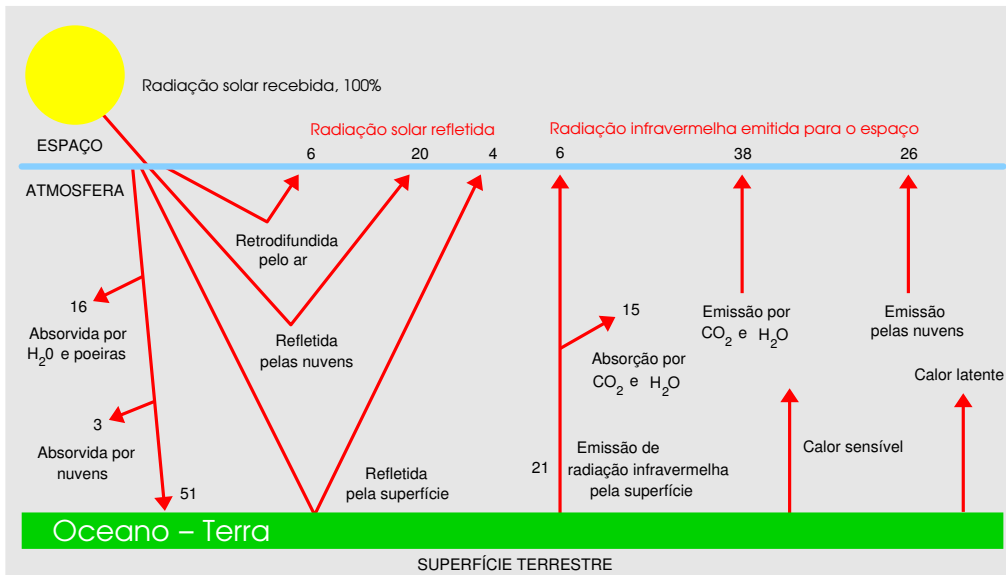


FIGURA 2 Balanço energético global a partir da energia luminosa proveniente do sol. Modificado de KIEHL & TRENBERTH (1997).

podem ser afetados pelas mudanças climáticas ou pela ação direta do homem.

Os combustíveis fósseis, como, por exemplo, o carvão mineral e os derivados de petróleo, são resultado do acúmulo de biomassa que em escalas geológicas de tempo se depositaram no subsolo. A extração dessas reservas e sua utilização como combustível energético através da combustão liberam carbono armazenado no subsolo para a atmosfera em um período de tempo que é milhões de vezes menor que o tempo que o carbono atmosférico leva para se transformar em petróleo ou carvão mineral. A diferença entre as escalas de tempo de uso e acúmulo de carbono é um dos fatores que promove o desbalanceamento do ciclo do carbono provocando o acúmulo de carbono na atmosfera em estado gasoso.

Outro vetor de acúmulo de carbono na atmosfera é o desmatamento. Em geral o processo de desmatamento consiste na derrubada e queima das árvores. Neste processo o carbono contido na madeira, na forma de biomassa, é liberado para atmosfera na forma de CO₂. No caso do Brasil, as emissões de gases de efeito estufa provenientes dessa via, supera em volume as emissões causadas por uso de combustíveis fósseis. Essa tendência é regional, característica da maioria dos países em desenvolvimento onde as alterações do uso do solo e utilização de biomassa tradicional como combustível energético estão em curso. Essa regionalização pode ser observada na figura 3.

Nas plantas o carbono entra e sai por difusão, na forma de CO₂, através dos estômatos presentes na epiderme das folhas. Entrando, o CO₂ vai servir como matéria-prima de compostos orgânicos, durante a fotossíntese (Equação 1).

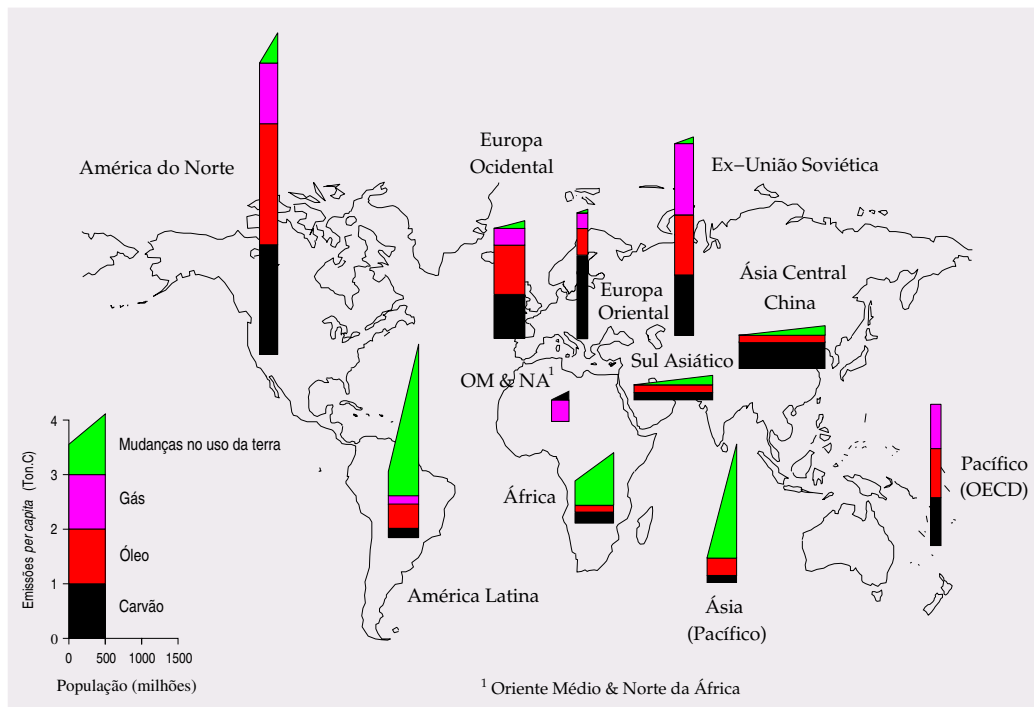
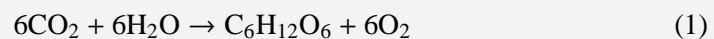


FIGURA 3 Emissões *per capita* de CO₂ no mundo, segundo IPCC (1995)

Saindo, o CO₂ é um dos produtos finais da respiração. Já os animais realizam apenas a respiração liberando o CO₂ na atmosfera, e obtêm o carbono de que precisam de forma direta, se herbívoros, ou de forma indireta se forem carnívoros.

Equação da fotossíntese



Depois de mortos, tanto animais quanto vegetais, sofrem a ação dos decompositores. Se a decomposição de sua matéria orgânica for total, há liberação de gás carbônico e água, e se for parcial, há transformação em material combustível. A matéria combustível quando queimada, devolve o carbono à atmosfera na forma de CO₂. O ciclo do carbono está apresentado de maneira simplificada na figura 4.

Dentro das alternativas mais abordadas para o manejo do carbono, que são a redução da emissão por melhoria na eficiência de produção e uso de energia, substituição de combustíveis fósseis por renováveis e absorção física e química de carbono, este trabalho se concentra na absorção química de carbono.

O papel atual das florestas no ciclo global do carbono não é somente função do uso presente da terra, mas também do uso e distúrbios ocorridos no passado.

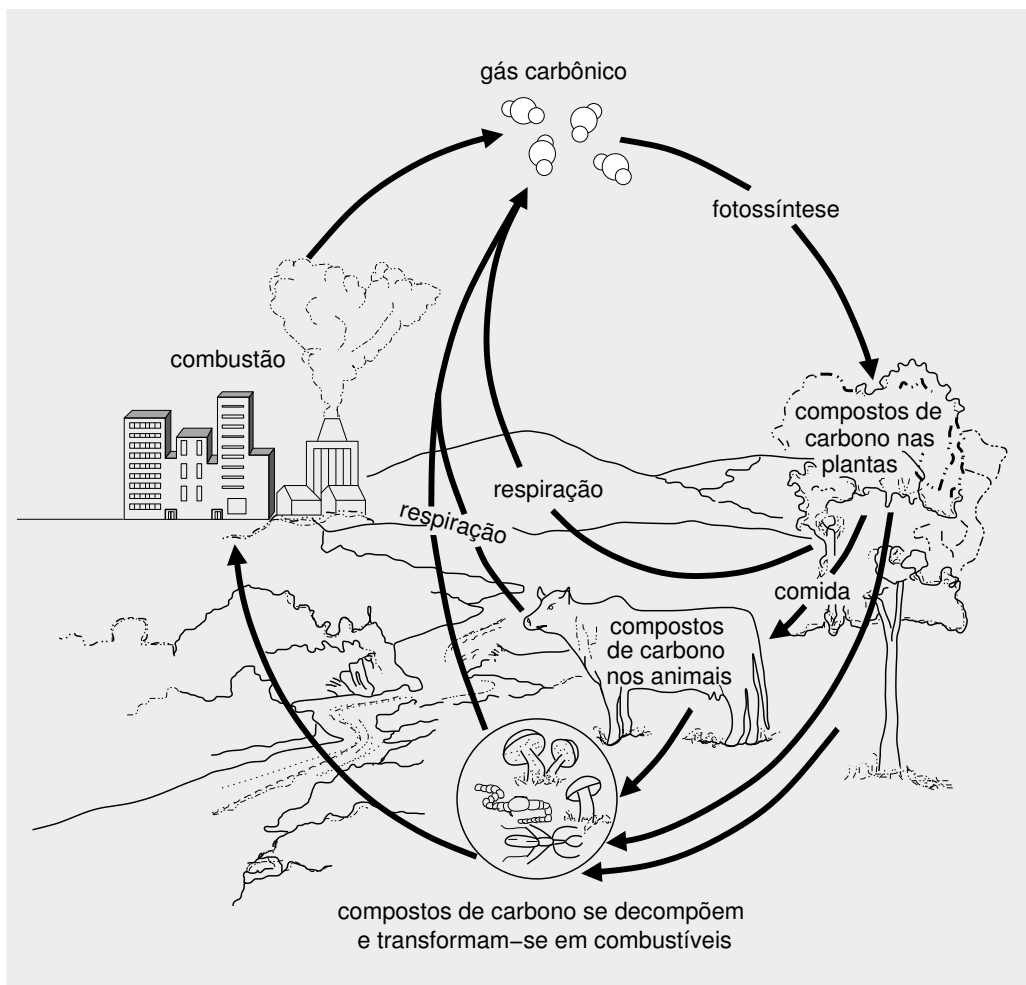


FIGURA 4 Esquema simplificado do ciclo do carbono. Desenhado a partir de CONTI (1998).

No final do século XIX, a emissão de CO₂ deveu-se principalmente à expansão da agricultura nos países de média e alta latitude (HOUGHTON, 1994). A partir da virada do século XX até a década de trinta a emissão de CO₂ devido às mudanças de uso da terra já se igualara, em magnitude, àquela proveniente da combustão dos combustíveis fósseis. A figura 5 mostra os fluxos globais de carbono bem como as alterações antropogênicas no ciclo deste elemento resultantes do aumento no uso de combustíveis fósseis e mudança de padrões de ocupação do solo.

A absorção de carbono da atmosfera pode ser incrementada com a alteração do uso do solo em uma determinada região. Isto é, mudar o padrão de cobertura vegetal de uma determinada área substituindo uma cobertura vegetal por outra que agregue maior quantidade de carbono.

Se for tomado como exemplo um alqueire de área na região amazônica que

é desmatado e transformado em pasto, é possível estimar que existe uma quantidade de 165 tC/ha (AMTHOR et al. 1998) de carbono na forma de biomassa acima do solo na floresta dessa região. Quando as árvores presentes nesta área forem derrubadas e queimadas, o carbono que estava contido na biomassa das árvores será transferido para a atmosfera na forma de CO₂. Se onde antes havia floresta for cultivado pasto, que em média contém 5 tC/ha, assim sendo, 160 tC foram transferidas da cobertura vegetal para a atmosfera. Porém é possível conceber este mesmo processo de maneira inversa.

Segundo as normas do MDL¹ qualquer área comprovadamente desmatada antes de 1990 pode ser florestada e assim colaborar para reduzir a concentração de GEE (Gases de Efeito Estufa). Desta forma se uma área de pasto for reflorestada, na região acima citada, quando esta atingir seu estado clímax, na área onde havia 5 tC haverá 165 tC e assim 160 tC foram removidas da atmosfera.

O seqüestro de carbono nos tempos atuais está vinculado a duas facetas do ciclo do carbono, o ciclo natural e o ciclo dos combustíveis fósseis, que foi criado pelas atividades antropogênicas. As atividades humanas durante a primeira metade da década de 90 foram responsáveis por emissões anuais médias de 7,4 GtC (DOE, 2000)². Em termos globais a maioria dessas emissões está vinculada ao uso de combustíveis fósseis. Aproximadamente 75% da energia comercial do mundo é proveniente de combustíveis fósseis. Esse valor atinge a cifra de 84% se considerarmos apenas os Estados Unidos (PCAST, 1997). O balanço resultante dessas emissões foi um incremento anual de 3,5 GtC de carbono na atmosfera.

O potencial de seqüestro de carbono de um ecossistema depende do tipo e da condição do mesmo, isto é, tipos de espécies, estrutura e distribuição etária. As características da região também são importantes incluindo principalmente o clima, o tipo de solo e o índice pluviométrico. A análise quantitativa do fluxo global de carbono nos sistemas florestais depende da análise de quatro fatores básicos:

- **Produção primária bruta (PPB):** representa a quantidade total de carbono fixada no processo de fotossíntese pela plantas de um ecossistema. A PPB global está estimada em 120 GtC por ano.
- **Produção primária líquida (PPL):** representa a produção líquida de biomassa das plantas de um ecossistema, isto é, a PPB menos a respiração. A PPL global é estimada em 50% da PPB e a ela é atribuído um valor de 60 GtC por ano.
- **Produção líquida do ecossistema (PLE):** representa o acúmulo de matéria orgânica em um ecossistema, a PLE é a diferença entre a produção de

¹Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

²www.eia.doe.gov

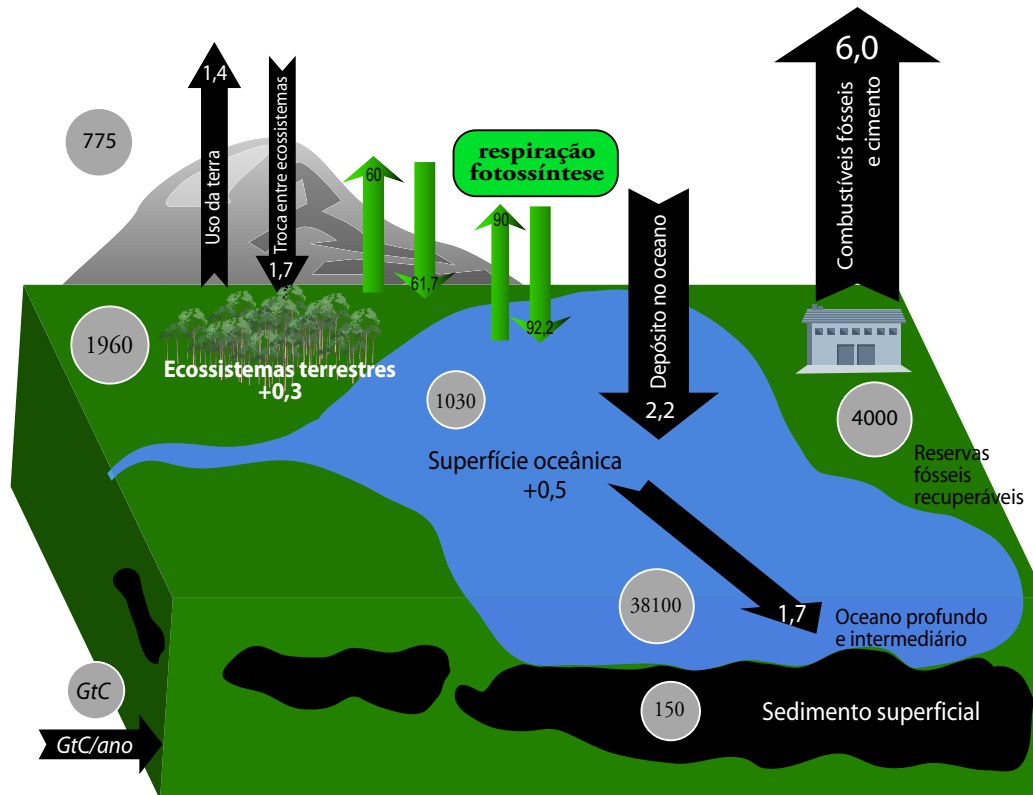


FIGURA 5 Alterações antropogênicas no ciclo do carbono resultantes do aumento no uso de combustíveis fósseis e mudança de padrões de ocupação do solo. As setas indicam a magnitude média de perturbação nos fluxos de carbono e o destino do carbono resultante dessas atividades (média da primeira metade da década de 1990). Os valores das setas de fluxo líquido (pretas) e de fluxo bruto (setas verdes) estão em bilhões de toneladas de carbono por ano. As adições anuais de carbono à rede (números positivos) para a atmosfera, subsistemas oceânicos e sistemas terrestres a partir de fontes antropogênicas estão em bilhões de toneladas de carbono por ano. O tamanho dos reservatórios (círculos) são mostrados em bilhões de toneladas de carbono. Fonte: *Technology Opportunities to Reduce U.S. Greenhouse Gas Emissions*, modificado de IPCC (1995).

matéria orgânica viva PPL e a decomposição da matéria orgânica morta, chamada de respiração heterotrófica (RH). A respiração heterotrófica inclui as perdas decorrentes do consumo por herbívoros e a decomposição pela fauna do solo. A PLE global é estimada em 10 GtC por ano.

- **Produção líquida de um bioma (PLB):** representa a produção líquida de matéria orgânica em uma região que abrange vários ecossistemas e inclui ainda a respiração heterotrófica e outros processos que acarretam em perda de matéria orgânica viva ou morta (colheita, desmatamento, incêndio, etc.) (SCHULZE & HEIMANN, 1998). A utilização do conceito de PLB é apropriada para avaliar o balanço de carbono em grandes áreas (100-1000 km²) e durante períodos de tempo longos (vários anos). No passado a PLB era senso comum entre os pesquisadores a considerarem. Se comparada com os fluxos totais de carbono entre a biosfera e a atmosfera, a PLB é realmente muito pequena. A PLB para a década de 1989-1998 foi estimada em 0,7 GtC/ano aproximadamente 1% da PPL e aproximadamente 10% da PLE. (IPCC, 2000).

A partir da compreensão dos fluxos de carbono na atmosfera e dos processos que os regem é possível conceber de uma maneira mais apurada um processo que contribua para a mitigação do desequilíbrio causado pelo acúmulo de gases estufa na atmosfera através da captura de carbono atmosférico por reflorestamentos.

1.2 Justificativa

O aumento da interferência humana na biosfera em busca de alimento, combustíveis e materiais está causando a deterioração da qualidade ambiental. Uma manifestação dessa deterioração é o aumento da concentração de gases estufa na atmosfera. Esse crescimento é responsável pelo agravamento do efeito estufa que, segundo previsões científicas, acarretará aumento da temperatura média da superfície da terrestre de 1 a 3,5 graus Celsius e aumento do nível médio do mar de 15 a 90 cm no decorrer do próximo século (IPCC, 1995) (Figura 6).

Os gases mais importantes a serem considerados como causadores do efeito estufa são o CO₂, CH₄ e o N₂O. As estimativas de emissões desses gases variam devido às incertezas em relação às taxas de desmatamento, o estado da área desmatada, o conteúdo de biomassa presente nos diferentes ecossistemas e as emissões de carbono produzidas pela degradação do solo, processos industriais e conversão energética.

Muitas das previsões a cerca do consumo de energia para o século 21 sugerem um aumento contínuo das emissões de carbono e o conseqüente aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, a menos que mudanças drásticas

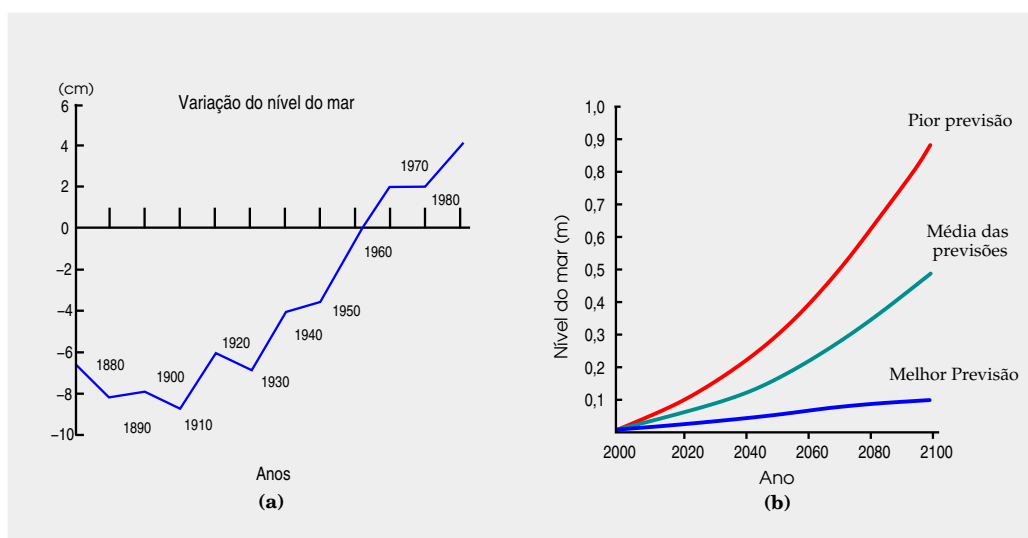


FIGURA 6 (a) Variação no nível do mar (cm) no período 1880 - 1980. (b) Previsões esperadas para o aumento do nível do mar no período 2000 - 2100 (IPCC, 1995)

sejam feitas no modelo de produção e consumo de energia - em particular no que se refere ao controle de carbono.

Mesmo que os impactos climáticos decorrentes do aumento da concentração de CO_2 na atmosfera sejam controversos, muitos cientistas concordam que a duplicação da concentração do gás na atmosfera em relação ao nível pré-industrial pode causar várias alterações ambientais sérias.

Uma maneira de controlar as emissões de carbono é utilizar a energia de maneira mais eficiente, diminuindo assim a necessidade de aumento no consumo energético. Outra maneira é substituir os recursos energéticos derivados de combustíveis fósseis por outros com menores emissões de carbono por kWh consumido, como é o caso das chamadas fontes renováveis (eólica, solar, biomassa, etc.).

A terceira abordagem do manejo do carbono, visando capturar e armazenar o carbono emitido na atmosfera consiste em através do cultivo, absorver carbono da atmosfera pela fotossíntese em plantas e no solo (TREXLER, 1998).

A quarta e mais recente possibilidade é a captura por ações físicas e químicas de CO_2 nos pontos de produção ou transformação de energia e sua subsequente armazenagem em poços de petróleo ou gás exauridos ou mesmo em produção, e/ou sua armazenagem nas profundezas dos oceanos.

Os projetos de mitigação do efeito estufa (principal impacto global causado pelo acúmulo de CO_2 e outros gases estufa na atmosfera) ao redor do mundo têm dado ênfase às duas primeiras alternativas citadas. Isso se deve principalmente ao fato de que a matriz energética dos países desenvolvidos, principalmente dos

TABELA 1 Média de produtividade de florestas de coníferas e carbono fixado. Fonte: SBS, 1998

País	Produtividade (m ³ /ha/ano)	Carbono fixado (tC/ha/ano)
Suécia	3,5	0,8
Canadá	2,5	0,6
EUA (sul)	10	2,5
Chile	22	5,4
Nova Zelândia	22	5,4
Brasil	25	7

<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>

EUA, é baseada em combustíveis fósseis com a utilização em larga escala de carvão mineral. Isto implica na produção de grandes quantidades de dióxido de carbono e outros gases estufa. Já a quarta alternativa, mais moderna, tem sido vista como uma opção para manter a atividade das empresas de petróleo e carvão enquanto se garante a redução de CO₂ emitido.

No caso do Brasil, a geração hidrelétrica ocupa parte importante na produção de energia elétrica (mais de 80%) (BEN, 2002) o que reduz o potencial de mitigação através da substituição de fontes fósseis por renováveis. Em média a emissão pelo sistema elétrico interligado é de 0,02 tC/MWh, bastante baixa quando comparada por exemplo com o carvão mineral 0,36 tC/MWh (CENBIO, 2000). Mesmo quando introduzimos nesse cenário as futuras termelétricas a serem instaladas no país o quadro pouco se altera em relação às emissões de CO₂ já que o combustível a ser utilizado, o gás natural, apresenta baixas emissões de dióxido de carbono (comparado ao carvão mineral), 0,11 tC/MWh utilizando ciclo combinado.

Por outro lado, o país oferece condições satisfatórias para projetos de seqüestro de carbono, grandes áreas cultiváveis e clima favorável que permitem grandes taxas de produção primária nos ecossistemas florestais. Para um projeto de seqüestro de carbono ser viável ele precisa ser seguro, monitorável, mensurável e economicamente competitivo com sistemas de eficiência energética e substituição de fontes de geração (ELLERMAN et al., 1998).

O Brasil apresenta elevada produtividade de biomassa em seus diversos tipos de vegetação e grande potencial de seqüestro de carbono. A tabela 1 mostra valores de produtividade de florestas de coníferas e carbono fixado no Brasil e em alguns países de clima temperado.

Existem alguns projetos de seqüestro de carbono em andamento no país. Porém, nenhum deles se localiza especificamente em áreas de mata ciliar. Os três maiores projetos são:

1. Ilha do Bananal (Tocantins) - Financiado pela AES Barry, empresa do setor energético do Reino Unido, com um investimento de US\$ 1.000.000 prevê um reflorestamento de 60.000 ha que em 25 anos sequestrará 7 milhões de toneladas de carbono.
2. Guaraqueçaba (Paraná) - Financiado pela CSW Corporation, empresa do setor energético dos E.U.A., com um investimento de US\$ 5.400.000 prevê o reflorestamento de 7.000 ha que em 40 anos sequestrará 1 milhão de toneladas de carbono.
3. Cotriguaçu (Mato Grosso) - Financiado pela Peugeot, fábrica de automóveis francesa, com um investimento de US\$ 12.000.000, prevê o reflorestamento de 10.000 ha que em 40 anos irá seqüestrar 1.8 milhões de toneladas de carbono.

Os projetos anteriormente relacionados estão localizados em regiões onde ainda existem grandes remanescentes de vegetação nativa, o que fornece um espaço amostral mais representativo da vegetação que será recuperada. Outro fator relevante é a relação entre a área que será recuperada e a área preservada no entorno. Em todos os projetos relacionados é proposta a recuperação de uma área relativamente pequena quando comparada a área de cobertura nativa do entorno. Esta situação é oposta à encontrada na área de estudo deste trabalho. Na recuperação das áreas de mata ciliar não só as áreas remanescentes são escassas como a situação da cobertura vegetal do entorno é adversa. No município de São Carlos são raras as áreas onde a faixa de mata ciliar se apresenta de forma contínua. Em geral, onde ainda ocorrem, os remanescentes são esparsos e descontínuos, como observado nas incursões ao campo e nos trabalhos de TUNDISI et al. (2000) e SOARES et al. (2003).

Em regiões onde a área a ser reflorestada está cercada de remanescentes ??? de vegetação nativa o custo de reflorestamento tende a ser bem menor do que em áreas onde não existem remanescentes próximos. Isso se deve ao fato de que é possível reflorestar uma determinada área eliminando agentes invasores, como por exemplo o gado e plantando apenas espécies pioneiras que vão contribuir para estabelecer condições de regeneração a partir do banco genético do entorno. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, assinada pelo Brasil na RIO-92, trata do problema do efeito estufa. A convenção estabeleceu que os países desenvolvidos (denominados países do Anexo I, pois são listados nesse anexo do texto da Convenção) deveriam tomar a liderança no combate ao

aquecimento global e retornar suas emissões antrópicas de gases de efeito estufa, por volta do ano 2000, aos níveis anteriores de 1990. A primeira conferência dos países que fazem parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças no Clima, realizada em 1995, em Berlim (Alemanha), examinou os compromissos definidos para os países desenvolvidos e concluiu que eram inadequados. Foi elaborado, então, o Mandato de Berlim, que pôs em marcha um processo de dois anos para a discussão de um Protocolo à Convenção que definisse novos compromissos legalmente vinculantes, no sentido de possibilitar ações apropriadas para a primeira década do século XXI, tornando mais severas as obrigações para os países desenvolvidos.

O processo do Mandato de Berlim culminou na Terceira Conferência das Partes (COP 3), realizada em Quioto (Japão), em 1997, com uma decisão por consenso em favor da adoção do Protocolo de Quioto .

De acordo com o Protocolo, os países desenvolvidos aceitariam compromissos diferenciados de redução ou limitação de emissões entre 2008 e 2012 (representando, no total dos países desenvolvidos, redução em pelo menos 5% em relação às emissões combinadas de gases de efeito estufa de 1990).

As emissões consideradas são apenas aquelas geradas por atividades humanas (atividades antrópicas) no setor energético (produção e uso de energia), em processos industriais (gases gerados como co-produtos dos processos industriais) no uso de solventes, no setor agropecuário (queima de cobertura vegetal e de resíduos, uso do solo, etc.) e tratamento de resíduos (lixo e esgoto) (OBERTHUR, 1999).

A possibilidade de utilização de absorção de CO₂ pelas plantas no processo de fotossíntese está prevista também no Protocolo. As variações líquidas de emissões de gases de efeito estufa por fontes (emissões de CO₂ pelo desflorestamento) ou remoções por sumidouros (estabelecimento de novas florestas e reflorestamentos) devem ser computadas para o atendimento das metas de redução de cada país desenvolvido.

Existe o reconhecimento de que o esforço econômico que será necessário para o cumprimento das metas estabelecidas no Protocolo resultará em custos significativos para a economia de cada país industrializado. Em virtude desse reconhecimento, foram estabelecidos três mecanismos para auxiliar os países desenvolvidos a cumprir suas metas de redução ou limitação de emissões de gases de efeito estufa. Dois desses mecanismos são de exclusiva aplicação entre países desenvolvidos: a implementação conjunta de projetos e o comércio de emissões; e outro mecanismo, o de Desenvolvimento Limpo (CDM - *Clean Development Mechanism* em inglês ou MDL - Mecanismo de desenvolvimento limpo em português), envolve países desenvolvidos e em desenvolvimento.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos vários *mecanismos de flexibilização* autorizados no Protocolo de Quioto (dezembro de 1997)

para a *United Nations Framework Convention on Climate Change* assinada no Rio de Janeiro, em 1992 (ECO 92). Ele foi criado a partir da idéia original da proposta brasileira de estabelecimento de um fundo que, modificada, foi adotada em Quioto. É o mecanismo que mais interessa ao Brasil, pois permitirá a certificação de projetos de redução de emissões e seqüestro de carbono no país e a posterior venda desses certificados para serem utilizados pelos países desenvolvidos como modo suplementar para demonstrarem cumprimento de suas metas. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é uma oportunidade para entidades brasileiras desenvolverem projetos que visem a redução de emissão ou absorção de CO₂, principalmente no que se refere a energias renováveis, projetos de aumento de eficiência energética e reflorestamento. Na implantação desses projetos há a possibilidade de transferência de tecnologia e de recursos externos de empresas de países do Anexo I interessadas na obtenção de “Redução de Emissões Certificadas” (REC) de gases de efeito estufa (*CER - Certified Emission Reduction*).

O artigo 12 do Protocolo de Quioto identifica três objetivos para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:

1. Colaborar para o desenvolvimento sustentável,
2. Contribuir para que as metas da Convenção sejam alcançadas,
3. Ajudar para que os países atinjam as suas metas de redução de emissões.

Para se criar as Reduções de Emissões Certificadas através de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, várias etapas técnicas, regulatórias, financeiras e administrativas devem ser percorridas. É importante considerar que o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo é uma forma de mercado, onde mercadorias e serviços são comercializados. As inúmeras manifestações de interesse já mobilizaram o mercado e até o World Bank, Banco Mundial, criou um fundo de US\$150 milhões para investir nas futuras transações de créditos de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) em termos mundiais, chamado *Prototype Carbon Fund* (WORLD BANK, 1998).

As metas estabelecidas no Protocolo de Quioto se aplicam apenas aos países desenvolvidos listados no Anexo 1 da Convenção. O Brasil não tem compromissos de redução ou limitação de emissões de gases de efeito estufa, pois é considerado país em desenvolvimento.

Apesar de os países da Convenção terem chegado a um acordo em Quioto, o Protocolo apenas entrará em vigor 90 dias após a sua ratificação (aprovação pelos Congressos ou Parlamntos dos países para que tenha força de lei) por pelo menos 55 países, incluindo países desenvolvidos responsáveis por pelo menos 55% do total de emissões de dióxido de carbono, devido ao uso de combustíveis fósseis desse grupo de países.

Como resultado dessa última condição, os Estados Unidos e a Federação Russa que, juntos, correspondem a 51,7% das emissões de CO₂, não incluindo as emissões pela mudança no uso da terra e florestas, têm poder de veto, na prática, à entrada em vigor do Protocolo.

Em julho de 1997, o Senado norte americano aprovou a resolução que definiu que “os Estados Unidos não devem ser signatários de qualquer protocolo que imponha novos compromissos de limitar ou reduzir emissões de gases do efeito estufa para as Partes do Anexo I”, a não ser que “o protocolo imponha novos compromissos específicos de limitação ou redução de emissões de gases de efeito estufa para as Partes, Países em Desenvolvimento, incluindo a China, o México, a Índia, o Brasil e a Coréia do Sul, dentro do mesmo período de cumprimento”.

Como as emissões de CO₂ dos países do anexo I em 1997 já estavam acima dos níveis de 1990, a meta de redução de 5% em relação aos níveis de 1990 constitui um grande esforço econômico a ser empreendido nos países industrializados. Segundo a própria projeção dos países desenvolvidos, por volta de 2010 esses países, em seu conjunto, poderão ter emissões de gases de efeito estufa 15% acima das emissões de 1990, o que representará um esforço equivalente à redução de uma quinta parte das emissões.

No entanto o mercado de créditos de carbono opera mesmo sem a ratificação do Protocolo de Quioto. Além do PCF (*Prototype Carbon Fund*) do Banco Mundial foram implantados vários outros sistemas de comércio de RECs. Podemos destacar a bolsa de Chicago e o mercado da Comunidade Européia. Mesmo dentro dos Estados Unidos alguns estados iniciaram projetos próprios de mitigação do efeito estufa. Embora os créditos sejam comercializados por valores muito abaixo do estimado se o Protocolo de Quioto for ratificado estudos preliminares indicam que os créditos podem responder, ao preço atual, por 50% do custo de um reflorestamento no Brasil (Este trabalho).

No âmbito regional o desenvolvimento de um projeto de reflorestamento em larga escala além de cumprir os objetivos em relação ao efeito estufa, trás consigo uma série de adicionalidades. Geração de empregos, melhoria da qualidade ambiental, principalmente a preservação dos recursos hídricos, do solo e da biodiversidade, permitindo o uso múltiplo do espaço, entre outras. Desta maneira será possível utilizar os benefícios dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo para melhorar a qualidade ambiental de regiões degradadas, contribuindo assim para um desenvolvimento local e regional mais sustentável. Esse desenvolvimento ainda trará consigo a componente global que é a fixação do carbono, objetivo principal dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo.

Outros benefícios de ordem estratégica e institucional podem ser conquistados capacitando os centros de pesquisa já instalados para o emergente e amplo campo científico necessário para qualificar os projetos de seqüestro de carbono.

O Estado de São Paulo, de acordo com o último levantamento realizado pela

Fundação Florestal, possui 3,3 milhões de hectares recobertos por vegetação nativa, o que representa 13,4% da área total do Estado (BARBOSA, 2000). A vegetação remanescente está distribuída de forma heterogênea, concentrando-se nas áreas de maior declividade, na Serra do Mar, e nas unidades de conservação administradas pelo poder público. Vastas áreas encontram-se praticamente desprovidas de vegetação nativa.

A situação em relação às matas ciliares é especialmente preocupante. Levantamentos realizados pela Fundação Florestal estimam em mais de um milhão de hectares de áreas marginais a cursos de água sem vegetação ciliar. Apenas para recuperar essas áreas seria necessário produzir, plantar e manter algo em torno de dois bilhões de mudas.

No caso da recomposição de áreas degradadas de mata ciliar, o processo de elaboração de um projeto de seqüestro de carbono traz consigo dificuldades adicionais. Essas dificuldades se apresentam principalmente em razão das peculiaridades das áreas ciliares entre elas o fato de se tratar de uma faixa estreita e longa, e a grande diversidade de espécies encontradas. Embora apresente dificuldades adicionais os benefícios ambientais decorrentes da recuperação dessas áreas também são proporcionalmente maiores à medida em que as funções ecológicas desenvolvidas por esse tipo de cobertura vegetal são ainda mais importantes que as da vegetação do interflúvio.

Um estudo publicado em 2004 no *Brazilian Journal of Biology* sobre a cobertura vegetal no Município de São Carlos relata que apenas 7,6% das matas originais ainda resistem na região. A espécie *Araucaria angustifolia*, árvore símbolo da cidade, que antes cobria 2% da área do município hoje está praticamente extinta. Em relação aos outros tipos de cobertura vegetal a situação também é crítica. O cerradão teve a sua participação na cobertura vegetal do município reduzida de 16% para 2,5% e o cerrado típico de 27% para 2%. Mais alarmante ainda são os dados referentes às matas de galeria associadas às áreas ciliares. Este tipo de cobertura vegetal teve a sua extensão reduzida a 1% da cobertura original (SOARES et al., 2003).

A cobertura vegetal situada nas áreas ciliares, isto é, no entorno dos corpos de água (rios, lagos, etc.) fornece um conjunto de serviços ambientais. Dentre estes serviços podemos destacar a preservação dos recursos hídricos, a manutenção de corredores ecológicos e conseqüente preservação da biodiversidade, entre outros. A água, em seu estado natural, possui determinadas propriedades físicas e químicas tais como pH, temperatura e turbidez, entre outras. Em locais onde a mata ciliar foi suprimida o entorno do corpo de água é alterado e conseqüentemente alteradas as propriedades da água. Essas alterações afetam diretamente as populações que estão de alguma maneira ligadas a esses corpos de água. Se tomarmos como exemplo o papel que as matas ciliares representam no combate à erosão é possível analisar de maneira mais objetiva a questão. A mata ciliar reduz o acú-

mulo de sedimentos nos corpos de água à medida em que serve de obstáculo para a água das chuvas que carregam sedimentos. Onde ela foi suprimida, a turbidez e o acúmulo de sedimentos no leito vão aumentar. Para as populações aquáticas isto pode representar desde um obstáculo para o suprimento de alimento até a interrupção do ciclo reprodutivo. No caso de um reservatório de uma hidrelétrica o acúmulo de sedimentos reduz a vida útil do sistema à medida em que o volume de água armazenado diminui com o acúmulo de sedimentos e a alta turbidez da água também acelera o desgaste das turbinas. Para uma comunidade rural o assoreamento pode representar em última instância a falta de água para suprir as suas necessidades. Os custos do tratamento de água também aumentam em função do aumento da turbidez da água (TUNDISI, 2000a).

No processo de implantação dos reflorestamentos os limites das microbacias hidrográficas devem ser priorizados em detrimento dos limites municipais. A utilização da bacia hidrográfica como unidade de referência para pesquisa tem sido adotada extensivamente em muitos países. (VAN DYNE, 1971).

CARPENTER (1983) define bacia hidrográfica como:

...a área de terra drenada por um determinado curso de água ou rio e seus afluentes para um ponto em comum com escoamento superficial de sedimentos e materiais dissolvidos. Seus limites são estabelecidos pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra adjacente.

SAHA (1981) e ROCHA et al. (2000) destacam que o sistema bacia hidrográfica compreende um sistema de relações e de integrações interdependentes de todos os fenômenos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, etc. Conseqüentemente o que se deve procurar preservar em uma bacia não é somente suas águas ou solo, mas:

...a teia completa de relações existentes entre todos os seus elementos componentes naturais e antropogênicos.

A recuperação de uma microbacia ainda colabora para evitar a fragmentação do ecossistema à medida em que contribui para a formação de corredores ecológicos. Para VIANA (1990) e BENEDETTI & ZANI-FILHO (1993), um fragmento florestal pode ser definido como:

...qualquer área de vegetação natural contínua, interrompida por barreiras antrópicas (estradas, culturas agrícolas etc.) ou naturais (lagos, outras formações vegetais etc.), capaz de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e/ou sementes. A fragmentação, em

geral, resulta na perda da biodiversidade, causando a instabilidade das populações, comunidades e ecossistemas.

Além da perda de espécies provocada pela fragmentação Florestal, pode ocorrer, inicialmente, um influxo de espécies para os fragmentos, que podem funcionar como refúgios. Extinção, dispersão e colonização são freqüentes até que ocorra o estabelecimento de um novo equilíbrio (LOVEJOY, 1980).

Atualmente o maior obstáculo para a recomposição das matas ciliares é de cunho financeiro. Embora seja indiscutível a sua importância estima-se que atualmente mais de 85% das áreas ciliares no Estado de São Paulo se encontram deterioradas (CERRI et al., 2000). Embora o código florestal atente para o problema, a questão financeira ainda impede que essas áreas sejam recuperadas.

A inclusão, neste cenário, dos créditos de carbono previstos no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto pode colaborar para a solução do problema. Para tanto é necessária a aplicação de uma metodologia capaz de quantificar o carbono fixado nos reflorestamentos assim como propostas de monitoramento deste processo ao longo do tempo.

Localmente a população será diretamente beneficiada pela melhoria da qualidade ambiental promovida pela recuperação das áreas protetivas. Globalmente, a absorção de carbono da atmosfera vai colaborar na mitigação do efeito estufa. O desenvolvimento e a aplicação de um procedimento metodológico, durante a execução do projeto, que o qualifique para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo pode servir de exemplo para outros tantos projetos colaborando assim para a melhoria da qualidade ambiental e a preservação dos recursos hídricos no país.

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é elaborar e avaliar um modelo para determinar o potencial de recebimento de créditos de carbono através de um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo baseado no reflorestamento de matas ciliares. Para tanto é necessário:

- Analisar as diretrizes do Protocolo de Quioto referentes aos projetos de seqüestro de carbono.
- Determinar as áreas de preservação permanente (APP) de mata ciliar dentro do município de São Carlos.
- Determinar a cobertura florística original e o potencial de seqüestro de carbono nas áreas de interesse.
- Aplicar o modelo proposto para uma área dentro da região de estudo.

CAPÍTULO 2

Materiais e métodos

O primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho foi observar as decisões relacionadas aos projetos de reflorestamento no âmbito do Mecanismos de Desenvolvimento Limpo pela conferência das partes COP¹, grupo que é responsável pelas resoluções junto a UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) e conseqüentemente ao Protocolo de Quioto. Embora tais diretrizes, em sua maioria já tenham sido traçadas na COP 7 (sétima conferência das partes) elas se tornaram oficiais apenas na COP 9, realizada na cidade de Milão na Itália em dezembro de 2003.

Em sua nona reunião a conferência das partes do Protocolo de Quioto (COP 9) definiu formalmente as modalidades e procedimentos para a inclusão dos projetos de captura de carbono dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. O documento intitulado *Modalities and Procedures for Afforestation and Reforestation Project Activities under the Clean Development Mechanism in the First Commitment Period of the Kyoto Protocol*² define os procedimentos e caracteriza as atividades dentro deste escopo. A definição das metodologias propostas neste trabalho segue as diretrizes definidas no referido documento.

No âmbito do Mecanismos de Desenvolvimento Limpo o arcabouço teórico das possibilidades de inclusão de projetos de captura de carbono foram definidas inicialmente no documento conhecido como LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) (IPCC, 2000). Neste documento estão definidos os conceitos de *afforestation* e *reforestation*. Ambos os conceitos estão vinculados ao estabelecimento de florestas.

¹ *Conference of the Parties*

² <http://unfccc.int/resource/docs/2003/sbsta/l27.pdf> (anexo 1)

Afforestation: Plantar florestas em terras onde historicamente não havia florestas.

Reforestation: Plantar florestas em terras que no passado estavam cobertas de florestas e que por algum motivo foram derrubadas.

Embora ambos conceitos recebam o mesmo tratamento no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo o escopo da abordagem deste trabalho está direcionado ao conceito de *reforestation*, que será tratado como reflorestamento. Abaixo estão listadas as principais definições da COP 9 em relação aos projetos de reflorestamento. O item *a* define quais os reservatórios devem ser considerados. Entende-se por reservatório as diversas formas de acúmulo de biomassa em um ecossistema que podem ser consideradas em um projeto no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. São eles:

1. biomassa acima do solo (tronco, galhos e folhas).
2. biomassa abaixo do solo (raízes).
3. serrapilheira (folhas, gravetos, etc.).
4. madeira morta.
5. matéria orgânica no solo.

O item *b* define as fronteiras geográficas do sistema.

A fronteira do sistema delimita geograficamente o projeto conduzido pelos participantes. O projeto deve conter mais de uma área distinta de terra.

Em termos práticos isto implica em que o projeto não pode ser desenvolvido em uma área contínua de terra.

O item *c* define a linha de base dos projetos.

A linha de base da remoção líquida de gases estufa por sorvedouros é a soma das alterações dos fluxos de estoque de carbono nos reservatórios dentro das fronteiras do projeto que ocorreriam sem a implantação do projeto.

A linha de base serve de referência para a contabilidade dos fluxos de carbono. Nela é determinada qual a quantidade de carbono que estaria armazenada na área do projeto para que seja possível determinar a remoção líquida de carbono atmosférico. Em termos práticos isto representa a diferença da quantidade de carbono

presente na área de projeto e quanto haverá na mesma área quando o projeto estiver implementado. A elaboração do *baseline* implica na construção de um cenário que represente qual seria a situação, dentro das fronteiras do projeto, se o mesmo não fosse implantado. Em geral é um cenário tendencial extrapolado a partir de dados históricos da área de estudo.

O item *d* define o que pode ser considerado como remoção de gases estufa.

A remoção líquida atual de gases estufa por sorvedouros é a soma verificável das mudanças nos reservatórios de estoques de carbono dentro das fronteiras do projeto menos o aumento das emissões em CO₂ equivalente verificadas, decorrentes da implementação do projeto.

O item *e* define o termo vazamento, ou *leakage*.

Vazamento é o aumento de emissões de gases estufa mensuráveis que ocorre fora das fronteiras do sistema e está relacionado com a implantação do projeto.

Em alguns casos o isolamento de uma área para recuperação pode deslocar alguma atividade que gera gases estufa, como por exemplo, a extração de madeira para ser utilizada como combustível, para áreas fora do sistema. Assim sendo essas emissões devem ser debitadas na contabilidade de carbono do projeto.

O item *f* define, em função dos itens anteriores o conceito de remoção líquida de gases estufa:

Remoção antropogênica líquida de gases estufa por sorvedouros é a remoção líquida por sorvedouros menos as emissões líquidas da linha de base menos o vazamento.

Este parágrafo define a contabilidade que deve ser feita para se determinar a quantidade efetiva de gases estufa que será removida da atmosfera com a implementação de um projeto.

Os parágrafos *g* e *h* definem a temporalidade das reduções de emissão certificadas. Quando a substituição de um combustível fóssil é abordada pela ótica do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo o critério de temporalidade não se aplica. Se uma usina termelétrica que consome carvão mineral, por exemplo, é substituída por uma que opera com biomassa cada kWh gerado representa uma emissão evitada mensurável e irreversível. No caso de projetos de reflorestamento a temporalidade está vinculada a permanência das florestas que forem cultivadas.

No caso de um reflorestamento que no futuro será utilizado para outros fins como por exemplo a produção de papel o projeto vai gerar tREC ou seja *temporary certified emission reduction* isto é certificados de redução de emissão temporários.

Caso o reflorestamento implantado no âmbito do projeto tenha como objetivo a manutenção do mesmo por longo período de tempo como é o caso da recuperação de áreas de APP (Áreas de preservação permanente) o conceito de temporalidade e pragas é abordado de outra maneira já que apenas fatores imprevisíveis como incêndios interferirão no projeto. Neste caso os certificados de redução de emissão passam a ser considerados como IREC (*long term certified emission reduction*) ou redução certificada de emissão de longo termo, como definido no item h.

(g) REC temporária ou tREC são os certificados de redução de emissão atribuída a um projeto de reflorestamento no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo que expira no fim do período de compromisso seguinte ao qual ele foi emitido.

(h) REC de longo termo ou IREC são os certificados de redução de emissão concedida para um projeto de reflorestamento no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo que expira ao final do período de duração do projeto

Esta definição limita o recebimento de créditos e a validade dos certificados de redução de emissão a um período de tempo definido na elaboração do projeto. Esta restrição está vinculada principalmente ao fato de que, em geral, os sistemas florestais absorvem carbono enquanto a taxa de fotossíntese supera a taxa de respiração. Esta situação está vinculada ao crescimento do sistema, quando o sistema atingir o estágio clímax, a taxa de respiração se iguala à da fotossíntese e então não haverá nem emissões nem remoção de gases de efeito estufa, principalmente CO₂. Outro conceito relacionado à temporalidade dos Certificados de Redução Emissões é o conceito de permanência, isto é, o armazenamento efetivo de uma determinada quantidade de carbono. No caso da certificação temporária ela pode ser renovada desde que seja provado ao *Executive Board* que a linha de base do projeto ainda é válida e que efetivamente ainda está ocorrendo remoção de CO₂.

Segundo a decisão 23/CP9 o período de creditação deve começar no início do projeto de reflorestamento junto ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. O período de creditação para um projeto pode ser:

(a) No máximo de 20 anos e que pode ser renovado no máximo duas vezes, desde que, para cada renovação, uma entidade operacional designada determine e informe ao *Executive Board* que a linha de base do projeto ainda é válida ou tenha sido atualizada levando em conta novas informações quando aplicável.

(b) No máximo trinta anos.

O parágrafo *i* se refere à dimensão dos projetos de reflorestamento.

Projetos de reflorestamento de pequena escala são aqueles em que a remoção antropogênica líquida seja menor que 8 mil toneladas de CO₂ por ano e que sejam desenvolvidos ou implementados por comunidades de baixa renda assim classificadas pelo país hospedeiro do projeto.

A classificação de um projeto como de pequena escala implica na simplificação de várias etapas junto ao *Executive Board* para a emissão das Certificações temporárias ou de longo prazo, principalmente em relação às exigências para elaboração do PDD (*Project Design Document*), da definição das metodologias para determinação da linha de base, dos métodos para monitoramento além de exigir que uma única entidade operacional possa executar a validação, verificação e certificação. A inclusão de um projeto nesta categoria pode reduzir sensivelmente os custos de projeto e certificação, contribuindo assim para melhorar o cenário financeiro dos projetos.

O ciclo de elaboração de um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo está representado na figura 7 segundo as diretrizes do PCF (*Prototype Carbon Fund*) do Banco Mundial. Em linhas gerais são as mesmas atividades previstas pelo executive board do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (documento conceitual de projeto, validação e registro, verificação e certificação, emissão do Certificado de Redução de Emissões).

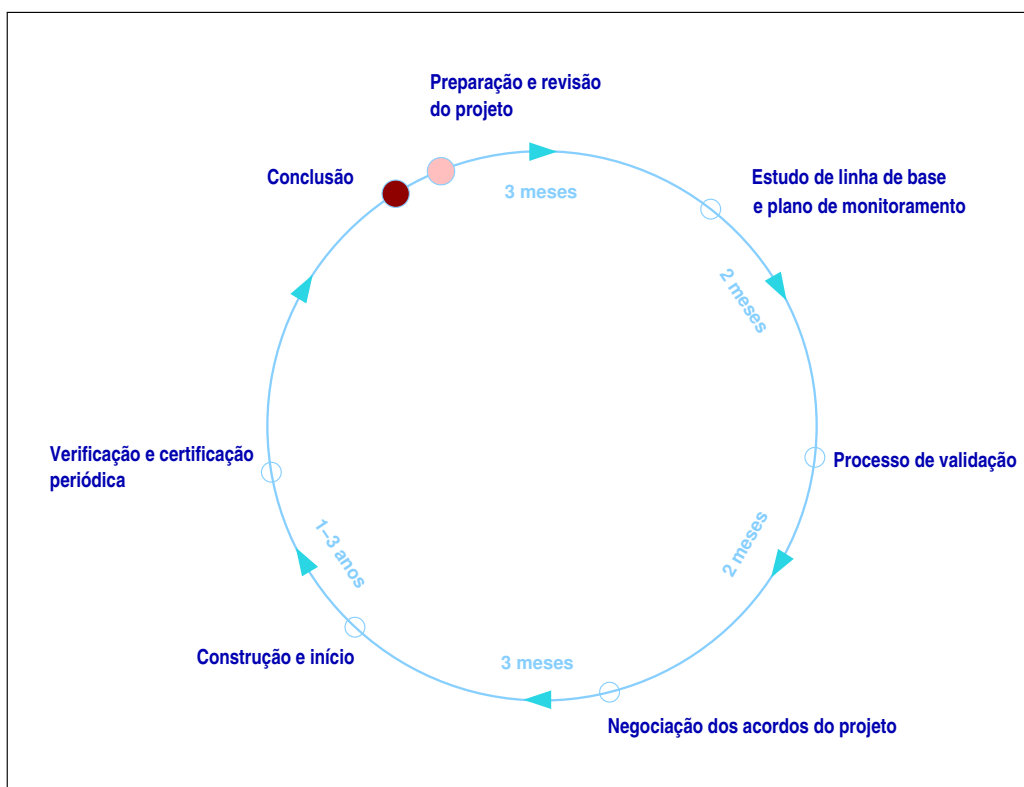


FIGURA 7 Ciclo de elaboração de um projeto de MDL

Elaboração do projeto: Nesta etapa é feito um PIN (*Project Idea Note*), é um resumo que descreve em linhas gerais qual o tipo de projeto, as instituições

envolvidas e uma estimativa das metas de redução de emissão ou absorção de carbono. A planilha base para a elaboração de um PIN segundo as diretrizes do banco mundial está no anexo I. (US\$ 25.000).

Estudo de linha de base e plano de monitoramento: Esta etapa está vinculada a Elaboração do documento de design de projeto (*Project Design Document* – PDD). Neste documento o projeto é definido dentro do escopo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo de maneira detalhada destacando de maneira rigorosa as metodologias previstas tanto para a determinação da linha de base quanto para o processo de monitoramento. No anexo II estão as diretrizes para a elaboração do PDD tanto para o PCF (*Prototype Carbon Fund*) quanto para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. (US\$ 55.000).

Validação: Nesta etapa do processo uma entidade validadora credenciada avalia o projeto e verifica se as propostas e os resultados previstos estão dentro das normas do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. (US\$ 25.000).

Avaliação do projeto e negociação: (US\$ 160.000)

As quatro etapas listadas acima compõem o ciclo que um projeto precisa seguir antes de sua implantação e conseqüente recebimento dos créditos de carbono. Segundo este roteiro o custo total para completar este ciclo é de US\$ 265.000.

No âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo está previsto um ciclo de projeto resumido para os projetos de pequena escala, como anteriormente definido.

Projeto normal de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo:

- Propor novas metodologias para *base line* e/ou monitoramento.
- Utilizar metodologias já aprovadas para *base line* e/ou monitoramento.
- Validar o projeto.
- Registrar o projeto.
- Certificar e verificar os Certificados de Redução de Emissões do projeto.
- Requerer a emissão dos Certificados de Redução de Emissões relativas ao projeto.

Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo de pequena escala:

- Qualificar o projeto como de pequena escala.

- Propor novas metodologias para *base line* e/ou monitoramento para projeto de pequena escala.
- Utilizar metodologias já aprovadas para *base line* e/ou monitoramento de projetos de pequena escala.
- Validar o projeto.
- Registrar o projeto.
- Certificar e verificar os Certificados de Redução de Emissões do projeto.
- Requerer a emissão dos Certificados de Redução de Emissões relativas ao projeto.

As regras do Protocolo de Quioto prevêm que os projetos de pequena escala sigam o mesmo ciclo do projetos de grande escala como pode ser observado nos parágrafos acima. Porém, estão previstas também simplificações dentro das mesmas etapas com o objetivo de reduzir os custos de transação dos projetos de pequena escala. Estas simplificações estão listadas no documento *Simplified modalities and procedures for small-scale clean development mechanism project activities*³. Abaixo estão listados os principais itens:

- a) As exigências para elaboração do PDD (*Project Design Document*) ficam reduzidas.
- b) As metodologias para determinação da linha de base são simplificadas para reduzir o custo do projeto.
- c) Os planos de monitoramento são simplificados, incluindo a redução das exigências em relação ao monitoramento.
- d) A mesma entidade operacional pode efetuar a validação, verificação e certificação.

³<http://unfccc.int>

2.1 Área de estudo

2.1.1 O município de São Carlos

O município de São Carlos localiza-se na região central do Estado de São Paulo (Figura 8), entre as coordenadas 21°30'S, 47°30'W e 22°30'S, 48°30'W. Ocupa uma área de 1.132 km², abrigando uma população de 192.094 habitantes 93,6% dela na área urbana. No ano de 2000 a arrecadação municipal foi de R\$ 65.050.164,00 (SEADE, 2000)⁴

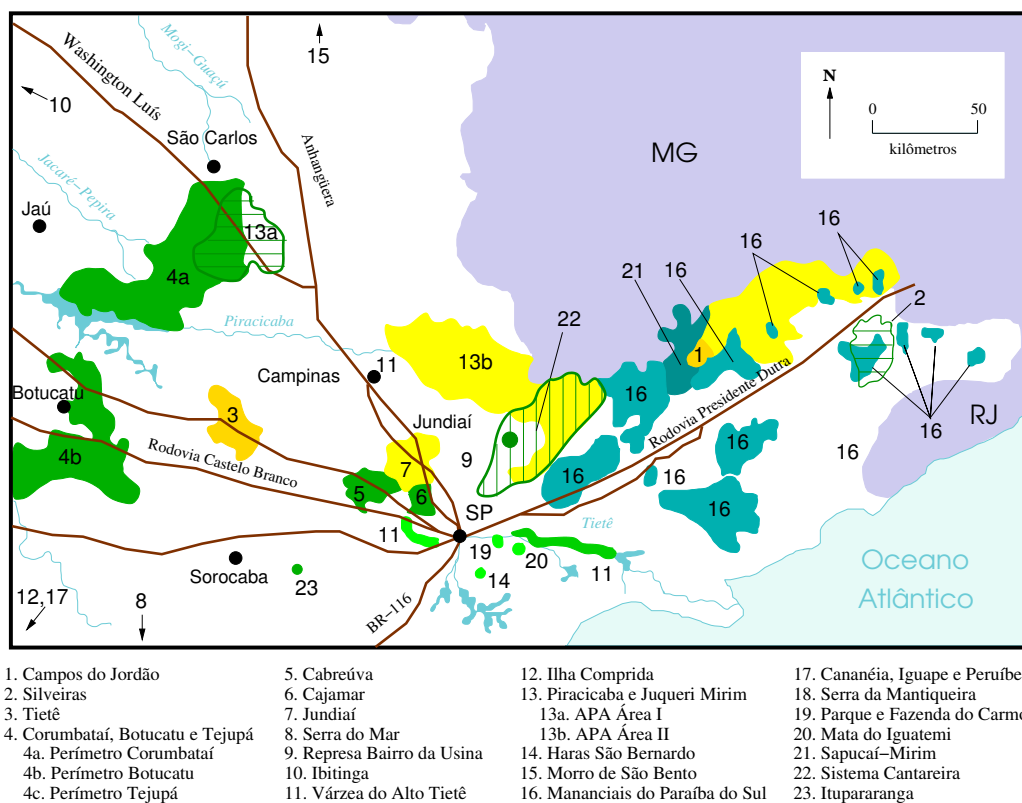


FIGURA 8 Localização do município de São Carlos e das principais APAs no Estado de São Paulo. Desenhado a partir de APAs - *Áreas de Proteção Ambiental Estaduais: proteção e desenvolvimento em São Paulo*. São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente (2001)

⁴www.seade.gov.br

2.1.1.1 Clima

De acordo com TOLENTINO (1967), segundo a classificação de Köeppen, o clima da região de São Carlos é do tipo Cwa, onde C - grupo mesotérmico; w - seca no inverno e a - mês mais quente com temperatura superior a 22°C, apresentando um clima quente de inverno seco. A Tabela 2 apresenta algumas normais climatológicas para a região de estudo.

TABELA 2 Normais climatológicas do período de 1990 a 1999, segundo SILVA et al. (2000)

Meses	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Radiação W/m ²	Umidade relativa (%)
	mínima	máxima	média			
Janeiro	17,81	29,28	23,23	278,72	462,18	70,13
Fevereiro	17,38	29,37	22,94	230,36	453,84	72,72
Março	16,73	28,89	22,68	183,55	415,42	71,96
Abril	14,15	27,72	20,76	95,51	390,78	69,00
Mai	11,04	25,02	17,70	69,93	305,94	69,58
Junho	9,15	24,53	17,00	36,07	281,02	70,45
Julho	9,35	24,88	16,55	20,21	302,53	66,50
Agosto	9,88	26,65	17,91	18,98	348,44	59,80
Setembro	12,71	27,26	19,64	84,37	374,80	64,60
Outubro	14,99	28,67	21,60	122,60	435,93	65,60
Novembro	15,86	29,42	22,49	134,12	501,88	62,80
Dezembro	17,10	29,41	23,11	211,55	479,08	68,50
Anual	13,88	27,62	20,48	1498,30	4751,84	67,80

2.1.1.2 Vegetação

Segundo SOARES et al. (2003), as fisionomias típicas presentes na região são a floresta semidecídua e ripariana, o cerradão e o cerrado. Segundo este mesmo autor, a vegetação local tem sido fortemente devastada nos últimos cem anos, principalmente devido às culturas de café, frutas cítricas e algodão. A partir de 1970 a região se transformou em um importante pólo de laticínios, o que ocasionou uma retirada de grande parte dos cerrados para servir como pasto. O desenvolvimento das indústrias de açúcar e álcool iniciaram uma ocupação dos solos menos férteis, como o do cerrado e cerradão. A Tabela 3 fornece uma estimativa das coberturas vegetais originais e remanescentes da região.

TABELA 3 Percentuais de cobertura vegetal nativa original e atual no município de São Carlos, segundo SOARES et al. (2003)

Fisionomia	Cobertura (%)		percentual de cobertura original
	Original	Remanescente	
Cerradão	16,14	2,63	16,29
Cerrado	27,74	2,31	8,32
Floresta ripariana	54,36	1,09	2,00
Floresta semidecídua com <i>Araucaria</i>	1,76	0,00	0,00
Floresta degradada	0,00	1,58	–
Total	100	7,61	–

Cerrados e cerradão: no Estado de São Paulo o cerrado ocorre principalmente na forma de ilhas, que se apresentam sob 4 fisionomias distintas: cerradão (savana arbórea), cerrado (savana arbórea esparsa), campo cerrado (savana herbácea) e campo sujo (savana herbácea esparsa) (SOARES et al., 2003). SILVA (1994) concluiu que as diferentes fisionomias são devidas ao diferente teor arenoso dos solos.

Floresta ripariana ou mata ciliar: É a vegetação que acompanha as margens dos rios. Tem papel fundamental na retenção de sedimentos, diminuindo a erosão nas margens fluviais (AB'SABER, 1971).

Floresta semidecídua: Para muitos autores esse tipo de vegetação corresponde à Mata Atlântica, apesar de poderem ocorrer diferenças na composição florística de acordo com a região. A Mata Atlântica é o tipo de formação arbórea mais devastado no Estado de São Paulo. A Figura 9 mostra um mapa do município com uma estimativa da vegetação original e atual.

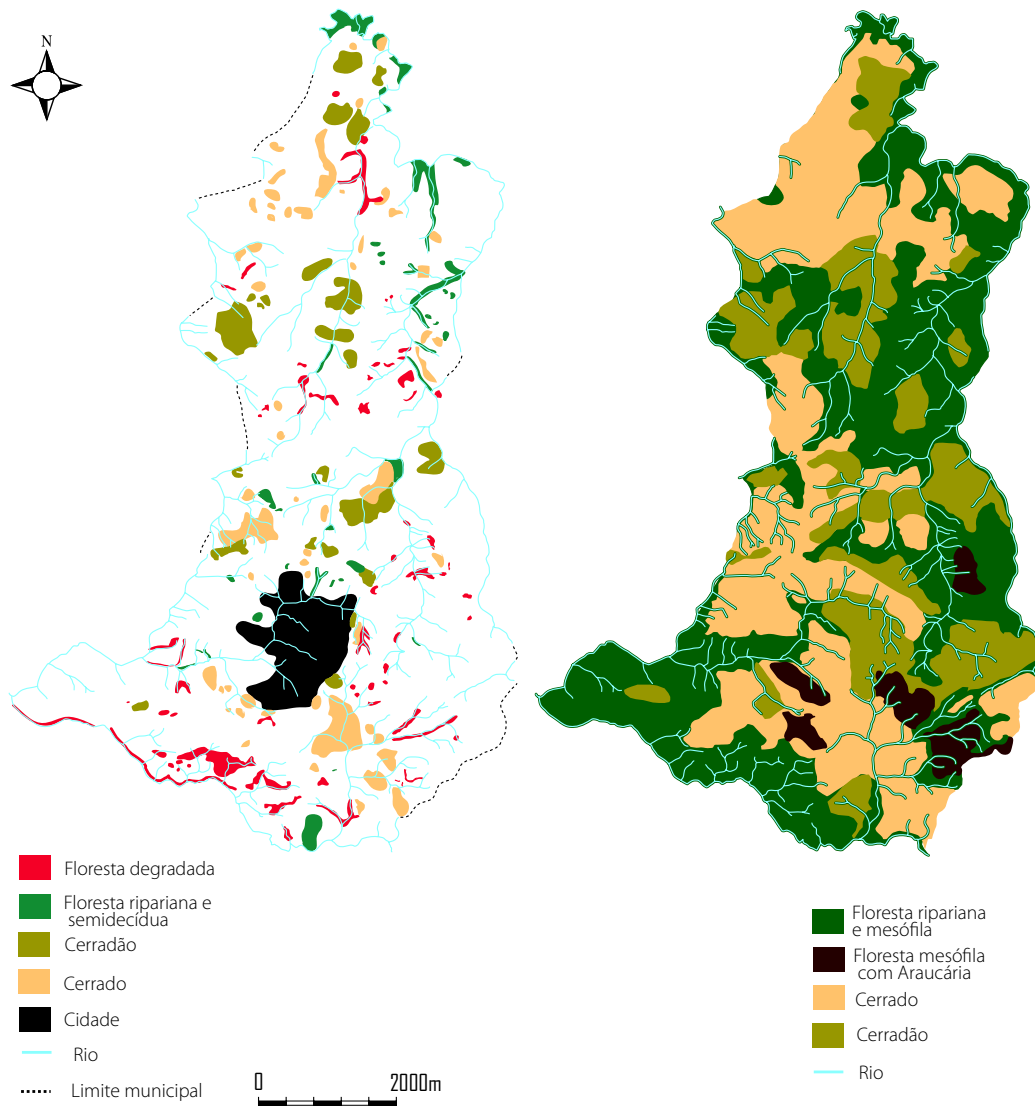


FIGURA 9 Variação da cobertura de vegetação na região de São Carlos - SP, segundo SOARES et al. (2003)

2.1.1.3 Geomorfologia, geologia e hidrografia

A cidade de São Carlos situa-se sobre uma crosta basáltica a 828 metros de altitude, onde também ocorrem recobrimentos de sedimentos cretáceos, formando campos (GONÇALVES, 1986).

Segundo BJORNBERG & TOLENTINO (1959), as cotas mais elevadas de São Carlos e da Serra do Cuscuzero são ocupadas pela série Bauru, cuja base localiza-se à altitude aproximada de 800 m. O fundo dos vales dos rios do planalto e vastas áreas localizadas a L e O são formados pelas eruptivas da Formação Serra Geral. Logo abaixo aparecem os Arenitos Botucatu, responsáveis pela topografia quase plana, vegetação típica de campo e de cerrado, se estendendo ao norte até as barrancas do rio Mogi-Guaçu e ao sul até as bordas do vale do rio Jacaré-Guaçu.

Esta região do Estado de São Paulo faz parte da província geomorfológica de cuevas basálticas, que se localiza entre as províncias do Planalto Ocidental e a Depressão Periférica Paulista, onde as cuevas representam a borda dos derrames basálticos e se formam devido ao baixo ângulo de mergulho das camadas para NO, à espessura e alta resistência dos derrames (ALMEIDA, 1964).

Segundo GONÇALVES (1986), esta província é caracterizada por um relevo em escarpas de dimensões variáveis, de menos de 10 até mais de 100 km. Os desníveis entre o topo e a base variam de cerca de 100 metros até quase 500 metros.

OLIVEIRA & PRADO (1984) relataram que a região do Planalto de São Carlos apresenta relevo suave e ondulado, com declividade máxima de 5% e solos do tipo latossolo⁵ vermelho-amarelos unidade Canchim (LV-5), cedendo lugar aos latossolos roxos nos entalhes mais profundos.

Hidrografia

Do ponto de vista de suas nascentes, os cursos d'água que drenam a região de São Carlos podem ser classificados em dois tipos:

1. Aqueles com nascente em planalto,
2. Aqueles com nascente fora do planalto.

Os ribeirões Cancan e Monjolinho são exemplos cuja nascente se encontra no planalto. A bacia hidrográfica do Monjolinho superior drena a área urbana e suburbana, além de uma grande área à leste da cidade, que é atravessada por dois córregos tributários do Monjolinho, o Tijuco Preto ao norte e o do Gregório ao sul.

⁵Uma das classes solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. São solos profundos, muito bem drenados, homogêneos e altamente intemperizados e lixiviados. Tendem a teor teores de argila médios ou altos.

A área drenada pelo ribeirão Cancan está situada na zona rural localizada entre São Carlos e o município de Ibaté.

De um modo geral, os rios que correm no topo do planalto de São Carlos apresentam pequeno declive e baixo poder erosivo, de maneira que na época de estiagem transportam pouco material. Estes rios são do tipo conseqüente, passando a obsequente durante a descida da serra e formando os rios subsequentes que acompanham as encostas do planalto. Destes, podemos citar o ribeirão Monjolinho como exemplo típico, que passa pelas 3 fases e desemboca no rio Jacaré-Guaçú, na altura da antiga estação ferroviária de Santo Inácio, mais precisamente no antigo ramal São Carlos-Dourado.

Em relação aos rios que nascem fora do planalto, duas feições são características: a região ao norte do planalto e ao sul. Ao sul, a drenagem ocorre no sentido leste - oeste.

Os ribeirões da Água Quente e Água Fria, tributários do Monjolinho, são do tipo subsequente e nascem no Arenito Botucatu, apresentando margens abertas e pequena declividade. Ambos são responsáveis pelo transporte do material componente do talude da serra que fica, desta forma, com as encostas muito inclinadas. Logo depois de sua descida da serra o rio Monjolinho deposita a maior parte do material suspenso que transporta, originando a ampla planície de inundação onde estende seus meandros. É nesta altura que recebe as águas do ribeirão Água Quente. Mais à frente seu leito reencontra o basalto, adquirindo então um aspecto encaichoado que se estende até próximo de sua foz.

Mais a leste no planalto, nascem os ribeirões formadores do Ribeirão da Laranja Azeda (Mello, Morungava, Antas, Coqueiro, etc), que em conjunto com o Ribeirão do Feijão vão formar o rio Jacaré-Guaçú.

Na área mais a oeste situa-se a bacia do ribeirão do Chibarro, que contorna o planalto a oeste e deságua no Jacaré-Guaçú, sendo o principal responsável pelo carreamento dos taludes da serra ao norte (BJORNBERG & TOLENTINO, 1959).

De toda a malha hidrográfica da região, o curso d'água mais importante para a cidade de São Carlos é o Ribeirão do Feijão, cuja nascente se localiza no alto da serra do Cuscuzeiro e drena o planalto de Itirapina, correndo de NE para SW e de E para W, sobre solo da Formação Botucatu nas partes altas e médias de seu curso. Na parte baixa corre sobre solos basálticos, apresentando água bastante límpida.

A área da bacia do Ribeirão do Feijão compreende uma área de aproximadamente 222,8 km² sobre solos da Formação Botucatu e fazendo a divisa dos municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina, sendo a principal fonte de abastecimento de água para São Carlos. Está classificado na classe 2 (CETESB, 1977) e localizado na Área de Proteção Ambiental criada pelo Decreto Lei Estadual n. 20960 de 1983, que visa proteger ecossistemas da região central do Estado de São Paulo. Esta APA abrange glebas de terras dos municípios de São Carlos, Itirapina, Brotas, Rio Claro e Corumbataí.

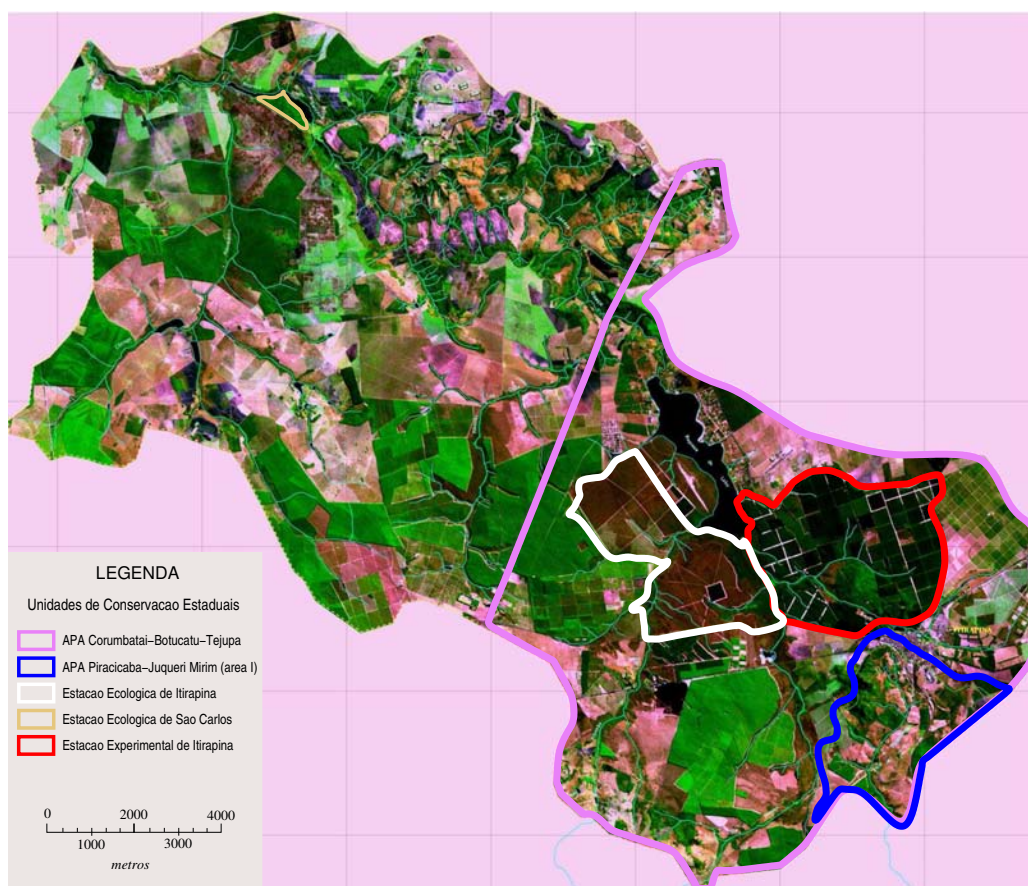


FIGURA 10 Evidenciamento das unidades de conservação na microbacia do rio Jacaré-Guaçú, através de imagem Landsat 7, 2000 - bandas 5R-4G-3B, projeção UTM, Datum SAD-69, fuso 23

O Ribeirão do Feijão tem valores de vazão mínima e máxima de 2000 l/seg e 10000 l/seg, respectivamente. A captação de água para abastecimento ocorre próxima a sua foz, no rio Jacaré-Guaçú, do qual é afluente (OLIVEIRA FILHO et al., 1994).

2.1.2 Seleção da área focal de estudo

A metodologia proposta por este trabalho pode ser aplicada para qualquer região. Para avaliar o seu desempenho a micro-bacia do Rio Jacaré-Guaçú será utilizada como área focal de estudo (figura 14). A opção pela utilização desta microbacia se deu principalmente pelo fato de que, em termos de cobertura vegetal, é a que se encontra em melhor estado de conservação dentre as sete que compõem a malha hídrica do município. No anexo II é possível observar a distribuição das micro-bacias no município de São Carlos.

Dentro da micro-bacia do rio Jacaré-Guaçú encontram-se as Estações Ecológicas de Itirapina e São Carlos e a estação experimental de Itirapina, além de estar incluída na APA de Corumbataí (Figura 10).

2.2 Caracterização legal das Áreas de Preservação Permanente (APP) no município de São Carlos

Deve-se frisar que, dentro da área de estudo, apenas as APPs⁶ de mata ciliar foram consideradas. Essa decisão foi tomada em função da disponibilidade de informação e da dimensão que o projeto tomaria se todas as APPs fossem consideradas. Isto se refere principalmente às áreas inclinadas que segundo o código deveriam estar florestadas. A inclusão dessas áreas no projeto implicaria na execução de novos estudos de composição florística, já que compõe um outro sistema distinto das matas ciliares e a produção de cartas temáticas que dessem enfoque à declividade do solo. No entanto, uma vez estando pronta a metodologia de análise a que se propõe este trabalho, a expansão de análise para todas APPs será extremamente facilitada. A partir da análise das imagens de satélite, foi possível determinar algumas características importantes das micro-bacias que compõem a malha hídrica do município de São Carlos (comprimento de rio e área de APP).

O trabalho foi iniciado com um levantamento da legislação ambiental vigente na região onde se localiza o projeto, o município de São Carlos, para delimitar a área de APP (Área de Preservação Permanente) de matas ciliares. Na ausência de um aparato legal municipal que caracterize as áreas de preservação permanente, a delimitação dessas áreas fica submetida ao "Código Florestal Brasileiro" instituído pela Lei 4.771/65 de 15 de setembro de 1965, alterado pela Lei 7.803/89. No artigo segundo o código descreve as áreas de preservação permanente:

Art. 2 - Consideram-se de preservação permanente, só pelo efeito dessa Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou qualquer curso de água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - 1- de 30m de largura para os cursos de água de menos de 10m de largura;
 - 2- de 50m para os cursos de água que tenham de 10 a 50m de largura;

⁶Área de Proteção Permanente

- 3- de 100m para os cursos de água que tenham de 50 a 200m de largura;
 - 4- de 200m para os cursos de água que tenham de 200 a 600m de largura;
 - 5- de 500m para os cursos de água que tenham largura superior a 600m.
- a) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
 - b) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos de água, qualquer que seja a situação topográfica, num raio mínimo de 50m de largura;
 - c) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
 - d) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45, equivalentes a 100% na linha de maior declive;
 - e) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
 - f) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais;
 - g) em altitude superior a 1.800m, qualquer que seja a vegetação.

Parágrafo único: No caso das áreas urbanas, assim entendidas, as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas em todo o território abrangido; observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere esse artigo.

A delimitação das faixas de APP dentro da área de estudo foram determinadas a partir da análise do artigo 2 do código florestal. Posteriormente esta informação foi utilizada para efetuar o cálculo da área total de mata ciliar no Município de São Carlos em função do comprimento total dos cursos de água e das respectivas larguras.

2.3 Levantamento dos mapas e imagens de satélite do município

As imagens de satélite que abrangem parte da área do município foram produzidas para o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de São Carlos no ano de 1998. O tratamento georeferenciado dessas fotos, que permitiria a obtenção das cartas temáticas de uso do solo, cobertura vegetal, hidrografia, etc, não está disponível para uso público. Através da colaboração da Secretaria de Desenvolvimento do Município, durante o primeiro período deste projeto, foi elaborada a primeira carta temática que mostra toda a hidrografia do município (Figura 14). A referida carta foi produzida através da digitalização dos cursos de água a partir das cartas do IBGE escala 1:50.000. A partir dos resultados obtidos com esta carta foi possível observar que dependendo da fonte de onde são extraídas as informações, o resultado pode ser bem diferente. Dependendo das características hidrográficas da região de estudo essas diferenças podem se tornar ainda mais significantes. Em linhas gerais a determinação do comprimento total de cursos de água pode ser feita utilizando três fontes diferentes:

1. cartas do IBGE 1:50.000
2. cartas do IGC 1:10.000
3. imagem do Landsat -7

Quanto menor a escala da referência utilizada maior será o comprimento de rio encontrado. Para uma mesma região se utilizarmos a carta do IBGE e a carta do IGC podem ser encontrados valores distintos. Em regiões onde a malha hídrica é composta de muitos cursos de água de pequeno porte, em geral as regiões mais elevadas onde se concentram as nascentes, a influência da escala é ainda mais significativa. O inverso ocorre para os locais onde predominam rios de grande porte, em geral os vales e as planícies.

A obtenção da carta forneceu subsídios suficientes para o início do projeto a medida em que apresentou uma estimativa da APP (Área de Preservação Permanente) de mata ciliar total. Para se determinar a área que está devidamente florestada e a área que precisará ser reflorestada foi necessário obter uma nova foto de satélite do município. Isso foi feito com o auxílio da empresa ENGESAT. Os critérios determinados para a elaboração destas cartas foram fruto da análise da carta, elaborada para a microbacia do Rio Jacaré-Guaçu, apresentada no anexo 3, e de estudos relativos à utilização do sensoriamento remoto para a elaboração do projeto de seqüestro de carbono.

O sensoriamento remoto é utilizado basicamente para executar duas tarefas neste processo. A primeira tarefa é construir as cartas de uso do solo da faixa ciliar da área de estudo e a segunda é auxiliar no monitoramento do projeto.

A carta de uso do solo será utilizada para determinar a linha de base ou *baseline* do projeto de seqüestro de carbono. A linha de base do projeto descreve a situação atual da área de projeto, assim como um cenário tendencial de como se dariam as alterações no uso do solo da área de estudo sem o projeto de reflorestamento. No caso de um projeto de reflorestamento isto implica na determinação de quanto carbono está presente na área que será reflorestada. A partir da carta temática de cobertura vegetal é possível estimar qual tipo de cobertura vegetal está presente e qual é a participação desta na cobertura total da área de estudo. Tendo em mãos uma estimativa da quantidade de carbono que será absorvida da atmosfera em cada hectare reflorestado, e descontando deste valor a quantidade de carbono que existe neste mesmo hectare na forma de vegetação, é possível determinar a quantidade de carbono total que será absorvida da atmosfera e conseqüentemente a quantidade de créditos de carbono que será gerada no projeto.

Existem várias metodologias para a condução do sensoriamento remoto e o critério de escolha por uma delas depende fundamentalmente de fatores como: a escala do projeto, os recursos financeiros disponíveis e o tipo de informação desejada. Diferentes métodos de sensoriamento remoto fornecem tipos diferentes de informação.

Os diferentes tipos de sensores remotos em geral medem a energia de diferentes partes do espectro eletromagnético: luz-visível, infravermelho, próximo-infravermelho, térmico ou radar. Alguns sensores medem apenas cinco ou seis faixas de comprimento de onda (ou banda) para cada pixel enquanto outros sensores fornecem dados de reflectância para 228 ou 327 bandas. Diferentes tipos de materiais como o asfalto e florestas possuem diferentes tipos de espectros de reflectância, e é justamente essa diferença que permite ao usuário classificar a imagem em diferentes tipos de cobertura.

A seguir é feita uma breve descrição dos tipos mais comuns de informação obtidas a partir do sensoriamento remoto:

VIS-NIR ou Informação de reflectância: obtida por sensores infra- vermelhos próximos ao visível (visible near infra red) é muito utilizada na análise de coberturas vegetais. O produto mais comum obtido por esse sistema é o NDVI (normalized difference vegetation index) que é um índice que mede o quanto verde é um determinado tipo de cobertura vegetal.

Pancromática: é uma imagem branca e preta que tende a ter uma resolução melhor, isto é um pixel de tamanho menor, próxima a da fotografia aérea de grande escala (1 a 2m). Para classificação de vegetação, a informação pan-

cromática geralmente é utilizada para determinar as fronteiras da área de estudo assim como as fotos aéreas.

Radar: radar é um método ativo de sensoriamento remoto, à medida em que o detector envia um sinal e mede o tempo e a maneira como o sinal retorna. Tipos diferentes de superfície implicam em tipos diferentes de retorno do sinal e então o sensor é capaz de distinguir o tipo de superfície. A principal vantagem do radar é que ele pode penetrar na camada de nuvens e eventualmente efetuar a medida à noite.

A Tabela 4 traz um resumo de alguns tipos de fonte de informação remota.

TABELA 4 Informações sobre as fontes de informação remota. Multi: informação multiespectral, Hiper: hiperespectral, Pan: pancromático (branco e preto), 1: depende da parte aérea.

sigla do sensor	tipo de acesso	cobertura espectral	tamanho do pixel (m)	bandas	tamanho da cena (km)	preço de cada cena
AVHRR	satélite	58–12.5	1100-multi 1100-termal	4	2700×2700	Grátis - NASA
LANDSAT	satélite	.45–2.35 2–2.35	30-multi 120-termal	6	185×185	US\$ 500
SPOT	satélite	.5–.89	20-multi 10-pan	3 +pan	60×60	US\$ 2500
LEWIS	satélite	.4–2.5	30-multi 5-pan	384 +pan	13×13	N/D
AVIRIS	aéreo	.41–2.45	20-hiper	224	10×10	US\$ 250
CASI	aéreo	.41–.925	depende da altitude	288 ou 15	depende da altitude	1
RADARSAT	satélite	radar	28-wide 11-fine	N/D 1	100	N/D 250-500

Uma vez que a imagem é obtida ela precisa ser tratada para fornecer as informações desejadas. As imagens do tipo VIS-NIR necessitam de calibração atmosférica. Isso se torna necessário para cada grupo de informação já que o sensor mede a reflectância de todos os componentes do espaço entre o sensor e o chão (aerossóis, vapor de água, etc.).

As informações geradas pelo CASI são as que necessitam de menos calibração atmosférica. Depois da calibração atmosférica, a imagem tem de ser classificada entre os diferentes tipos de floresta, de maneira a fornecer a informação desejada (espécies, idade, classe, etc.). Vários métodos são utilizados para a classificação das imagens. A seguir os principais métodos são apresentados.

Verdade de campo: Informações de campo são sempre necessárias, independente do grau de resolução, para todas as técnicas de sensoriamento remoto. Ge-

ralmente amostras georeferenciadas são selecionadas na área de estudo e dados sobre as espécies florestais, estimativas de biomassa, características do canopi, etc, são coletados. Esses dados são posteriormente comparados com as mesmas áreas da imagem obtida e então uma relação entre a verdade de campo e a imagem do sensor pode ser estabelecida.

Classificação não supervisionada: Esse método se refere ao uso de modelos computacionais e informações de campo para classificar a imagem. Por exemplo, se o espectro de uma área coberta por eucaliptos de 50 anos se parece com "x" o computador vai classificar qualquer pixel com o mesmo padrão de "x" como uma área plantada com eucaliptos de 50 anos quer seja ou não.

Classificação supervisionada: geralmente se refere a um processo de classificação de dois estágios que envolvem mais do que apenas a avaliação humana. É utilizada a classificação não supervisionada e posteriormente mais informação de campo ou até mesmo experiência acumulada de quem está manipulando a imagem é adicionada para a formação do mapa final de cobertura vegetal. Embora seja mais cara e consuma mais tempo esta metodologia oferece um produto de qualidade muito superior.

Índices de vegetação: O índice de vegetação (NDVI) é possivelmente o método mais usado em sensoriamento remoto para a análise de cobertura vegetal. A base desse índice é que toda a vegetação possui uma característica de espectro própria, esse espectro de reflectância típico é função principalmente do conteúdo de clorofila, da estrutura celular e do conteúdo de água da vegetação. Essas propriedades são melhor captadas pelas bandas 2 e 3 do LANDSAT, pelas bandas 1 e 2 do AVHRR e pelas bandas 2 e 3 do SPOT. Todas essas e outras fontes de sensoriamento remoto estão aptas a produzir produtos baseados no NDVI. A principal desvantagem do NDVI para diferenciar tipos de cobertura vegetal é que vários fatores biológicos e topográficos podem afetar a quantidade de clorofila em uma determinada espécie e conseqüentemente mudar a sua reflectância.

Análises com mistura espectral: Operacionalmente, cada sinal de sensoriamento remoto é gravado para uma área que será representada por um pixel de duas dimensões. O sensor registra um espectro para cada pixel. Por exemplo, o sensor integra, para um pixel de área 20×20m, toda a energia refletida por todos os componentes nessa área. O detector de sensoriamento remoto integra em um único sinal a luz refletida da água, solo, vegetação e todos os outros componentes de um pixel que for menor que o tamanho da resolução. Cada um desses componentes possuirá um tipo de característica espectral,

porém o nível espectral do pixel será a combinação do espectro de cada desses componentes. Esse fenômeno é chamado de mistura espectral.

A base para distinguir tipos de vegetação é o contraste de espectro que existe entre dois tipos de plantas. Isto quer dizer que a classificação das espécies é possível através da distinção entre dois tipos diferentes de espectro. Assim sendo a distinção de dois tipos de cobertura vegetal só pode ser feita se elas forem espectralmente distintas.

Dentro deste projeto de pesquisa várias alternativas foram analisadas. Foi constatado que a relação entre o NDVI e as distintas formas de cobertura vegetal forneceriam, teoricamente, o instrumento tecnológico necessário para elaborar a carta de uso do solo das áreas de mata ciliar. Isto seria possível, principalmente, por serem relativamente bastante diferentes os tipos de vegetação encontrados nas áreas de mata ciliar. Porém, devido às características muito específicas da área de estudo a possibilidade de utilização deste recurso foi descartada. A faixa de APP é bastante estreita, em relação à resolução das imagens do LandSat, o que impede a obtenção de dados com suficiente precisão. Em áreas maiores ainda existe a dificuldade em distinguir os diferentes tipos de vegetação. O NDVI fornece informações, com razoável precisão, da quantidade de biomassa em uma determinada área. Porém, é difícil distinguir os diferentes tipos de cobertura vegetal, isto é, distinguir plantações de cana de plantações de banana, por exemplo.

A partir da imagem de satélite é possível fazer uma estimativa mais precisa do tipo de cobertura vegetal, porém, este trabalho requer muitas horas de trabalho de campo para levantar a "verdade de campo", ou seja, relacionar as imagens do satélite com determinados padrões de cobertura vegetal.

As cartas do IBGE na escala 1:50.000 que abrangem toda a área do município, 9 no total, foram obtidas junto à referida instituição e serviram de referência para a condução do projeto. Cartas semelhantes a essas foram utilizadas para fornecer os dados utilizados no projeto de análise do déficit de mata ciliar do município conduzido no âmbito da Cátedra São Carlos (TUNDISI, 2000). Embora tenham sido elaboradas há quase trinta anos, servem de ótima referência para a digitalização dos cursos de água; o mesmo não pode ser dito em relação ao uso do solo que sofreu profundas alterações nesse período.

Para a continuidade do projeto foram obtidas junto à empresa ENGESAT as imagens de satélite do município, do ano de 2002. A partir do tratamento georeferenciado dessas imagens, e visitas a campo foi possível elaborar uma carta contendo informações necessárias para a elaboração do projeto. A carta apresenta a divisão do município em microbacias, toda a malha fluvial, a localização das parcelas analisadas em TUNDISI, (2000) assim como um layer contendo os valores do NDVI. As primeiras imagens produzidas nesta etapa do projeto estão no anexo 4.

2.3.1 Obtenção de imagens aéreas

Para otimizar o trabalho de campo a fotografia aérea foi utilizada. Para tanto, utilizou-se uma máquina fotográfica digital de alta resolução⁷. Quando acoplada a uma bandeja estabilizadora e conectada a um computador portátil do tipo *laptop* é possível tirar uma foto a cada dez segundos. Estas fotos, georreferenciadas com o software Trackmaker⁸ e, quando necessário mosaicadas no software Panavue⁹, servem para determinar com maior precisão que tipo de vegetação existe em uma determinada área e, assim, a análise das imagens de satélite pode ser feita de maneira mais precisa.

Para áreas pequenas (até 100 km²) as fotos aéreas digitais são suficientes para identificar os diferentes tipos de vegetação, não sendo necessário o uso de imagens de satélite. A partir desta área os custos da imagem de satélite podem se tornar mais vantajosos.

Em seguida o sistema de fotografia aérea digital foi montado. Para tanto foi construída uma mesa estabilizadora para neutralizar a vibração da aeronave. Em seguida um monomotor foi adaptado para receber a mesa. Já existe no aeroclube de São Carlos uma aeronave modelo Tupi com esse tipo de adaptação. Porém a aeronave que foi utilizada na primeira etapa dos testes custa 50% menos por hora voada. A desvantagem é que, por se tratar de um ultraleve, a dirigibilidade fica comprometida dificultando a manutenção dos padrões de vôo. Quando se varia a altitude, a escala da fotografia muda comprometendo a qualidade do produto final. Outra desvantagem é de ordem legal uma vez que aeronaves deste tipo, por lei, não podem efetuar trabalhos deste tipo, por terem sido concebidas com a finalidade de lazer. Pelos motivos acima expostos a execução do trabalho de fotos aéreas foi concluída utilizando a aeronave modelo Tupi, o que permite melhor replicabilidade do processo.

Antes da adaptação da mesa estabilizadora ter sido implantada foram feitos vários testes carregando a máquina na mão ou fixando a mesma a uma garra no montante da asa. Quando a máquina é fixada no montante da asa a qualidade das fotos cai em função da vibração. Quando carregada na mão, o ângulo de vôo do avião tem de ser alterado para permitir a fotografia perpendicular ao solo. Isto torna o vôo demorado e o padrão das fotografias muito baixo. Alguns testes foram feitos com a máquina portada na mão. O principal problema quando se trabalha assim é a distorção da foto quando ela é ortogonalizada.

A resolução da foto aérea varia em função da lente utilizada e da altitude de vôo. Quanto menor a altitude e maior o zoom maior será a resolução, da mesma maneira quanto maior a altitude e menor o zoom menor será a resolução. Cada

⁷Modelo Canon PowerShot G2, de 4 milhões de *pixels* de resolução

⁸<http://www.gpstm.com>

⁹<http://www.panavue.com>

foto cobre uma área de aproximadamente 15 ha (voando a 1.500 pés sem zoom com uma lente de 30 mm e resolução de 4 *mega-pixels* da câmera digital). Nesta configuração o tamanho do pixel será de aproximadamente 0,5m (a maior resolução das tecnologias avaliadas). O sobrevôo foi feito a uma altitude de 600m do solo a uma velocidade de 150km/h. Nestas condições seriam necessárias aproximadamente 40 horas de vôo para cobrir toda a área de estudo município de São Carlos.

Brown (2000) descreve a utilização de um sistema semelhante utilizada no projeto *Noel Kempff Climate Action Project*.

...o avião descreve transectos aéreos sobre a área do projeto a uma altitude fixa de 1.000 pés acima do solo capturando faixas de 200m de largura com uma resolução de 50 cm com uma lente grande angular, e faixas de 20 metros de largura com uma resolução de 3 cm com auxílio do zoom.

2.3.2 Determinação das áreas que serão consideradas

As áreas a serem consideradas foram eleitas em função do Código Florestal vigente, que determina uma faixa de 30 metros de cada lado do rio¹⁰. Utilizando as informações obtidas com a elaboração da primeira carta temática foi encontrado um comprimento total de curso de água de 806 Km dentro do município de São Carlos, considerando que quase a totalidade desses cursos de água possuem até 10 metros de largura foi calculada uma área total de 4841 ha de APP. Através das cartas do IBGE e de TUNDISI (2000) foi determinado um deficit de 63% de mata ciliar, o que equivale a 3074 ha de área que precisa ser reflorestada (Tabela 5).

Porém, quando a mesma análise foi feita a partir das imagens de satélite, e das visitas a campo, dois fatores foram identificados. Em primeiro lugar notou-se que matas ciliares em estado natural praticamente não existem no Município de São Carlos, os locais em melhor estado de conservação são esparsos e já sofreram algum tipo de intervenção nos últimos 50 anos. Outro fator identificado é que a condição da cobertura vegetal nas APPs varia bastante entre as microbacias. Isto se deve principalmente a três componentes, o solo da região, o relevo e a composição da vegetação. A região norte do município é bem diferente, em termos de relevo e cobertura vegetal, da região sul. Na região norte predomina a cobertura vegetal caracterizada como cerradão, enquanto na região sul predomina a floresta latifoliada semidecidual.

¹⁰Para os rios com até 10 metros de largura

TABELA 5 Dados morfométricos das microbacias em estudo, nos limites do município de São Carlos, segundo TUNDISI (2000). Esta estimativa foi feita utilizando-se mapas do SAAE de 1998 (escala 1:100.000) e do IBGE de 1981 (escala 1:50.000)

Microbacia	Extensão (km)	Total (ha)	Remanescente (km)	Déficit (ha)	Déficit (%)
Mogi-Guaçu	100,7	604,2	46,4	326,1	53,97
Araras	138,7	832,2	57,5	487,5	58,58
Quilombo	236,8	1420,8	88,8	888,4	62,53
Monjolinho	158,2	949,2	40,2	708,0	74,59
Jacaré-Guacú	55,0	330,0	39,0	96,0	29,09
Feijão	117,5	705,0	22,7	568,8	80,68
Total	806,9	4841,4	294,6	3074,8	63,51

2.4 Escolha das espécies que serão utilizadas

As comparações florísticas entre remanescentes de formações florestais ciliares tem mostrado que essas áreas são muito diversas, com valores de similaridade muito baixos, mesmo entre áreas de grande proximidade espacial (OLIVEIRA FILHO et al, 1990; FELFILI & SILVA JÚNIOR, 1992; FELFILI et al., 1994; DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995; MEGURO et al. 1996; SILVA JÚNIOR et al. , 1998).

Vários são os fatores promotores dessa heterogeneidade florística entre os remanescentes de florestas ciliares, como o tamanho da faixa ciliar florestada (Metzger et al., 1997), o estado de conservação ou degradação desses remanescentes (DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995; TONIATO et al. 1998), o tipo de vegetação de origem dessa formação florestal ciliar (OLIVEIRA FILHO et al., 1994; OLIVEIRA FILHO & RATTER, 1995), a matriz vegetacional onde essa formação florestal ciliar está inserida (IVANAUSKAS et al., 1997), o acaso da chegada de disseminulos no processo de estabelecimento dessas formações florestais (MEGURO et al. 1996) e principalmente a heterogeneidade vegetacional como resultado da heterogeneidade espacial das características físicas do ambiente ciliar e de outros fatores atuantes na seletividade de espécies (RODRIGUES, 1992; MEGURO et al. 1996, BARNES et al., 1997; SCARANO et al., 1997; HALL & HARCUMBE, 1998; FELFILI, 1995 e 1998).

No contexto da paisagem regional, as formações ciliares estão sob condições muito específicas do ambiente, que acabam por diferenciá-las das formações do interflúvio (não ciliar). Muitas vezes essas diferenças se expressam apenas nos parâmetros quantitativos das populações e outras vezes até a fisionomia da vegetação é alterada (RIBEIRO & WALTER, 1998).

Existem diversos modelos utilizados no repovoamento florestal, onde é possí-

vel recuperar algumas das funções ecológicas da floresta, como a estabilidade do solo ou da própria dinâmica da floresta implantada (PINAY et al., 1990; JOLY et al., 2000; BARBOSA, 2000).

Um fator fundamental para o sucesso dos plantios consiste na escolha das espécies mais apropriadas a serem utilizadas. Deve-se priorizar as espécies do próprio ecossistema e da própria região do plantio pois estas terão muito mais oportunidade de adaptação ao ambiente, além de garantir a conservação da diversidade regional (Tabela 6).

Para esta escolha, pressupõem-se levantamentos florísticos e fitossociológicos prévios em remanescentes florestais próximos e em condições semelhantes ao local de implantação. Há diversos levantamentos da flora já efetuados para o Estado de São Paulo, no entanto as informações resultantes destes estudos encontram-se, muitas vezes, dispersas em diferentes trabalhos científicos e teses.

Ao longo dos últimos anos, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo (SMA), através de seus Institutos, tem se dedicado muito às pesquisas envolvendo a recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade. Um dos projetos, Modelos de Repovoamento Vegetal para Proteção de Sistemas Hídricos em Áreas Degradadas dos diversos Biomas no Estado de São Paulo, financiado pela FAPESP, teve o propósito de avaliar a eficácia de reflorestamentos com espécies nativas implantados em todo o Estado de São Paulo. As investigações constataram uma situação preocupante com relação à perda da diversidade biológica e o estado de declínio encontrado nos reflorestamentos induzidos nos últimos quinze anos (SOARES et al., 2003).

Os estudos demonstraram que, de um modo geral, as formas de reflorestamento heterogêneo utilizadas até o momento não atendem aos critérios mínimos para o restabelecimento da estrutura e função de uma floresta, principalmente quando na área em recuperação não existirem fragmentos florestais próximos que possam auxiliar no fornecimento de propágulos¹¹ (SCOLFORO, 1997).

Os resultados dessa pesquisa revelaram que em 98 áreas amostradas, num total de 2.500 hectares, os proprietários utilizaram uma média de 30 espécies nativas, quase sempre as mesmas, sendo dois terços delas do estágio inicial de recomposição da vegetação, o que tem acarretado um declínio expressivo da biodiversidade nesses reflorestamentos (SCOLFORO, 1997).

Tais constatações levaram a SMA a editar Resolução SMA 21, de 21/11/2001, que Fixa Orientação para o Reflorestamento de Áreas Degradadas e dá providências correlatas, que determina os números mínimos de espécies a serem utilizados nos projetos de reflorestamento conforme o tamanho da área.

A escolha das espécies que serão utilizadas nos reflorestamentos foi feita a

¹¹Termo genérico para caracterizar sementes e outras estruturas reprodutivas que auxiliem na dispersão das espécies

partir do cruzamento de informações obtidas nas referências (TUNDISI, 2000; JOLY et al., 1998). Foram listados 52 famílias, 134 gêneros e 170 espécies. Esses valores são semelhantes a outros trabalhos realizados em mata ciliares na mesma região do estado de São Paulo. (NICOLINI-GABRIEL & PAGANO, 1993) encontraram 145 espécies em uma mata localizada em Jaú, (BERTONI et al, 1982) levantaram 124 espécies em um remanescente de Porto-Ferreira. Porém, cruzando as informações de todos os levantamentos, encontramos apenas oito espécies que não tinham sido registradas para o município de São Carlos por TUNDISI, (2000). Assim sendo o universo de análise determinado foi a lista de 172 espécies pertencentes a 134 grupos e 32 famílias identificadas no referido estudo e listadas no anexo 5. As espécies foram divididas entre em pioneiras (P), secundárias iniciais (Si), secundárias tardias (St) e climáticas (C), para facilitar o plano de recuperação das áreas de reflorestamento, segundo LORENZI (2000).

TABELA 6 Espécies escolhidas para o modelo de reflorestamento. p: primária, si: secundária inicial, sc: secundária tardia, c: clímax

Nome popular	Espécie	Estágio	Nome popular	Espécie	Estágio
abacateiro-do-mato	<i>Persea pyryfolia</i>	c	guapuruvú	<i>Schizolobium parahyba</i>	si
açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	si	guaraiúva	<i>Securinega guaraiuva</i>	p
alecrim-de-campinas	<i>Holocalyx balansae</i>	c	guarantã	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	c
algodão-arbóreo	<i>Bastardiopsis densiflora</i>	p	guarita	<i>Astronium graveolens</i>	st
amarelinho	<i>Terminalia brasiliensis</i>	st	guaruaia	<i>Peltophorum dubium</i>	st
amendoim-bravo	<i>Pterogyne nitens</i>	p	guatambú	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	c
amendoim-do-campo	<i>Platypodium elegans</i>	p	ibiráúva	<i>Melanoxylon brauna</i>	c
angada	<i>Guettarda viburnoides</i>	si	ingá	<i>Inga sessilis</i>	p
angico-branco	<i>Albizia polycephala</i>	si	ingá-mirim	<i>Inga marginata</i>	p
angico-vermelho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	si	ipê-amarelo-grande	<i>Tabebuia vellosi</i>	st
araribá	<i>Centrolobium tomentosum</i>	si	ipê-do-cerrado	<i>Tabebuia ochracea</i>	si
ariticum-cagão	<i>Annona cacans</i>	si	ipê-felpudo	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	st
ariticum-do-mato	<i>Rollinia sericea</i>	si	ixora-arbórea	<i>Ixora gardneriana</i>	st
aroeira-preta	<i>Myracrodon urundeva</i>	si	jaboticaba	<i>Myrcia cauliflora</i>	st
aroeira-vermelha	<i>Schinus terebinthifolia</i>	p	jaboticabarana	<i>Plinia rivularis</i>	st
arranha-gato	<i>Mimosa uruguensis</i>	p	jacarandá-paulista	<i>Machaerium villosum</i>	st
babosa-branca	<i>Cordia superba</i>	st	jacaré	<i>Piptadenia gonoantha</i>	p
benjoieiro	<i>Styrax pohlii</i>	si	jaracatiá	<i>Jaracatia spinosa</i>	st
bico-de-pato	<i>Machaerium nyctitans</i>	si	jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	c
branca	<i>Melanoxylon brauna</i>	p	jequitibá-branco	<i>Cariniana estrellensis</i>	c
cabreúva-amarela	<i>Myrocarpus frondosus</i>	c	jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	p
cabreúva-vermelha	<i>Myroxylon peruiferum</i>	c	lagarteiro	<i>Casearia sylvestris</i>	p
café-de-bugre	<i>Cordia ecalyculata</i>	st	leiteiro	<i>Peschiera fuchsiaeifolia</i>	p
cafezinho	<i>Maytenus robusta</i>	st	licurana	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	st
caixeta	<i>Croton pictocalix</i>	si	limão-bravo	<i>Seguiera langsdorffii</i>	si
cambará	<i>Aegiphila sellowiana</i>	si	lixeira	<i>Aloysia virgata</i>	p
camboatá-branco	<i>Matayba elaeagnoides</i>	st	louro-falso	<i>Cordia sellowiana</i>	si
camboatá-da-serra	<i>Conarus regnelli</i>	st	louro-pardo	<i>Cordia trichotoma</i>	p
camboatá-vermelho	<i>Cupania vernalis</i>	si	mamãozinho-do-mato	<i>Carica quercifolia</i>	si
cambuí	<i>Myrcia selloi</i>	st	mâmica-de-porca	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	p
canchim	<i>Pachystroma longifolium</i>	c	mandioqueiro	<i>Didymopanax morototonii</i>	st
candeia	<i>Gochmatia polymorpha</i>	p	manga-brava	<i>Protium heptaphyllum</i>	si
canela-amarela	<i>Nectandra lanceolata</i>	si	marfinzinho	<i>Esenbeckia febrifuga</i>	si
canela-batalha	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	st	maria-faceira	<i>Pisonia ambigua</i>	st
canela-de-viado(caputuna)	<i>Helietta apiculata</i>	si	maria-farinha	<i>Dyatenopterix sorbifolia</i>	si
canela-do-brejo	<i>Endlicheria paniculata</i>	c	maria-mole	<i>Dendropanax cuneatum</i>	si
canela-do-rio	<i>Nectandra nitidula</i>	si	marinheiro	<i>Guarea guidonia</i>	si
canela-fedida	<i>Ocotea corymbosa</i>	si	marmeleiro	<i>Maprounea guianensis</i>	si
canela-ferrugem	<i>Nectandra rigida</i>	si	marmelinho-do-cerrado	<i>Austroplenckia populnea</i>	si
canela-guaicá	<i>Ocotea puberula</i>	si	monjoleiro	<i>Acacia polyphylla</i>	p
canelão	<i>Ocotea velutina</i>	st	murta	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	st
canela-papagaio	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	c	mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	si
canela-sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i>	st	olho-de-cabra	<i>Ormosia arborea</i>	st
canelinha	<i>Nectandra megapotamica</i>	p	orelha-de-burro	<i>Calyptanthes clusiiifolia</i>	si
cangalheiro	<i>Lamanonia ternata</i>	st	paineira-rosa	<i>Chorisia speciosa</i>	si
canjambo	<i>Guarea kunthiana</i>	st	palmito	<i>Euterpe edulis</i>	c
canjarana	<i>Cabrarea canjerana</i>	c	paricá	<i>Anadenanthera peregrina</i>	si
capitão-do-mato	<i>Terminalia argentea</i>	si	pau-cigarra	<i>Senna multijuga</i>	si
capixingui	<i>Croton floribundus</i>	p	pau-de-alho	<i>Galliesia integrifolia</i>	st
capororoca	<i>Rapanea guianensis</i>	si	pau-fava	<i>Senna macranthera</i>	p
caputuna	<i>Metrodorea stipularis</i>	st	pau-ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i>	c
caroba	<i>Jacaranda micrantha</i>	st	pau-formiga	<i>Triplaris americana</i>	st
carobão	<i>Scianodendron excelsum</i>	st	pau-garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	st
carrapeta	<i>Trichilia hirta</i>	st	pau-pereira	<i>Platycomus regnelli</i>	si
carvalho-brasileiro	<i>Roupala brasiliensis</i>	st	pau-pólvora	<i>Trema micrantha</i>	p
cateretê	<i>Machaerium paraguariense</i>	si	pau-terra-jundiá	<i>Qualea jundiáhy</i>	st
catiguá-branco	<i>Trichilia pallida</i>	si	peito-de-pombo	<i>Tapirira guianensis</i>	p
catiguá-vermelho	<i>Trichilia clauseni</i>	st	peroba-café	<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	c
catinga-de-bode	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	st	peroba-poca	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	st
catuaba	<i>Eriotheca candolleana</i>	st	peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	c
cedro-rosa	<i>Cedrela fissilis</i>	si	perobinha	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	si
cereja-do-RS	<i>Eugenia involucrata</i>	st	pimenta-do-mato	<i>Piper arboreum</i>	p
chupa-ferro	<i>Metrodorea nigra</i>	st	pimenteira	<i>Gomidesia lindeana</i>	si
cocão	<i>Erythroxylum deciduum</i>	si	pindaiba	<i>Duguetia lanceolata</i>	st
copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	si	pindaibuna	<i>Xylopia brasiliensis</i>	st
corticeira-do-banhado	<i>Erythrina crista-galli</i>	p	pindaibuna-do-brejo	<i>Xylopia emarginata</i>	si
dedaleiro	<i>Lafoesnia pacari</i>	si	pinha-do-brejo	<i>Talauma ovata</i>	p
embaíba	<i>Cecropia pachystachya</i>	p	quaresmeira-do-brejo	<i>Miconia elegans</i>	st
embira-de-sapo	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	si	quina-do-mato	<i>Amalioa guianensis</i>	si
embruço	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	si	sabão-de-soldado	<i>Sapindus saponaria</i>	si
espeteiro	<i>Casearia gossypiosperma</i>	si	sagaragi	<i>Rhamnidium elaeocarpus</i>	si
espinheira-santa	<i>Maytenus ilicifolia</i>	st	sangra-da-água	<i>Croton urucurana</i>	p
figueira-branca	<i>Ficus guarantica</i>	c	sapuva	<i>Machaerium stipitatum</i>	p
figueira-da-pedra	<i>Ficus insipida</i>	st	sarandi	<i>Sebastiania membranifolia</i>	si
figueirinha	<i>Margaritaria nobilis</i>	si	sete-capotes	<i>Campomanesia guazumifolia</i>	si
folha-de-castanha	<i>Ouratea castanaefolia</i>	si	sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i>	st
fumeiro	<i>Solanum granulatum-leprosum</i>	p	tabocuva	<i>Pera glabrata</i>	si
genipapo	<i>Genipa americana</i>	st	taiúva	<i>Maclura tinctoria</i>	st
goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	p	tapia	<i>Alchornea glandulosa</i>	si
grão-de-galo	<i>Celtis pubescens</i>	p	timbozinho	<i>Ateleia glazioviana</i>	p
guabirola	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	st	timburi	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	si
guaçatonga	<i>Casearia sylvestris</i>	p	unha-de-vaca	<i>Bauhinia forticata</i>	p
guaiuvira	<i>Patagonula americana</i>	p	urtigão	<i>Urera bacifera</i>	si
guamirim	<i>Calyptanthes concinna</i>	si	vacum	<i>Allophylus edulis</i>	si
guamirim-cascudo	<i>Myrcia crassifolia</i>	si	vassourão-branco	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	p
guanandi	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	st	virola	<i>Virola sebifera</i>	si

2.5 Determinação do potencial de fixação de carbono nas áreas pré-determinadas em função da área e da população de cada espécie escolhida para cada área

Uma vez em poder da lista de espécies nativas que constituem a cobertura florística original da região, o passo seguinte é estabelecer a composição florística de um hectare de reflorestamento. Essa determinação deve levar em conta aspectos de sucessão da vegetação, as árvores frutíferas, características do local e a população original de cada espécie. Outra variável que deve ser considerada é que várias das espécies identificadas como nativas correm riscos de extinção e deverão, na medida do possível, ser prioritárias no processo de reflorestamento.

Existem dois métodos principais para a estimativa de absorção de carbono em reflorestamentos: o método destrutivo direto e o não destrutivo indireto. O método destrutivo direto consiste em derrubar e pesar um número significativo de árvores em uma determinada área, determinando assim a quantidade de biomassa que está presente em um hectare da área de estudo. Em seguida a quantidade de carbono é estimada multiplicando-se a quantidade de biomassa por 0,5¹².

Esta metodologia é utilizada principalmente para o estudo de coberturas gramináceas ou arbustivas baixas que exigem áreas amostrais representativas menores. Segundo RESENDE et al. (2001) :

...trata-se de um processo altamente oneroso, especialmente para comunidades florestais tanto do ponto de vista de custo quanto de tempo, uma vez que implica no corte e na tomada de peso de todos os componentes arbóreos, em diversas unidades amostrais.

Mesmo tendo desenvolvido o seu trabalho em uma área onde, comparando-se com a área deste estudo, existe ainda grande porcentagem de cobertura nativa Resende destaca:

... além disso torna-se cada vez mais difícil a disponibilidade de áreas para o processo destrutivo, cuja homogeneidade, extensão e representatividade satisfaçam as exigências metodológicas e estatísticas.

O método não destrutivo baseia-se em análise dimensional, isto é, na relação alométrica existente entre dimensões de diferentes partes de um mesmo organismo

¹²A conversão de peso seco de biomassa em massa de carbono tem sido efetivada baseado na relação que em uma tonelada de biomassa seca de madeira encontra-se, aproximadamente, 0,5 toneladas de carbono e 1 tonelada de carbono é encontrada em 3,66 toneladas de CO₂ (USCSP, 1994)

e na manutenção da razão relativa de crescimento (EVANS, 1972; CHAPMAN, 1976). Neste método, procura-se estabelecer uma relação entre dados dendrométricos facilmente coletados em campo, tais como o diâmetro e a altura do fuste, medidas coletadas com a árvore em pé, com os pesos dos elementos componentes da árvore como tronco, galhos, folhas e casca.

Para aplicar este tipo de modelo, várias árvores são medidas e pesadas. A partir desses dados é possível, com a utilização de equações alométricas, estabelecer uma relação entre os fatores medidos em campo, como por exemplo, o diâmetro, e a quantidade de biomassa de cada indivíduo de determinada composição florestal. Porém ao contrário do método destrutivo, o número de indivíduos que precisa ser cortado é bem menor.

Várias equações alométricas foram desenvolvidas para várias espécies individualmente e para sistemas naturais (ALVES et al., 1997; BROWN, 1996; SCHROEDER et al., 1997). Para um trabalho desenvolvido em regiões de mata ciliar, a adoção do método não destrutivo é plenamente justificável. Com o desenvolvimento dos reflorestamentos, algumas árvores poderão ser cortadas para aferir o modelo adotado.

Uma relação é dita alométrica quando uma característica física ou fisiológica sofre variação com o tamanho do organismo, apresentando assim grande importância nos estudos de comparação e da história de vida das espécies (BEGON et al., 1986).

2.5.1 Relações alométricas em plantas

Em termos gerais, a alometria pode ser definida como a relação entre variáveis de tamanho de um organismo. Segundo NIKLAS (1994), a alometria pode ser considerada como o estudo do crescimento de uma parte do organismo em relação ao todo, como o estudo das conseqüências do tamanho na forma do organismo, ou ainda, como a propriedade que têm certos objetos de conservarem sua geometria e forma enquanto eles variam de tamanho. O estudo das relações alométricas é utilizado para descrever relações quantitativas entre mudanças no tamanho de diversos organismos e uma variedade de características morfológicas, fisiológicas, de história de vida ou de comportamento (HARVEY & PAGEL, 1991).

A relação mais utilizada em alometria de plantas é aquela entre o diâmetro do tronco e a altura total da árvore. Com base nesta relação foram propostos vários modelos que procuram explicar como se combinam as forças em um caule, de modo que este se mantenha de pé e sustente uma copa (SPOSITO, 1994). Estes modelos vêm sendo utilizados para se comparar grandes grupos taxonômicos (NIKLAS, 1993), plantas com diferentes alturas (KING, 1990), plantas pioneiras com plantas de estádios sucessionais mais avançados (RICH et al., 1986) e diferentes espécies de árvores em uma área (KING, 1995).

Nas medidas realizadas no campo foram consideradas apenas as árvores com CAP¹³ maior ou igual a 15 cm. Assim sendo o número médio de indivíduos por hectare fica subestimado, já que as árvores com o diâmetro e a altura do peito inferior a este valor não aparecem nas amostras. Para a elaboração de um projeto de seqüestro de carbono, é preferível que a estimativa do potencial seja subestimada a super estimada, o que seria um fator de desconfiança do projeto. O mesmo ocorre com as árvores com CAP inferior a 15cm, já que praticamente todas as equações alométricas que estão disponíveis não são válidas para árvores com esse padrão de CAP.

Ainda em relação aos métodos de determinação de quantidade de biomassa, o próprio IPCC (*Intergovernmental Pannel on Climate Change*), em seu relatório específico sobre o tema "Land-use, land-use change and forestry", no item 2.4.2.1.2, que descreve os métodos para obter a biomassa de uma árvore, diz que:

...para a biomassa viva, diâmetros de uma amostra de árvores são medidos e convertidos em estimativas de peso de biomassa utilizando-se equações de regressão alométricas. Esse tipo de equação existe para muitos tipos de florestas; algumas são específicas para um determinado lugar, enquanto outras, particularmente nas regiões tropicais, são mais genéricas (ALVES et al., 1997; BROWN, 1996; SCHROEDER et al., 1997). Cortar e pesar um número suficiente de árvores para produzir equações alométricas locais pode ser extremamente caro e consumir muito tempo, o que pode estar além do objetivo de determinados projetos. A vantagem de se utilizar equações genéricas estratificadas por zonas ecológicas (BROWN et al, 1989), é que elas são baseadas em um número grande de equações e abordam uma grande variedade de diâmetros, fatores que aumentam a precisão das equações...Medidas de campo relativamente simples podem ser feitas para conferir a validade das equações genéricas utilizadas."

Partindo destes princípios, foram utilizadas várias abordagens combinando várias equações alométricas com diferentes grupos de dados até a identificação da melhor alternativa.

As equações alométricas escolhidas para iniciar o processo de análise estão identificadas na Tabela 7.

Na utilização dessas equações, o valor obtido para a biomassa (Y) é dividido por mil para obter o resultado em toneladas. O valor em toneladas é então multiplicado por 0,5 para obter as toneladas de carbono. A multiplicação por 0,5 é efetuada porque na bibliografia disponível, em média, a matéria vegetal contém

¹³Circunferência à altura do peito, aproximadamente 1,3 m

50% de carbono, uma vez que a água é removida (MACDICKEN, 1997). O valor obtido é então dividido pelo tamanho da parcela amostrada (em m²) para então obter o valor em tC/m². Multiplicando esse valor por 10.000 m², obtem-se, finalmente, o valor em tC/ha.

O tipo de clima para utilização dessas equações é definido em função do índice pluviométrico da região. Para índices menores que 1.500 mm a região é classificada como seca. Para índices entre 1.500 e 4.000 mm a região é considerada úmida e para índices maiores que 4.000 mm a região é considerada muito úmida. A seguir são apresentadas várias observações relativas às equações listadas acima.

Notas:

1. A equação 1 foi obtida de BROWN et al., (1989) para bosques secos na Índia. O autor recomenda que para zonas de clima seco com precipitação maior que 900 mm seja utilizada essa equação.
2. A equação 2 (MARTINEZ-YRIZAR et al., 1992) foi feita para bosques secos no México. O autor recomenda a sua utilização para zonas de clima seco com precipitação inferior a 900mm.
3. As outras equações apresentadas na Tabela 7 foram obtidas em BROWN et al., (1989). Todas as equações são válidas apenas para árvores com mais de 15 cm de CAP.

A primeira abordagem do problema foi conduzida de maneira genérica, buscando um modelo que pudesse facilmente ser utilizado para realizar o mesmo

TABELA 7 Equações alométricas utilizadas. *Y*: biomassa acima do solo em kilogramas, *D*: diâmetro a altura do peito (1,30 cm), *BA*: área basal em cm², *H*: altura em metros, *S*: densidade da madeira em ton/m³.

Clima	Equação	R ² ajustado	N
Seco	$Y = \exp(-1,996 + 2,32 \times \ln(D))$	0.89	1
Seco	$Y = \exp 10^{(-0,535 + \log_{10}(BA))}$	0.94	2
Seco	$Y = 34,4703 - 8,0671D + 0,6589D^2$	0.67	3
Úmido	$Y = 42,69 - 12,800(D) + 1,242(D^2)$	0.84	4
Úmido	$Y = \exp(-2,134 + 2,530 \times \ln(D))$	0.97	5
Úmido	$Y = \exp(-2,4090 + 0,9522 \times \ln(D^2HS))$	0.99	6
Úmido	$Y = 38,4908 - 11,7883D + 1,1926D^2$	0.78	7
Úmido	$Y = \exp(-3,1141 + 0,9719 \ln(D^2H))$	0.97	8
Muito úmido	$Y = 21,297 - 6,953(D) + 0,740(D^2)$	0.90	9
Muito úmido	$Y = 13,2579 - 4,8945D$	0.90	10
Muito úmido	$Y = \exp(-3,3012 + 0,9439 \ln(D^2H))$	0.90	11

tipo de estimativa em outras áreas. Para tanto foram utilizados as equações com o maior R^2 ajustado encontradas na bibliografia consultada. As equações foram alimentadas com valores dendrométricos das espécies escolhidas, extraídos de LORENZI (2000).

Assim sendo, a metodologia proposta para a determinação da quantidade de carbono em um reflorestamento de mata ciliar é:

1. Instalar um número significativo de parcelas amostrais fixas nos remanescentes de mata ciliar da região de estudo. As amostras devem ser georreferenciadas com o auxílio de um GPS (*global positioning system*).
2. Dentro de cada amostra, todas as árvores com CAP maior que 15 cm devem ser identificadas por espécie e classe de diâmetro e ter sua circunferência medida.
3. A partir desses dados é possível determinar para cada amostra o número médio de indivíduos e o CAP médio para cada espécie dentro de cada uma das categorias de diâmetro.
4. Esses dados devem ser combinados com uma equação alométrica adequada para a região de estudo.

Seguindo este roteiro é possível estimar a quantidade de carbono que será fixado em um reflorestamento dentro dos parâmetros considerados neste estudo.

No modelo utilizado para este estudo, a quantidade de carbono que está sendo estimada é, com certeza, menor do que realmente existe na área de estudo. Isso se deve ao fato de que a matéria orgânica abaixo do solo, o carbono fixado no solo, e a serrapilheira não serem computados nesse modelo. Inicialmente essa abordagem foi adotada por dois motivos principais. O primeiro é que antes da COP 9 (Conferência das Partes) do Protocolo de Quioto, realizada em novembro de 2003, apenas a matéria orgânica acima do solo deveria ser considerada, seguindo as diretrizes do IPCC (IPCC, 2000). O segundo motivo é que o desenvolvimento de metodologias para quantificar os outros reservatórios de carbono que são: carbono no solo, carbono na serrapilheira e carbono nas raízes extrapolaria a dimensão deste trabalho. Para adaptar o trabalho às novas diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo foi feita uma pesquisa para incorporar os outros reservatórios ao cálculo no total de carbono armazenado no reflorestamento. Esta pesquisa concluiu que existem métodos que estimam a quantidade de carbono no solo em função do tipo de solo, do clima (BERNOUX et al., 2001) e do tempo de desmatamento. Essa abordagem será seguida para complementar a metodologia desenvolvida. O mesmo pode ser feito para a serrapilheira e para o carbono contido nas raízes.

A distribuição do carbono armazenado em uma árvore de floresta típica é, aproximadamente, a seguinte: 51% no tronco, 30% nos galhos e nos talos e 3% na folhagem (BIRDSEY, 1992). Ao redor de 18-24% do carbono total armazenado em uma árvore de floresta madura está nas raízes. Raízes grossas (>2mm de diâmetro) armazenam cerca de 15-20% do carbono total, enquanto que a quantidade armazenada em raízes finas é aproximadamente igual àquela armazenada na biomassa foliar (2-5%) (HENDRICK & PREGITZER, 1993).

CERRI (2002) sugere o fator 0,23 para relacionar a quantidade de carbono nas raízes em relação à parte aérea. Assim sendo é possível considerar que a quantidade de carbono armazenada nas raízes é aproximadamente 18,7% em relação à biomassa acima do solo (SCHROEDER & WINJUM, 1995).

A somatória do volume de carbono encontrado na biomassa acima do solo mais o encontrado nas raízes, serrapilheira, no solo e nas árvores mortas fornece o volume total de carbono de uma floresta.

2.6 Análise financeira dos custos de implantação do projeto

Para estimar o custo de implantação do projeto como especificado neste trabalho neste ítem são detalhadas as atividades consideradas na implantação física do reflorestamento.

1. Impedir o acesso de gado bovino, eqüino e outros animais à área a ser reflorestada.
2. Controle de formigas cortadeiras com a localização dos ninhos e sua destruição.
3. Roçada do capim e arbustos nas faixas de cultivo para o plantio.
4. Coveamento, aplicação e incorporação de adubo, plantio das mudas florestais nativas e estaqueamento.
5. Coroamento (capina ao redor) das mudas pelo menos 2 vezes no primeiro ano e sempre que necessário, a partir do segundo ano.
6. Roçadas nas faixas de cultivo sempre que necessário, especialmente nos três primeiros anos.
7. Replantio das mudas no início do segundo ano.

No caso da opção pelo cultivo das mudas que serão utilizadas no reflorestamento a seguir são apresentados os custos referentes ao cultivo das mudas.

As roçadas, capinas de manutenção e controle de formigas, devem ser realizadas até o terceiro ano do plantio, pois a partir deste momento as intervenções são ocasionais. Quando a área de reflorestamento não estiver em região de pasto, o custo tende a ser menor porque não existe a necessidade de implantar cerca (Tabelas 8 e 9).

TABELA 8 Custos de implantação de florestas com espécies nativas. Preparo do plantio. As quantidades estão em homem/hora (a não ser que a tabela indique outra unidade) e os valores estão em US\$/ha

DESCRIÇÃO	ÁREA DE CAPOEIRA		ÁREA DE PASTAGEM	
	Quant/ha	Valor	Quant/ha	Valor
Atividade				
Aceiramento	260	162,5	260	162,5
Combate à formiga	12	7,5	24	15,00
Coveamento	70	43,75	100	62,5
Adubação	20	12,5	25	15,6
Plantio/Replante	20	12,5	80	50
Cerca	16	10	16	10
Roçada manual	120	75	80	50
Subtotal I	518	323,75	569	355,63
II. Insumos/materiais				
Adubo		25		80
Mudas (un.)	1650	1031,3	1650	1031,3
Cerca (m)	330	231		
Formicida/Ferramentas		15		60
Subtotal II		1.302,3		1.171,3
TOTAL I+II		1.626,0		1.526,9

TABELA 9 Custos de manutenção de reflorestamento. As quantidades são em homem/hora e os valores estão em US\$.

DESCRIÇÃO	ÁREA DE CAPOEIRA		ÁREA DE PASTAGEM	
	Quant./ha	Valor	Quant./ha	Valor
1ª Manutenção (**)				
I. Atividades				
Conservação de aceiro	200	220	200	220
Combate à formiga	12	13.2	18	19.8
Corte de cipós	60	66		
Coroamento	36	39.6	150	165
Poda nas raízes	90	99		
Destoca de bambu	90	99		
Roçada manual			150	165
Subtotal I	488	536.8	518	569.8
II. Insumos materiais				
Formicida/Ferramentas		11		42
TOTAL 1ª MANUTENÇÃO (I+II)		547.8		611.8
2ª Manutenção (***)				
I. Atividades				
Conservação de aceiro	130	143	130	143
Combate à formiga	8	8.8	12	13.2
Corte de cipós	40	44		
Coroamento	23	25.3	120	132
Poda nas raízes	58	63.8		
Destoca de bambu	60	66		
Roçada manual			120	132
Subtotal I	319	350.9	382	420.2
II. Insumos materiais				
Formicida/Ferramentas		7		30
TOTAL 2ª MANUTENÇÃO (I+II)		357.9		450.2
3ª Manutenção (****)				
I. Atividades				
Conservação de aceiro	70	77	70	77
Combate à formiga	4	4.4	10	11
Corte de cipós	18	19.8		
Coroamento	32	35.2	80	88
Destoca de bambu	32	35.2		
Roçada manual			80	88
Subtotal I	156	171.6	240	264
II. Insumos materiais				
Formicida/Ferramentas		5		18
TOTAL 3ª MANUTENÇÃO		176.6		282
TOTAL GERAL MANUTENÇÃO		1082.3		1344

(*) Áreas anteriormente ocupadas por diversos tipos de vegetação ou aterradas conforme quadro.

(**) 1ª Manutenção: realizada no primeiro ano a cada 3 meses; os valores se referem a 4 seqüências dos tratos culturais.

(***) 2ª Manutenção: realizada no 2º ano a cada 4 meses; os custos correspondem a 3 seqüências de tratos culturais.

(****) 3ª Manutenção: realizada no 3º ano a cada 6 meses; os valores são relativos a 2 seqüências de tratos culturais.

A implantação do reflorestamento deve respeitar os conceitos de sucessão ecológica, o que além de reduzir os custos de implantação garante um desenvolvimento mais rápido e eficiente do sistema. O plantio deve ser feito de maneira modular, cada módulo de plantio é composto, de modo geral, por seis árvores pioneiras, duas secundárias e uma clímax.

As árvores pioneiras crescem rapidamente e atingem alturas médias de cinco metros, em dois anos, mas têm vida curta - entre cinco e 15 anos. Já as árvores secundárias demoram mais para crescer, mas atingem alturas maiores e vão ocupando os espaços deixados pelas pioneiras. Na última etapa do processo estão as árvores clímaxes, de crescimento lento, mas que têm durabilidade maior.

2.7 Determinação do potencial de recebimento de créditos de CDM

Até o ano de 2000 existiam 27 projetos oficiais de LULUCF (*Land Use Land Use Change and Forestry*) ocupando uma área de 3,5 Mha em 19 países. Nesses projetos o seqüestro de carbono varia de 4 a 440 tC/ha e a variação dos custos também é sensível, de US\$ 0,1 a US\$ 28 por tonelada de carbono seqüestrada.

A partir da metodologia desenvolvida neste projeto é possível afirmar que um reflorestamento na área de mata ciliar, na área de estudo, fixará 78 tC/ha na forma de biomassa acima do solo em um período de 30 anos, o que equivale à taxa de 2,5 tC/ha/ano.

Na floresta amazônica, estudos sobre os ciclos do carbono do Experimento Biosfera-Atmosfera em Larga Escala (LBA em inglês) e os estudos de inventário florestal (PHILLIPS et al., 1998) indicam que a floresta intacta pode ser um sorvedouro de carbono em taxas que vão de 0,8 até a elevada cifra de 7 toneladas de C/ha anuais (MALHI et al., 1998; MALHI et al., 1999; ARAÚJO et al., 2002; HOUGHTON et al., 2000). A Tabela 10 mostra alguns valores encontrados para ecossistemas distintos.

Também foi possível estimar a partir dos estudos realizados que atualmente existe 8 tC/ha, em média, armazenado na forma de biomassa nas áreas que serão reflorestadas. Este valor foi estimado em função da quantidade de carbono contida em uma área coberta de pasto (2 tC/ha a 10 tC/ha) e de capoeira (7 tC/ha). Esse valor é um valor médio estimado em função das áreas ocupadas por cada uma das duas coberturas vegetais consideradas na área de estudo da microbacia do Rio Jacaré-Guaçú.

TABELA 10 Produtividade orgânica dos principais tipos de ecossistema do globo. Segundo AMTHOR et al., (1999). Os valores de produtividade primária líquida (PPL) são anuais

Ecossistema	Area (10 ⁸ ha)	PPL (tC/ha)	PPL (10 ⁹ tC)	Planta (tC/ha)	Planta (10 ⁹ tC)	Solo C (tC/ha)	Solo (10 ⁹ tC)	Total (10 ⁹ tC)
Floresta Tropical	14,8	9,25	13,70	165,00	244,20	83,00	123,00	367,20
Floresta Temperada	7,5	6,70	5,00	122,70	92,00	120,00	90,00	182,00
Floresta Boreal	9	3,55	3,20	24,45	22,00	150,00	135,00	157,00
Floresta Temperada Plantada	2	7,00	1,40	80,00	16,00	120,00	24,00	40,00
Chaparral	2,5	3,60	0,90	32,00	8,00	120,00	30,00	38,00
Cerrado	22,5	7,90	17,80	29,30	65,90	117,00	263,00	328,90
Campo	12,5	3,50	4,40	7,20	9,00	236,00	295,00	304,00
Tundra artica e alpina	9,5	1,05	1,00	6,30	6,00	127,50	121,00	127,00
Semi-árido	21	0,67	1,40	3,30	6,90	80,00	168,00	174,90
Deserto	9	0,11	0,10	0,35	0,30	25,00	23,00	23,30
Áreas de gelo perpétuo	15,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lago	2	2,00	0,40	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Terras encharcadas	2,8	11,80	3,30	43,00	12,00	720,00	202,00	214,00
<i>Peatland</i>	3,4	0,00	0,00	0,00	0,00	1338,00	455,00	455,00
Plantação cultivada	14,8	4,25	6,30	2,00	3,00	79,00	117,00	120,00
Area Habitada	2	1,00	0,20	5,00	1,00	50,00	10,00	11,00
Total	150,80		59,10	0,00	486,30		2056,00	2542,30

2.8 Determinação dos métodos de monitoramento, custos e certificação do projeto

Em relação aos métodos utilizados para o monitoramento dos projetos de seqüestro de carbono o IPCC já publicou diretrizes gerais para a execução desta tarefa. Em sua publicação específica sobre o tema LULUCF (*Land use, land-use change and forestry*) é destacado que:

Mudanças em estoques de carbono e emissões líquidas durante um período de tempo podem ser estimadas utilizando a combinação de medidas diretas e modelos baseados em princípios aceitáveis da análise estatística, inventários florestais, técnicas de sensoriamento remoto, medidas de fluxo, amostras de solo e estudos ecológicos. Esses métodos variam em precisão, verificabilidade, custo e escala de aplicação. O custo para medir variações nos estoques de carbono e emissões em uma determinada área aumenta quanto maior for a heterogeneidade da área e a precisão desejada. Para uma incerteza de cerca de 10% os custos de monitoramento variam de US\$ 1 a US\$ 5 por hectare (IPCC,2000).

Um fator chave para os projetos de seqüestro de carbono é quantificar os benefícios decorrentes do projeto em relação à absorção de carbono atmosférico, de maneira precisa. Isto é, estimar as variações nos vários reservatórios de carbono (acima do solo, raízes, solo, serrapilheira) antes, durante e depois do projeto em uma determinada área, durante um determinado período.

Métodos e técnicas para medir os reservatórios de carbono em projetos florestais são de uso corrente, baseados em princípios comuns dos inventários florestais, amostras de solo e análises ecológicas (MACDICKEN, 1997, PINARD & PUTZ, 1996, 1997; POST et al., 1999). Inventários utilizam em geral amostras de tamanho fixo e permanentes, através da análise dessas amostras, todos os reservatórios de carbono de uma floresta podem ser medidos ou estimados. Os métodos para determinar o número, o tamanho e a distribuição das amostras permanentes para maximizar a precisão em função do custo já foram amplamente utilizados (MACDICKEN, 1997).

O erro total na medida de um reservatório de carbono é função do erro na amostragem (número de amostras utilizadas para representar uma população de interesse), erros de medida (erro durante a medida do CAP) e erros de regressão (conversão do CAP da árvore em massa de biomassa utilizando equações alométricas) (BROWN, 2000). O erro de amostragem é, em geral a maior fonte de erro (PHILLIPS et al., 2000).

A metodologia proposta para monitorar o desenvolvimento do projeto de seqüestro de carbono segue as diretrizes sugeridas pelo IPCC. O processo consiste em duas componentes, uma macro e outra de maior escala. A componente macro é efetuada com imagens de satélite, onde será possível observar onde a floresta foi efetivamente implantada e onde não foi. Também é possível através desta abordagem verificar se uma determinada área perdeu a cobertura vegetal por fatores externos tais como incêndios e desmatamento. Desta análise será possível extrair a informação de qual área está efetivamente florestada em determinado momento.

No entanto é necessário também determinar a quantidade de carbono que está presente nas áreas florestadas. Para cumprir esta tarefa será utilizada a mesma metodologia empregada para determinar a quantidade de carbono contida na vegetação da área de estudo. Serão instaladas amostras que terão as árvores medidas (CAP) e esses valores serão combinados com a equação alométrica definida para a área. O tamanho e a quantidade de parcelas serão definidos em função da heterogeneidade e do tamanho da área de estudo. Neste trabalho a unidade de estudo escolhida foi a microbacia. Considerando as microbacias do Município de São Carlos como referência e levando em conta os critérios acima citados é possível estimar em 40 amostras por microbacia um número suficiente para obter o rigor estatístico requerido pelo IPCC (10% de precisão).

As medições de campo começarão a ser feitas a partir do quinto ano da implantação do reflorestamento. Isto se deve ao fato de que para alimentar as equações alométricas apenas as árvores com CAP maior que 15 cm podem ser consideradas. A partir do quinto ano as medidas podem ser feitas anualmente. No décimo ano deverá ser realizada uma amostragem destrutiva para aferir a equação alométrica utilizada. Para tanto uma parte da vegetação de cada amostra será cortada e pesada. Esses valores de massa/área serão utilizados para corrigir os parâmetros da equação, diminuindo assim a margem de erro.

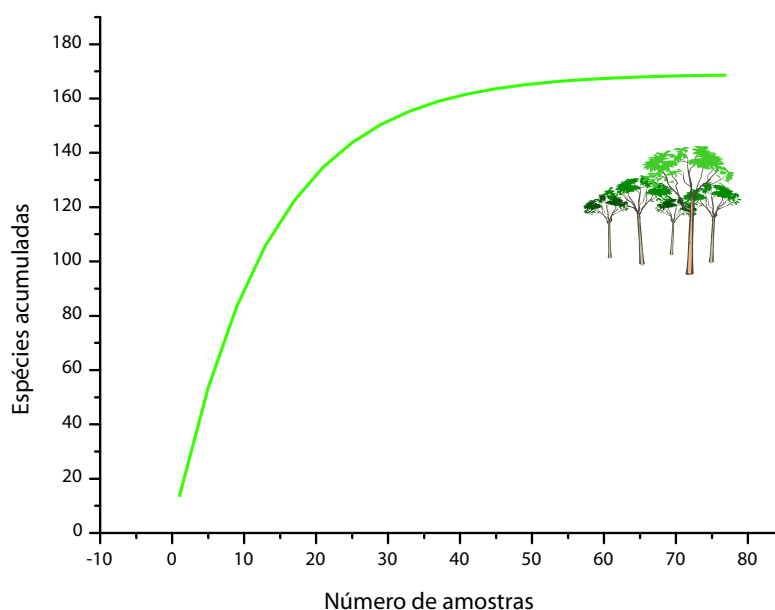


FIGURA 11 Espécies vegetais acumuladas de acordo com o esforço amostral nas microbacias da região de São Carlos - SP, segundo TUNDISI (2000)

A equipe necessária para efetuar o trabalho de inventário florestal nesta etapa de monitoramento é composta de um mateiro, um biólogo e um ajudante.

2.9 Definição das externalidades do projeto que serão analisadas

Os ecossistemas naturais representam um papel fundamental na manutenção do sistema de suporte de vida na Terra, no fornecimento de bens e serviços essenciais à satisfação (direta e/ou indireta) das necessidades humanas. Os serviços dos sistemas ecológicos e os estoques de capital natural que os mesmos produzem são essenciais para o funcionamento do sistema de suporte à vida da Terra. Eles contribuem para o bem estar humano, direta e indiretamente, e desta maneira representam uma componente do valor econômico total do planeta (CONSTANZA et al., 1997).

Pelo fato de os serviços ambientais não serem totalmente incluídos nos mercados comerciais ou adequadamente quantificados em termos comparáveis aos dos serviços econômicos e bens de capital, eles são em geral subestimados nas análises econômicas tradicionais. Essa abordagem pode, em última instância, comprometer o desenvolvimento sustentável da humanidade. A economia convencional não existiria sem os serviços ambientais e nesse sentido o valor dos serviços ambien-

tais seria infinito. No entanto é interessante poder estimar o valor incremental ou marginal dos serviços ambientais (a taxa de variação do valor estimada comparada com a variação dos serviços ambientais nos níveis atuais). Muitos estudos foram realizados nas últimas décadas com o objetivo de estimar o valor de uma grande variedade de serviços ambientais. No trabalho desenvolvido por COSTANZA (1997), que servirá de base para este estudo, estas pesquisas foram compiladas e foi estimado um valor de alguns serviços ambientais por unidade de área de cada bioma.

Embora existam muitas questões conceituais e empíricas envolvidas neste tipo de estimativa elas se justificam por:

- Tornar aparente o potencial valor dos serviços ambientais.
- Apresentar a magnitude relativa dos serviços ambientais.
- Formatar uma metodologia que possa servir de base para análises futuras.
- Destacar as áreas com maior carência de análises.
- Estimular a pesquisa e o debate sobre o tema.

Os serviços ambientais variam de acordo com o habitat, propriedades biológicas ou sistêmicas dos ecossistemas. Bens ambientais (assim como comida) e serviços ambientais (assim como assimilação de resíduos) representam benefícios usufruídos pelas populações humanas, direta ou indiretamente, dos serviços ambientais.

No trabalho conduzido por CONSTANZA et al. (1997) uma grande variedade de serviços ambientais foi identificada e dividida em 17 categorias principais. Foram considerados apenas os serviços renováveis. A Tabela 11 mostra a relação dos serviços ambientais que podem ser associados às matas ciliares:

Alguns serviços ambientais analisados por COSTANZA, (1997) não serão incluídos neste estudo por não estarem diretamente ligados às matas (controle de gases tóxicos, tratamento de resíduos) ou por não terem sido valorados (polinização, refúgio).

Serviços ambientais e funções ambientais não representam uma correspondência única. Em alguns casos um único serviço ambiental é produto de duas ou mais funções ambientais enquanto, por outro lado, uma única função ambiental contribui para dois ou mais serviços ambientais.

Em geral, o capital é considerado como um estoque de materiais ou informação que existe em um determinado momento. Cada tipo de estoque de capital produz, isoladamente ou em conjunto com serviços de outras formas de capital, um fluxo de serviços que podem ser utilizados para transformar materiais, ou a

TABELA 11 Serviços ambientais que podem ser fornecidos pelas matas ciliares. Extraídos de CONSTANTZA et al. (1997).

Serviço Ambiental	Função Ambiental	Exemplo
Controle de distúrbios	Atenuar flutuações ambientais	Controle de enchentes, proteção à tempestades e outros aspectos de resposta do habitat para as variações bruscas do entorno, principalmente às relacionadas ao controle pela estrutura vegetal.
Controle da água	Controle dos fluxos hidrológicos	Fornecimento de água para a agricultura ou processos industriais.
Controle de erosão	Retenção do solo em um ecossistema	Prevenção da perda de solo por vento, água, etc.
Formação de solo	Processo de formação de solo.	Acúmulo de matéria orgânica.
Ciclagem de nutrientes	Armazenamento, ciclagem interna, processamento e captação de nutrientes.	Fixação de nitrogênio e outros ciclos biogeoquímicos.
Controle biológico	Controle da dinâmica trófica das populações	Redução no número de herbívoros por predadores de topo de cadeia.
Produção de alimento	Porção da produção primária que pode ser retirada como comida.	Produção de peixes, frutas, etc.
Matérias primas	Porção da produção primária que pode ser extraída como matéria prima.	Produção de resinas, combustível, etc.
Recursos genéticos	Fonte de materiais biológicos e produtos	Remédios, banco genético para desenvolvimento de novas matérias e melhoramento genético de espécies domesticadas.
Recreação	Fornecer oportunidade para atividades de recreação	Ecoturismo, pesca esportiva e outras atividades de recreação.
Cultural	Fornecer oportunidades para usos não comerciais.	Valores estéticos, artísticos, educacionais, espirituais e ou científicos.
Controle do clima	Regulação da temperatura global, precipitação e outros processos climáticos em escala global ou local.	Controle de gases do efeito estufa.
Fornecimento de água	Armazenamento e retenção de água	Armazenamento de água por lagos represas e aquíferos.

forma dos materiais para melhorar o bem estar dos seres humanos. A utilização deste fluxo de serviços pode ou não manter o estoque original de capital intacto.

Os serviços ambientais consistem em fluxos de materiais, energia e informação dos estoques naturais de capital que combinados com os processos de manufatura e serviços de capital humano contribuem para o bem estar humano. É possível

considerar que o capital natural é essencial para o bem estar humano, ou ainda, zero capital natural implica em zero de bem estar porque não é possível substituir totalmente capital não natural por capital natural. O capital manufaturado e o capital humano dependem do capital natural para a sua construção (CONSTANZA et al., 1992). Desta maneira não faz sentido perguntar qual é o valor total do capital natural para o bem estar humano; é trivial responder que o valor da atmosfera para o bem estar humano é infinito. No entanto é significativo perguntar como mudanças na qualidade e na quantidade dos vários tipos de capital natural podem afetar o bem estar humano. Essas mudanças incluem tanto as grandes mudanças em pequena escala quanto as pequenas mudanças em grande escala. Por exemplo, uma pequena mudança na composição dos gases da atmosfera pode causar uma mudança climática em larga escala que afetará o bem estar humano em escala global, como é o caso do efeito estufa. Grandes mudanças em pequena escala podem incluir, por exemplo, o desmatamento de uma área. Essas mudanças podem alterar drasticamente os ecossistemas aquáticos e terrestres provocando impacto nos custos e benefícios das atividades humanas. Em geral, alterações na forma do capital natural e nos serviços ambientais, irão alterar os custos ou benefícios para manter o bem estar humano.

O processo de valoração está vinculado a escolhas e decisões que precisarão ser feitas em relação aos sistemas ecológicos (BINGHAM et al., 1995). Existem correntes que defendem que a valoração dos serviços ambientais é impossível ou inadequada, isto é, não é possível atribuir valor a coisas incomensuráveis como a vida humana, estética ambiental ou benefícios ambientais de longo prazo. O processo de valoração é, com certeza, difícil e cheio de incertezas porém, oferece uma ferramenta capaz de identificar e quantificar o impacto da deterioração dos serviços ambientais no bem estar humano.

O exercício de valorar os serviços do capital natural "na margem" consiste em determinar as diferenças que mudanças relativamente pequenas nesses serviços provocam no bem estar humano. Mudanças na qualidade ou quantidade dos serviços ambientais possuem valor a medida em que elas alteram os benefícios associados a uma atividade humana ou alteram os custos desta atividade. Essas mudanças nos custos e benefícios também representam impacto ao bem estar humano em mercados já estabelecidos ou em atividades fora do mercado. Por exemplo, os recifes de coral fornecem condições de vida para os peixes. Um aspecto do seu valor é fornecer base para o desenvolvimento de um estoque de peixes. Um efeito da perda de qualidade ou quantidade dos recifes de coral será identificado nos mercados de peixe, quando houver aumento do preço resultado da escassez de pescado. Porém outros aspectos do valor dos recifes tais como os recreativos e a preservação da biodiversidade não são diretamente identificados no mercado.

A corrente de efeitos dos serviços ambientais no bem estar humano pode ser extremamente simples ou complexa. Florestas fornecem madeira, mas também

evitam erosão e retém umidade criando micro-climas, tudo isso contribui para o bem estar humano de maneira complexa e, em geral, não representativas para o mercado.

Vários métodos tem sido usados para estimar tanto os componentes de mercado quanto os de fora dele dos serviços ambientais (MITCHELL & CARSON, 1989; CONSTANZA et al., 1997). Nessas análises foram compilados estudos anteriores baseados em uma grande variedade de métodos onde foram identificadas as limitações e considerações de cada um deles.

Muitas das técnicas de valoração utilizadas nos estudos analisados foram baseadas, direta ou indiretamente, na tentativa de estimar a "disposição para pagar" dos indivíduos pelos serviços ambientais. Por exemplo, se um serviço ambiental fornece um incremento de US\$ 50 na produtividade de uma floresta, os beneficiários deste serviço deveriam estar dispostos a pagar até US\$ 50 por ele. Se, além da produção de madeira, a floresta oferece bens não comercializáveis tais como conservação do solo e beleza estética com um valor estimado de US\$ 70, os beneficiários destes serviços deveriam estar dispostos a pagar até US\$ 70 por eles. Assim sendo o valor total dos serviços ambientais seria de US\$ 120, porém a contribuição monetária dos serviços ambientais para a economia seria de US\$ 50, a porção que atualmente passa pelo mercado.

No estudo conduzido por (CONSTANZA et al., 1997) foram estimados os valores por unidade de área para cada serviço ambiental em cada tipo de ecossistema. Para estimar esse valor unitário foram utilizadas as seguintes abordagens:

1. a soma do lucro do consumidor e produtor,
2. o lucro líquido do produtor,
3. o preço multiplicado pela quantidade .

Como já foi dito anteriormente, o valor do capital natural e de alguns serviços ambientais não podem ser facilmente identificados no mercado. Por exemplo, o incremento da beleza estética de uma floresta pode alterar os fluxos de gastos com recreação em uma determinada área, porém esse aumento do fluxo de gastos com recreação pode não ser diretamente proporcional ao incremento da estética florestal. Os usuários da floresta podem valorar o incremento em US\$ 100, mas transferir apenas US\$ 20 em gastos que seriam feitos em outros lugares. Recuperar matas ciliares pode melhorar a qualidade da água diminuindo o custo de tratamento. No entanto uma grande parte da contribuição ao bem estar humano fornecida pelos serviços ambientais estão representadas na forma de bens públicos. Esses benefícios atingem diretamente os seres humanos sem passar pela economia de mercado. Em muitos casos as pessoas nem se dão conta deles. Como exemplos podemos citar água e ar limpos, formação de solos entre outros.

Para calcular o valor total dos serviços ambientais em CONSTANZA et al. (1997), o planeta foi dividido em 16 categorias primárias de uso do solo sendo que a principal divisão é entre sistemas terrestres e marinhos.

Marinho: mar aberto e costeiro (estuários, recifes, bancos de alga)

Terrestre: floresta (tropical, temperada), campos, alagados, pântanos, lagos e rios, desertos, tundra, gelo, terras agrícolas e território urbano.

Em seguida através de extensa pesquisa bibliográfica e cálculos próprios foram estimados valores para os serviços ambientais dos 16 diferentes biomas anteriormente definidos. Em seguida os valores foram convertidos para US\$ ha⁻¹ ano⁻¹ utilizando o índice de preços do consumidor dos E.U.A. e outros fatores de conversão quando necessário. Para algumas estimativas foi utilizada a equivalência de produto interno bruto *per capita* entre o país onde o estudo foi feito e os E.U.A. Para florestas os valores encontrados estão na Tabela 12.

TABELA 12 Valor em US\$ dos serviços ambientais que podem ser fornecidos pelas matas ciliares, segundo CONSTANZA et al. (1997).

No.	Serviço Ambiental	Valor (US\$ ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
1	Controle de distúrbios	5
2	Controle da água	6
3	Controle de erosão e retenção de sedimentos	96
4	Formação de solo	10
5	Ciclagem de nutrientes	361
6	Controle biológico	2
7	Produção de alimento	43
8	Matérias primas	138
9	Recursos genéticos	16
10	Recreação	66
11	Cultural	2
12	Controle do clima	141
13	Fornecimento de água	3
TOTAL		889

CAPÍTULO 3

Resultados e discussão

3.1 Determinação do estoque de carbono em uma floresta plantada com espécies nativas na região de São Carlos

A primeira abordagem para a estimativa da quantidade de carbono acima do solo presente nas matas ciliares da região de estudo foi conduzida utilizando dados dendrométricos obtidos de LORENZI (2000).

O resultado dessa simulação se encontra no anexo 6. A Tabela 13 traz um resumo dos resultados.

TABELA 13 Dados dendrométricos extraídos de LORENZI (2000) utilizados no modelo para o cálculo do seqüestro de carbono. Os valores estão em t/ha. N: número de indivíduos

Estágio	N	Equação 6			Equação 8			Equação 1		
		Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx	Mín	Méd	Máx
Primária	759	713	1565	2933	659	1465	2777	633	1197	1949
Secundária	600	513	1082	195	432	941	1737	498	806	1270
Clímax	150	304	512	798	196	334	526	219	319	442
Biomassa total	1500	1531	3160	5689	1289	2740	5041	1351	2323	3662
Carbono total		612	1264	2275	515	1096	2016	540	929	1465

Na Tabela 13 é possível observar os resultados da utilização das equações 6, 8 e 1 (Tabela 7) alimentadas por dados obtidos da bibliografia consultada. As quantidades mínimas foram obtidas utilizando os diâmetros e alturas mínimas encontrados para cada espécie. O mesmo foi feito para obtenção das quantidades máximas. As quantidades médias foram obtidas utilizando as médias aritméticas das medidas máximas e mínimas.

Os resultados encontrados para a quantidade de carbono por hectare estão muito acima dos valores esperados para o tipo de vegetação presente na área de estudo, que seria entre 60 a 140 tC/ha. No anexo 7 é possível encontrar referências para a quantidade de carbono estimada para diferentes coberturas florestais.

Da análise do modelo, concluiu-se que a quantidade excessiva de carbono encontrada na primeira abordagem se deve a três motivos principais:

1. As equações 6 e 8 foram desenvolvidas para regiões onde o índice pluviométrico é superior ao da área de estudo. Na área de estudo o índice é de aproximadamente 1400 mm/ano (SOARES et al, 2003) enquanto nas áreas para onde foram desenvolvidas as equações a pluviometria indica 1.500 a 4.000mm.
2. Os diâmetros médios utilizados foram extraídos principalmente de LORENZI (2000) e refletem a realidade de uma árvore adulta. Assim sendo, na modelagem que foi executada todas as árvores estariam no seu estágio adulto ao mesmo tempo, o que não acontece na realidade. O principal problema em relação a esta abordagem é desconsiderar a competição entre os indivíduos e a dinâmica dos processos de sucessão.
3. Os valores de densidade variam muito de árvore para árvore e de região para região. A utilização da densidade para esse tipo de estimativa aumenta bastante a propagação de erro do modelo.

Após detectar estas falhas uma nova abordagem foi dada ao problema. Para a segunda abordagem foi selecionada uma equação alométrica desenvolvida para uma região de pluviometria semelhante ao da área de estudo (equação 1). Outra decisão tomada foi a de utilizar apenas dados de CAP. Essa decisão foi tomada principalmente pensando na reprodutibilidade do modelo já que a obtenção de dados de CAP de um grupo de árvores é bem menos complicada que a obtenção de informações a respeito de densidade e altura, por exemplo.

Os resultados do trabalho coordenado por TUNDISI (2000) e desenvolvido pela equipe do Prof. Hosogawa serviram de instrumento fundamental para determinar a composição florística dos reflorestamentos, assim como definir estratégias para a sua implantação. A tabela 14 mostra dados à respeito da malha hidrográfica do município segundo este autor.

TABELA 14 Extensão dos rios, ribeirões e córregos; extensão da vegetação remanescente e área de preservação permanente que deve ser respeitada (déficit de vegetação) em matas ciliares na região de São Carlos, SP, segundo TUNDISI (2000).

Nome do curso d'água	Extensão (km)	Extensão da vegetação remanescente (km)	Déficit de vegetação (ha) ^{APP}	Déficit de APP (%)
Rio Mogi-Guaçu	33,3	11,3	132,0	66,1
Ribeirão das Guabiobas	16,8	11,3	33,0	32,7
Córrego dos Portugueses	13,1	4,0	54,6	69,5
Córrego de Santa Cândida	12,5	4,8	46,5	61,6
Ribeirão das Cabeceiras	25,0	15,0	60,0	40,0
Ribeirão das Araras	65,4	32,7	196,5	50,0
Córrego do Lobo (a)	5,8	2,8	18,0	51,7
Ribeirão da Água Branca	16,5	2,5	84,0	84,8
Córrego Santo Antônio	7,0	3,5	21,0	50,0
Rio Chibarro	23,0	5,0	108,0	78,3
Córrego do Galdino	21,0	11,0	60,0	47,6
Rio do Quilombo	87,5	50,8	220,6	41,9
Córrego Fazenda Paraíso	6,3	0,0	37,8	100,0
Ribeirão dos Negros	80,0	22,0	348,0	72,5
Córrego da Cachoeira	16,0	1,5	87,0	90,6
Córrego do Canchim	12,0	5,0	42,0	58,3
Córrego do Lobo (b)	15,0	1,5	81,0	90,0
Córrego da Jararaca	12,5	4,0	51,0	68,0
Córrego Engenho Velho	7,5	4,0	21,0	46,7
Rio Monjolinho	82,0	19,5	375,0	76,2
Córrego do Cancã	21,7	1,7	120,0	92,2
Córrego Santa Maria Madalena	11,0	1,0	60,0	90,9
Córrego do Gregório	13,5	0,0	81,0	100,0
Córrego da Água Quente	14,0	12,0	12,0	14,3
Córrego da Água Fria	16,0	6,0	60,0	62,5
Rio Jacaré-Guaçu	44,0	35,0	54,0	20,5
Córrego Santa Maria	11,0	4,0	42,0	63,6
Ribeirão do Feijão	18,5	7,5	66,0	59,5
Córrego do Pinhal	5,0	0,5	27,0	90,0
Córrego da Laranja Azeda	12,0	2,0	60,0	83,3
Córrego dos Macacos	15,5	0,5	90,0	96,8
Córrego São João	40,2	5,2	210,0	87,1
Córrego do Monjolinho	26,3	7,0	115,8	73,4
Total	806,9	294,6	3074,8	63,5

Para alimentar a equação escolhida foram utilizados os dados das 70 amostras de campo extraídos de TUNDISI (2000). Cada amostra equivale a um transecto instalado em área de remanescente de mata ciliar da região de estudo. Em geral, cada amostra retangular tem uma área de 300m² (50m de comprimento por 6m de largura) instalada perpendicularmente aos cursos de água. Foram compiladas as circunferências na altura do peito (CAP) de todas as árvores com CAP > 15 cm de cada uma das 40 amostras analisadas assim como o número de indivíduos e calculado um diâmetro médio para cada espécie encontrada nos estudos de campo para cada classe de diâmetro.

O número de indivíduos que será plantado em cada hectare também foi definido em função da média de indivíduos encontrados nas amostras (1.551). Uma diferença entre o padrão de cobertura vegetal encontrado nas amostras e o adotado para os reflorestamentos é a diversidade de espécies. Nas amostras foram encontradas em média 20 espécies por hectare. Porém, estudos realizados pela Fundação Florestal do estado de São Paulo (BARBOSA, 2003), que culminaram com a resolução 21 da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, concluíram que quanto maior é a diversidade dos reflorestamentos melhor é a probabilidade de sucesso dos mesmos.

O referido estudo analisou 90 reflorestamentos implantados nos últimos 30 anos e concluiu que, naqueles onde foi plantada maior diversidade de espécies, a qualidade da floresta atualmente é melhor do que naqueles em que poucas espécies foram plantadas. Assim sendo, para simular um reflorestamento para seqüestrar carbono, foi considerado o uso de 1500 indivíduos por hectare divididos em 134 espécies, sendo 50% primárias (P), 20% secundárias iniciais (si), 20% secundárias tardias e 10% clímax.

Os resultados estão apresentados na Tabela 15.

TABELA 15 Características biométricas das diferentes espécies selecionadas para o reflorestamento das matas ciliares na região de São Carlos, SP. Legenda AB: área basal por árvore; ES: estágio sucessional (P: primária, Si: secundária inicial, St: secundária tardia e C: clímax); BM: biomassa; BMT: biomassa total; C: carbono total; G: área basal

nome popular	AB (m ²)	ES	DAP (cm)	Total árvores	BM (t)	BMT (t)	C(t)	G (m ² /ha)
abacateiro-do-mato	0,0030	c	13,5	10	0,057	0,57	0,28	0,03
açoita-cavalo	0,0263	si	19,3	6	0,130	0,78	0,39	0,16
alecrim-de-campinas	0,0954	c	20,1	10	0,144	1,44	0,72	0,95
algodão-arbóreo	0,0043	p	9,6	28	0,026	0,72	0,36	0,12
amarelinho	0,1197	st	36,8	7	0,583	4,08	2,04	0,84
amendoim-bravo	0,0143	p	13,4	28	0,056	1,58	0,79	0,40
amendoim-do-campo	0,0143	p	14,4	28	0,066	1,86	0,93	0,40
angada	0,0076	si	7,9	6	0,017	0,10	0,05	0,05
angico-branco	0,0032	si	9,2	6	0,023	0,14	0,07	0,02
angico-vermelho	0,0053	si	11,4	6	0,039	0,23	0,12	0,03
araribá	0,0279	si	17,8	6	0,109	0,65	0,33	0,17
ariticum-cagão	0,0209	si	17,7	6	0,106	0,64	0,32	0,13
ariticum-do-mato	0,0241	si	18,1	6	0,112	0,67	0,34	0,14
aroeira-preta	0,0132	si	12,6	6	0,049	0,29	0,15	0,08
arranha-gato	0,0046	p	6,3	28	0,010	0,27	0,14	0,13
bico-de-pato	0,0160	si	16,6	6	0,092	0,55	0,27	0,10
cabreúva-amarela	0,0038	c	9,6	10	0,026	0,26	0,13	0,04
cabreúva-vermelha	0,1505	c	22,7	10	0,190	1,90	0,95	1,51
café-de-bugre	0,0105	st	10,2	7	0,030	0,21	0,10	0,07
cafezinho	0,0027	st	2,9	7	0,002	0,01	0,01	0,02
caixeta	0,0242	si	16,7	6	0,094	0,56	0,28	0,15
cambará	0,0037	si	8,9	6	0,021	0,13	0,06	0,02
camboatã-da-serra	0,0700	st	10,1	7	0,029	0,20	0,10	0,49
camboatã-vermelho	0,0148	si	14,5	6	0,068	0,41	0,20	0,09
canchim	0,0293	c	17,8	10	0,108	1,08	0,54	0,29
candeia	0,0555	p	23,2	28	0,199	5,58	2,79	1,56
canela-amarela	0,0168	si	14,3	6	0,066	0,39	0,20	0,10
canela-batalha	0,0283	st	24,9	7	0,236	1,65	0,82	0,20
canela-de-viado	0,0300	si	15,3	6	0,076	0,46	0,23	0,18
canela-do-rio	0,0045	si	8,8	6	0,021	0,13	0,06	0,03
canela-fedida	0,0049	si	9,3	6	0,024	0,14	0,07	0,03
canela-ferrugem	0,0503	si	20,6	6	0,153	0,92	0,46	0,30
canela-guaicá	0,0145	si	12,1	6	0,044	0,27	0,13	0,09
canelão	0,0130	st	14,7	7	0,069	0,49	0,24	0,09
canela-sassafrás	0,0714	st	8,3	7	0,018	0,13	0,06	0,50
canelinha	0,0043	p	6,1	28	0,009	0,26	0,13	0,12
cangalheiro	0,0476	st	21,3	7	0,165	1,15	0,58	0,33
canjambo	0,0145	st	10,2	7	0,030	0,21	0,10	0,10
canjarana	0,0293	c	16,0	10	0,085	0,85	0,42	0,29
capitão-do-mato	0,0362	si	25,4	6	0,246	1,48	0,74	0,22
capixingui	0,0121	p	14,3	28	0,065	1,82	0,91	0,34
capororoca	0,0047	si	8,3	6	0,019	0,11	0,06	0,03

nome popular	AB (m ²)	ES	DAP (cm)	Total árvores	BM (t)	BMT (t)	C(t)	G (m ² /ha)
caputuna	0,0041	st	6,9	7	0,012	0,08	0,04	0,03
caroba	0,0596	st	18,0	7	0,110	0,77	0,39	0,42
carobão	0,0127	st	14,3	7	0,065	0,46	0,23	0,09
carrapeta	0,0048	st	7,3	7	0,014	0,10	0,05	0,03
carvalho-brasileiro	0,0218	st	19,2	7	0,128	0,90	0,45	0,15
cateretê	0,0039	si	10,9	6	0,034	0,21	0,10	0,02
catiguá-branco	0,0044	si	7,8	6	0,016	0,09	0,05	0,03
catiguá-vermelho	0,0128	st	11,1	7	0,036	0,25	0,13	0,09
catinga-de-bode	0,0029	st	5,6	7	0,007	0,05	0,03	0,02
cedro-rosa	0,0508	si	27,0	6	0,284	1,71	0,85	0,30
cereja-do-RS	0,0038	st	5,9	7	0,008	0,06	0,03	0,03
chupa-ferro	0,0051	st	8,3	7	0,018	0,13	0,06	0,04
copaíba	0,0220	si	17,4	6	0,102	0,61	0,31	0,13
corticeira-do-banhado	0,0395	p	19,6	28	0,135	3,78	1,89	1,11
dedaleiro	0,0215	si	16,6	6	0,091	0,55	0,27	0,13
embaúba	0,0151	p	10,1	28	0,029	0,81	0,40	0,42
embira-de-sapo	0,0123	si	10,6	6	0,033	0,20	0,10	0,07
embiruçu	0,0149	si	13,8	6	0,060	0,36	0,18	0,09
espeteiro	0,0125	si	13,2	6	0,054	0,33	0,16	0,08
espinheira-santa	0,0030	st	8,3	7	0,018	0,13	0,06	0,02
figueira-branca	0,0024	c	26,2	10	0,265	2,65	1,33	0,02
figueirinha	0,0681	si	20,2	6	0,146	0,87	0,44	0,41
folha-de-castanha	0,0030	si	5,7	6	0,008	0,05	0,02	0,02
grão-de-galo	0,0041	p	6,8	28	0,011	0,32	0,16	0,11
guabiroba	0,0153	st	15,8	7	0,082	0,57	0,29	0,11
guaiuvira	0,0044	p	6,8	28	0,012	0,33	0,16	0,12
guamirim	0,0130	si	10,6	6	0,032	0,19	0,10	0,08
guamirim-cascudo	0,0030	si	6,2	6	0,009	0,06	0,03	0,02
guanandi	0,0222	st	17,2	7	0,099	0,70	0,35	0,16
guaraiúva	0,0235	p	16,4	28	0,089	2,50	1,25	0,66
guarantã	0,7332	c	50,8	10	1,235	12,35	6,18	7,33
guaritá	0,0234	st	16,1	7	0,086	0,60	0,30	0,16
guarucaia	0,0236	st	15,3	7	0,076	0,53	0,27	0,17
guatambú	0,0170	c	11,4	10	0,038	0,38	0,19	0,17
ingá	0,0125	p	13,3	28	0,055	1,53	0,77	0,35
ipê-felpudo	0,0111	st	14,6	7	0,069	0,48	0,24	0,08
ixora-arbórea	0,0049	st	9,8	7	0,027	0,19	0,09	0,03
jaboticaba	0,0035	st	6,6	7	0,011	0,08	0,04	0,02
jacarandá-paulista	0,0150	st	16,7	7	0,093	0,65	0,32	0,10
jacaré	0,0132	p	11,2	28	0,037	1,03	0,51	0,37
jaracatiá	0,0346	st	24,9	7	0,236	1,65	0,83	0,24
jequitibá-branco	0,0551	c	49,5	10	1,161	11,61	5,80	0,55
jerivá	0,0427	p	22,3	28	0,182	5,10	2,55	1,20
lagarteiro	0,0030	p	6,7	28	0,011	0,31	0,16	0,09
leiteiro	0,0038	p	10,0	28	0,029	0,80	0,40	0,11
licurana	0,0121	st	10,7	7	0,033	0,23	0,12	0,09

nome popular	AB (m ²)	ES	DAP (cm)	Total árvores	BM (t)	BMT (t)	C(t)	G (m ² /ha)
limão-bravo	0,1703	si	34,1	6	0,487	2,92	1,46	1,02
louro-falso	0,0441	si	17,8	6	0,109	0,65	0,33	0,26
mamica-de-porca	0,0042	p	9,1	28	0,023	0,63	0,32	0,12
mandioqueiro	0,0289	st	25,6	7	0,252	1,76	0,88	0,20
manga-brava	0,0266	si	16,6	6	0,093	0,56	0,28	0,16
marfinzinho	0,0036	si	7,2	6	0,013	0,08	0,04	0,02
maria-faceira	0,0138	st	12,8	7	0,050	0,35	0,18	0,10
maria-farinha	0,0162	si	14,0	6	0,062	0,37	0,19	0,10
maria-mole	0,0130	si	12,6	6	0,049	0,29	0,15	0,08
marmeleiro	0,0036	si	8,0	6	0,017	0,10	0,05	0,02
monjoleiro	0,0248	p	19,2	28	0,130	3,63	1,81	0,69
murta	0,0056	st	9,9	7	0,028	0,20	0,10	0,04
mutambo	0,0311	si	16,4	6	0,089	0,54	0,27	0,19
orelha-de-burro	0,0045	si	9,1	6	0,023	0,14	0,07	0,03
paineira-rosa	0,1169	si	39,6	6	0,692	4,15	2,07	0,70
palmito	0,0039	c	9,7	10	0,026	0,26	0,13	0,04
paricá	0,0213	si	18,5	6	0,119	0,71	0,36	0,13
pau-cigarra	0,0076	si	6,8	6	0,011	0,07	0,03	0,05
pau-de-alho	0,0514	st	24,8	7	0,234	1,64	0,82	0,36
pau-ferro	0,0026	c	19,0	10	0,127	1,27	0,63	0,03
pau-garapa	0,0922	st	34,2	7	0,491	3,44	1,72	0,65
pau-pólvora	0,0045	p	9,2	28	0,024	0,66	0,33	0,13
pau-terra-jundiaí	0,0071	st	24,0	7	0,217	1,52	0,76	0,05
peito-de-pombo	0,0168	p	11,2	28	0,037	1,03	0,52	0,47
peroba-poca	0,0109	st	13,3	7	0,055	0,39	0,19	0,08
peroba-rosa	0,4207	c	52,0	10	1,304	13,04	6,52	4,21
pimenta-do-mato	0,0025	p	5,6	28	0,008	0,21	0,11	0,07
pimenteira	0,0038	si	5,7	6	0,008	0,05	0,02	0,02
pindaiba	0,0105	st	13,3	7	0,055	0,39	0,19	0,07
pindaibuna	0,0013	st	11,7	7	0,041	0,28	0,14	0,01
pindaibuna-do-brejo	0,0284	si	19,0	6	0,126	0,76	0,38	0,17
pinha-do-brejo	0,0126	p	13,1	28	0,053	1,50	0,75	0,35
quaresmeira-do-brejo	0,0030	si	6,4	6	0,010	0,06	0,03	0,02
quina-do-mato	0,0111	st	8,3	7	0,018	0,13	0,06	0,08
saguaragi	0,0093	si	13,8	6	0,060	0,36	0,18	0,06
sangra-da-água	0,0083	p	8,0	28	0,017	0,47	0,23	0,23
sapuva	0,0137	p	12,8	28	0,050	1,41	0,70	0,38
sarandí	0,0050	si	9,5	6	0,025	0,15	0,08	0,03
sete-capotes	0,0044	si	6,0	6	0,009	0,05	0,03	0,03
sobrasil	0,0404	st	24,1	8	0,219	1,75	0,88	0,32
tabocuva	0,0046	si	9,5	6	0,025	0,15	0,07	0,03
taiúva	0,0319	st	20,1	9	0,144	1,29	0,65	0,29
tapiá	0,0512	si	21,5	6	0,167	1,00	0,50	0,31
timbozinho	0,0043	si	8,8	6	0,021	0,13	0,06	0,03
timburi	0,0747	p	32,7	28	0,442	12,38	6,19	2,09
unha-de-vaca	0,0045	p	8,5	28	0,020	0,55	0,28	0,13
urtigão	0,0138	si	11,1	6	0,036	0,22	0,11	0,08
Total	–	–	–	1500	–	156,40	78,20	41,67

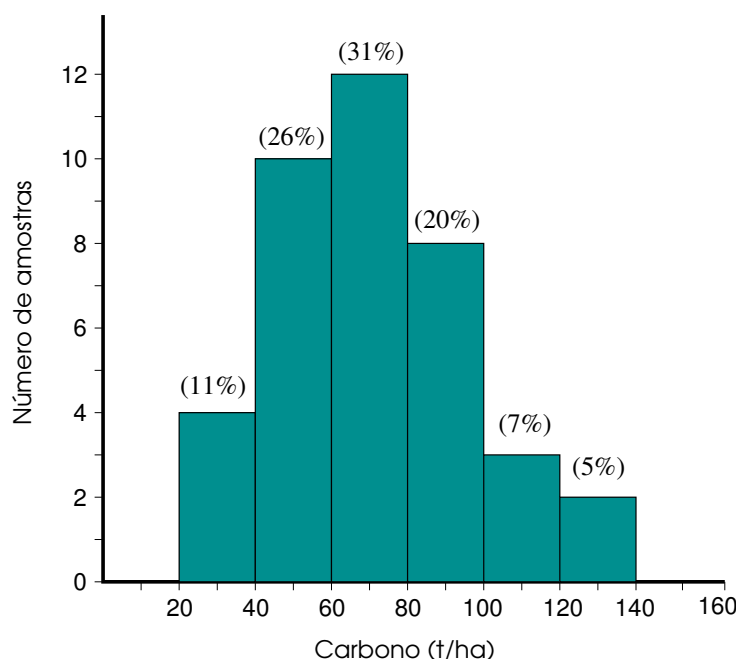


FIGURA 12 Distribuição do número de amostras por quantidade de carbono acima do solo.

A Figura 12 mostra a distribuição dos valores de toneladas de carbono em função do número de amostras encontradas entre as amostras analisadas.

É possível observar que 11% das amostras se encontra na faixa entre 20 e 40 tC/ha. Parcela similar (12%) ocorre para a faixa entre 100 e 140 tC/ha. A grande maioria das amostras (77%) se encontra na faixa entre 40 e 100 tC/ha. Ainda é possível observar que do total 12 amostras (31%) se encontram na faixa entre 60 e 80 tC/ha.

Após a análise dos resultados da simulação e comparando os mesmos com os resultados das simulações feitas com os dados obtidos em campo e com os valores estimados de carbono em diversos ecossistemas, é possível estimar que em um hectare de reflorestamento de mata ciliar no município de São Carlos com 1500 indivíduos por hectare conterá em média 78 tC em biomassa acima do solo.

Para analisar outro aspecto da biometria, a área basal (G), foi feita uma simulação calculando a área basal de cada uma das árvores consideradas no reflorestamento. Para esse cálculo foi utilizado o DAP médio por classe de diâmetro encontrado no trabalho de campo e registrado em TUNDISI (2000). Os resultados encontrados estão na Tabela 16.

TABELA 16 Simulação com o DAP médio por classe de diâmetro extraído do trabalho de TUNDISI (2000). AB: área basal por árvore; ES: estágio sucessional (P: primária, Si: secundária inicial, St: secundária tardia e C: clímax); DAP: Diâmetro na altura do peito (valor médio); BM: biomassa; BMT: biomassa total; C: carbono total; G: área basal. Os valores totais de biomassa estão em toneladas.

nome popular	ES	DAP(cm)	N	BM(kg)	BMT(kg)	C(kg)	G (m ² /ha)
abacateiro-do-mato	c	13,5	10	57	570	280	30
açoita-cavalo	si	19,3	6	130	780	390	158
alecrim-de-campinas	c	20,1	10	144	1440	720	954
algodão-arbóreo	p	9,6	28	26	720	360	119
amarelinho	st	36,8	7	583	4080	2040	838
amendoim-bravo	p	13,4	28	56	1580	790	399
amendoim-do-campo	p	14,4	28	66	1860	930	401
angada	si	7,9	6	17	100	50	46
angico-branco	si	9,2	6	23	140	70	19
angico-vermelho	si	11,4	6	39	230	120	32
araribá	si	17,8	6	109	650	330	167
ariticum-cagão	si	17,7	6	106	640	320	125
ariticum-do-mato	si	18,1	6	112	670	340	144
aroeira-preta	si	12,6	6	49	290	150	79
arranha-gato	p	6,3	28	10	270	140	128
bico-de-pato	si	16,6	6	92	550	270	96
cabreúva-amarela	c	9,6	10	26	260	130	38
cabreúva-vermelha	c	22,7	10	190	1900	950	1505
café-de-bugre	st	10,2	7	30	210	100	74
cafezinho	st	2,9	7	2	10	10	19
caixeta	si	16,7	6	94	560	280	145
cambará	si	8,9	6	21	130	60	22
camboatã-da-serra	st	10,1	7	29	200	100	490
camboatã-vermelho	si	14,5	6	68	410	200	89
canchim	c	17,8	10	108	1080	540	293
candeia	p	23,2	28	199	5580	2790	1555
canela-amarela	si	14,3	6	66	390	200	101
canela-batalha	st	24,9	7	236	1650	820	198
canela-de-viado	si	15,3	6	76	460	230	180
canela-do-rio	si	8,8	6	21	130	60	27
canela-fedida	si	9,3	6	24	140	70	30
canela-ferrugem	si	20,6	6	153	920	460	302
canela-guaicá	si	12,1	6	44	270	130	87
canelão	st	14,7	7	69	490	240	91
canela-sassafrás	st	8,3	7	18	130	60	500
canelinha	p	6,1	28	9	260	130	119
cangalheiro	st	21,3	7	165	1150	580	333
canjambo	st	10,2	7	30	210	100	102
canjarana	c	16,0	10	85	850	420	293
capitão-do-mato	si	25,4	6	246	1480	740	217
capixingui	p	14,3	28	65	1820	910	339
capororoca	si	8,3	6	19	110	60	28

TABELA 16 Continuação

nome popular	ES	DAP(cm)	N	BM(kg)	BMT(kg)	C(kg)	G (m ² /ha)
caputuna	st	6,9	7	12	80	40	29
caroba	st	18,0	7	110	770	390	417
carobão	st	14,3	7	65	460	230	89
carrapeta	st	7,3	7	14	100	50	33
carvalho-brasileiro	st	19,2	7	128	900	450	152
cateretê	si	10,9	6	34	210	100	23
catiguá-branco	si	7,8	6	16	90	50	26
catiguá-vermelho	st	11,1	7	36	250	130	89
catíngá-de-bode	st	5,6	7	7	50	30	20
cedro-rosa	si	27,0	6	284	1710	850	305
cereja-do-RS	st	5,9	7	8	60	30	26
chupa-ferro	st	8,3	7	18	130	60	36
copaíba	si	17,4	6	102	610	310	132
corticeira-do-banhado	p	19,6	28	135	3780	1890	1105
dedaleiro	si	16,6	6	91	550	270	129
embaúba	p	10,1	28	29	810	400	424
embira-de-sapo	si	10,6	6	33	200	100	74
embiruçu	si	13,8	6	60	360	180	89
espeteiro	si	13,2	6	54	330	160	75
espinheira-santa	st	8,3	7	18	130	60	21
figueira-branca	c	26,2	10	265	2650	1330	24
figueirinha	si	20,2	6	146	870	440	409
folha-de-castanha	si	5,7	6	8	50	20	18
grão-de-galo	p	6,8	28	11	320	160	114
guabiroba	st	15,8	7	82	570	290	107
guaiuvira	p	6,8	28	12	330	160	124
guamirim	si	10,6	6	32	190	100	78
guamirim-cascudo	si	6,2	6	9	60	30	18
guanandi	st	17,2	7	99	700	350	156
guaraiúva	p	16,4	28	89	2500	1250	659
guarantã	c	50,8	10	1235	12350	6180	7332
guaritá	st	16,1	7	86	600	300	164
guaruaia	st	15,3	7	76	530	270	165
guatambú	c	11,4	10	38	380	190	170
ingá	p	13,3	28	55	1530	770	351
ipê-felpudo	st	14,6	7	69	480	240	78
ixora-arbórea	st	9,8	7	27	190	90	34
jaboticaba	st	6,6	7	11	80	40	25
jacarandá-paulista	st	16,7	7	93	650	320	105
jacaré	p	11,2	28	37	1030	510	370
jaracatiá	st	24,9	7	236	1650	830	242
jequitibá-branco	c	49,5	10	1161	11610	5800	551
jerivá	p	22,3	28	182	5100	2550	1197
lagarteiro	p	6,7	28	11	310	160	85
leiteiro	p	10,0	28	29	800	400	106
licurana	st	10,7	7	33	230	120	85
limão-bravo	si	34,1	6	487	2920	1460	1022
louro-falso	si	17,8	6	109	650	330	264

TABELA 16 Continuação

nome popular	ES	DAP(cm)	N	BM(kg)	BMT(kg)	C(kg)	G (m ² /ha)
mamica-de-porca	p	9,1	28	23	630	320	118
mandioqueiro	st	25,6	7	252	1760	880	202
manga-brava	si	16,6	6	93	560	280	160
marfinzinho	si	7,2	6	13	80	40	21
maria-faceira	st	12,8	7	50	350	180	96
maria-farinha	si	14,0	6	62	370	190	97
maria-mole	si	12,6	6	49	290	150	78
marmeleiro	si	8,0	6	17	100	50	22
monjoleiro	p	19,2	28	130	3630	1810	695
murta	st	9,9	7	28	200	100	39
mutambo	si	16,4	6	89	540	270	187
orelha-de-burro	si	9,1	6	23	140	70	27
paineira-rosa	si	39,6	6	692	4150	2070	702
palmito	c	9,7	10	26	260	130	39
paricá	si	18,5	6	119	710	360	128
pau-cigarra	si	6,8	6	11	70	30	45
pau-de-alho	st	24,8	7	234	1640	820	359
pau-ferro	c	19,0	10	127	1270	630	26
pau-garapa	st	34,2	7	491	3440	1720	645
pau-pólvora	p	9,2	28	24	660	330	126
pau-terra-jundiá	st	24,0	7	217	1520	760	50
peito-de-pombo	p	11,2	28	37	1030	520	470
peroba-poca	st	13,3	7	55	390	190	77
peroba-rosa	c	52,0	10	1304	13040	6520	4207
pimenta-do-mato	p	5,6	28	8	210	110	71
pimenteira	si	5,7	6	8	50	20	23
pindaiba	st	13,3	7	55	390	190	74
pindaibuna	st	11,7	7	41	280	140	9
pindaibuna-do-brejo	si	19,0	6	126	760	380	170
pinha-do-brejo	p	13,1	28	53	1500	750	352
quaresmeira-do-brejo	si	6,4	6	10	60	30	18
quina-do-mato	st	8,3	7	18	130	60	78
saguaragi	si	13,8	6	60	360	180	56
sangra-da-água	p	8,0	28	17	470	230	231
sapuva	p	12,8	28	50	1410	700	385
sarandi	si	9,5	6	25	150	80	30
sete-capotes	si	6,0	6	9	50	30	26
sobrasil	st	24,1	8	219	1750	880	323
tabocuva	si	9,5	6	25	150	70	28
taiúva	st	20,1	9	144	1290	650	287
tapiá	si	21,5	6	167	1000	500	307
tímbozinho	si	8,8	6	21	130	60	26
timburi	p	32,7	28	442	12380	6190	2091
unha-de-vaca	p	8,5	28	20	550	280	126
urtigão	si	11,1	6	36	220	110	83
			1500		156,4	78,2	41,67

Foi encontrado um valor de 41,67 m²/ha para a área basal (G). A Tabela 16 apresenta os valores encontrados para cada amostra assim como o valor médio. O valor médio de G para todas as amostras é de 34,13 m²/ha ± 11,68. Assim sendo é possível afirmar que a área basal encontrada para a simulação é coerente com os dados levantados em campo.

A Tabela 17 (TUNDISI, 2000) mostra a distribuição das amostras nas diferentes microbacias que compõem a malha hidrográfica do Município de São Carlos. A partir das informações contidas nesta Tabela e nos estudos descritos no item 3.5 deste trabalho foi elaborada a carta temática de distribuição das amostras, encontrada no anexo 9 que mostra a distribuição das amostras georreferenciadas.

TABELA 17 Microbacia, número de amostras, área basal média (G) e área basal total das árvores presentes nos remanescentes de mata ciliar no município de São Carlos, SP.

MICROBACIA	amostras	G médio (m ²)	Área total basal (m ²)
Mogi-Guaçu			
Ribeirão das Guabiobas			
Córrego dos Portugueses			
Córrego de Santa Cândida			
Ribeirão das Cabeceiras			
Ribeirão das Araras	17, 18	29,41	58,81
Córrego do Lobo(a)			
Ribeirão da Água Branca			
Córrego Santo Antônio			
Rio Chibarro			
Córrego do Galdino	3	34,77	69,53
Rio do Quilombo	16	41,10	41,10
CórregodaFaz.Paraíso			
Ribeirão dos Negros			
Córrego da Cachoeira			
Córrego do Canchim			
Córrego do Lobo(b)			
Córrego da Jararaca			
Córrego Engenho Velho	9, 10, 11	34,92	139,67
Rio Monjolinho	1, 2, 14, 15	44,79	358,33
Córrego do Cancã			
Córrego Santa Maria Madalena			
Córrego do Gregório			
Córrego da Água Quente			
Córrego da Água Fria			
Rio Jacaré-Guaçu	12, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 45, 46, 47	33,99	475,87
Córrego Santa Maria			
Ribeirão do Feijão	4, 5, 6, 7, 8, 9, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 48	32,75	982,36
Córrego do Pinhal			
Córregoda Laranja Azeda			
Córrego dos Macacos ou do Conde			
Córrego São João ou São José	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51	33,61	67,22
Córrego do Monjolinho			
área total basal(m ²)	815,55		
área média(m ² /ha)	34,13		

Para aferir os resultados encontrados para a quantidade de carbono encontrada nos reflorestamentos os dados utilizados de CAP, densidade e número de indivíduos por hectare foram introduzidos no software CO₂FIX¹ desenvolvido por um centro de pesquisa holandês para calcular a fixação de carbono em reflorestamentos. O resultado está representado na figura 13.

Dados de entrada do programa CO₂FIX: Foi assumido que a biomassa máxima acima do solo era de 345 t/ha, que foi o valor máximo encontrado nas amostras de TUNDISI (2000). Foram consideradas 3 côortes: primárias, secundárias e clímaxes. Os outros parâmetros foram extraídos de CAMACHO & FINEGAN (1997), que elaboraram um modelo bastante similar para as matas tropicais da Costa Rica:

TABELA 18 Parâmetros de cada coorte no modelo de reflorestamento proposto que alimentou o programa CO₂FIX

	Primárias	Secundárias	Clímaxes
Tronco			
densidade(t/m ³)	0,6	0,7	0,8
C inicial (tC/ha)	3,0	4,0	4,0
biomassa máxima (t/ha)	140,0	140,0	140,0
Folhas			
C inicial (tC/ha)	0,5	0,5	0,5
fator de correção do crescimento	1,0	1,0	1,0
taxa de reposição (1/ano)	0,3	0,3	0,3
Galhos			
carbono inicial(tC/ha)	1,0	2,0	2,0
fator de correção do crescimento	1,0	1,0	1,0
taxa de reposição (1/ano)	0,03	0,03	0,03
Raízes			
carbono inicial tC/ha	0,5	1,0	1,0
fator de correção do crescimento	1,0	1,0	1,0
taxa de reposição (1/ano)	0,07	0,07	0,07

É possível observar que o reflorestamento atinge o seu desenvolvimento clímax no ano 37 e que a quantidade de carbono armazenada seria de aproximadamente 80 tC/ha, valor muito próximo do encontrado com a utilização da metodologia proposta neste estudo. A Tabela 19 mostra os valores de APP (ha) e dos estoques de carbono medidos através de duas metodologias: segundo os dados obtidos de cartas do IBGE por TUNDISI (2000) e através de análise de imagens de satélite (este trabalho).

¹www.efi.fi/projects/casfor/CO2FIX

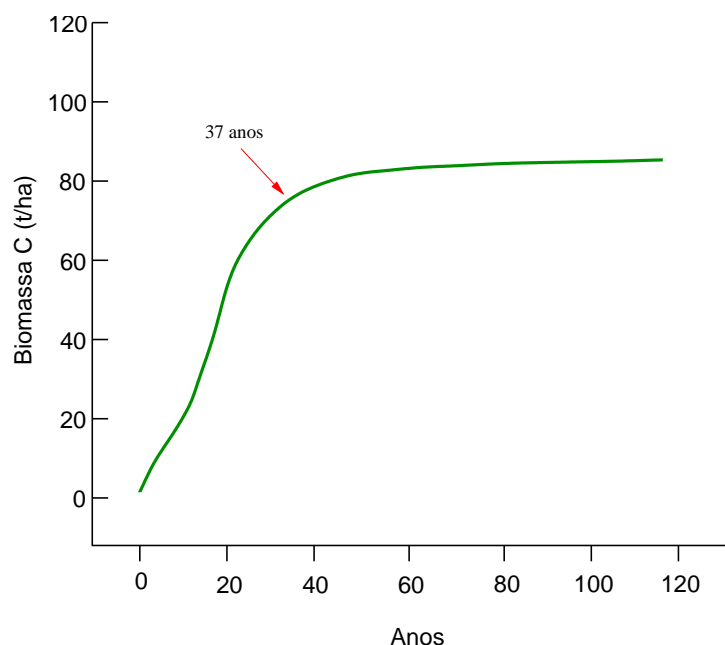


FIGURA 13 Variação simulada do carbono fixado em um reflorestamento de mata ciliar segundo o software CO₂FIX alimentado com os dados de TUNDISI (2000)

TABELA 19 Medidas morfométricas das microbacias em estudo e estoques de carbono segundo as análises feitas através de cartas do IBGE (TUNDISI, 2000) e imagens de satélite (Este trabalho). As colunas de valores de carbono mostram as estimativas atuais, futuras e o ganho líquido projetado ao fim do processo de reflorestamento

MICROBACIA	Extensão (km)		Total APP		D (%)	Déficit (ha)		10 ³ tC atual		10 ³ tC futuro		10 ³ tC líquido	
	IBGE	Sat	IBGE	Sat		IBGE	Sat	IBGE	Sat	IBGE	Sat	IBGE	Sat
MOGI	101	200	606	2330	54	327	1258	2,29	8,81	25,52	98,14	23,23	89,33
ARARAS	139	114	834	780	59	492	460	3,44	3,22	38,38	35,90	34,94	32,67
QUILOMBO	237	354	1422	2550	62	882	1581	6,17	11,07	68,77	123,328	62,60	112,25
MONJOLINHO	158	214	948	1320	75	711	990	4,98	6,93	55,46	77,22	50,48	70,29
JACARÉ	55	143	330	970	29	96	281	0,67	1,97	7,46	21,94	6,79	19,97
FEIJÃO	117	157	702	990	81	569	802	3,98	5,61	44,35	62,55	40,37	56,93
Total	807	1182	4842	8940		3076	5373	21,53	37,61	239,95	419,06	218,41	381,45

3.2 Definição da área de estudo

A partir dos resultados alcançados dentro do tema proposto para pesquisa, as metodologias avaliadas para determinar as fronteiras geográficas do projeto, cálculo do carbono absorvido e características da cobertura vegetal foram aplicadas para uma área definida dentro da região de estudo. A definição da área foi feita em função de algumas considerações. A definição do tamanho da área geográfica que um projeto de seqüestro de carbono deve ter em escala municipal teve como base o objetivo de classificar o projeto dentro das diretrizes da COP 9 para projetos de pequena escala. São considerados projetos de pequena escala:

Projetos de reflorestamento de pequena escala são aqueles em que a remoção antropogênica líquida é menor que 8 mil toneladas de CO₂ por ano e que sejam desenvolvidos ou implementados por comunidades de baixa renda, assim classificados pelo país hospedeiro do projeto.

O resultado encontrado para a quantidade de carbono fixada na forma de biomassa acima do solo para a região de São Carlos é de 78tC/ha de reflorestamento.

Em seguida, foi feita uma estimativa da quantidade de carbono que existe atualmente nas áreas que serão reflorestadas. A partir das imagens de satélite e de idas ao campo foram definidas duas categorias principais de cobertura vegetal nas áreas a serem reflorestadas:

1. Pasto
2. Capoeira

Nas áreas onde existe pasto a quantidade de carbono armazenada na forma de biomassa está entre 2 tC/ha e 10 tC/ha. Esta estimativa depende do tipo de gramínea cultivada, da qualidade do solo e há quanto tempo a área foi abandonada. Nas áreas de capoeira essa quantidade é de aproximadamente 8tC/ha (RESENDE, 2001). O próximo passo foi determinar qual a porcentagem da área a ser recuperada está coberta com cada uma dessas coberturas especificadas. Essa determinação foi feita com o auxílio das imagens de satélite e de fotografias aéreas e novamente, idas ao campo.

A partir desta análise concluiu-se que 58% das áreas a serem recuperadas se encontram cobertas por capoeira e 42% por pasto. Assim sendo é possível considerar que nas áreas que serão reflorestadas existe em média 7tC/ha. Desta forma a remoção líquida de carbono da atmosfera será de 71tC/ha.

Este cálculo preliminar foi feito para determinar qual é a maior área possível para enquadrar um projeto como de pequena escala. Considerando um horizonte

de 30 anos para o projeto e que a remoção antropogênica líquida não pode ultrapassar 8 mil toneladas de CO₂ por ano, isto é 2.222 tC/ano, a remoção máxima aceitável no período de trinta anos é de 66.660 tC. Assim sendo a margem de segurança para que um projeto não se torne de grande escala para a região de estudo é de 1.000 ha.

Esta escala se encaixa no padrão de recuperação de uma micro bacia. A malha hidrográfica do município de São Carlos é composta por partes de 7 microbacias. Na implantação de um projeto de recuperação de matas ciliares as fronteiras municipais devem ser desconsideradas em prol dos limites das micro bacias, isto é, deve-se priorizar a recuperação da micro bacia como um todo e não apenas as áreas incluídas em determinado município.

A microbacia do rio Jacaré-Guaçú (Tabela 19) é a que se encontra em melhor estado de preservação em termos de cobertura vegetal dentre as seis que constituem a malha hídrica do município; desta maneira a sua recuperação torna-se prioritária pois é possível conceber um projeto, dentro das condições citadas acima, que possibilite a total recuperação desta unidade. Nesta micro bacia estão localizadas as Estações ecológicas de Itirapina e São Carlos, a Estação Experimental de Itirapina além do campus do CRHEA-USP (Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP), localizados as margens da Represa do Lobo.

Uma vez definida como área prioritária, as metodologias apresentadas neste trabalho foram aplicadas.

1. definição das fronteiras geográficas da Microbacia do rio Jacaré-Guaçú.
2. definição das áreas que serão recuperadas.

Para conduzir esta atividade foi elaborada uma carta temática de cobertura vegetal ciliar para a área.

Foi identificada na Figura 14 uma área de 885 ha que precisa ser reflorestada.

Em seguida utilizando as fotos aéreas digitais foi feita uma estimativa da cobertura vegetal atual nas áreas que serão reflorestadas. Para tanto 492 fotos foram tiradas, da área de interesse. Foram escolhidas aleatoriamente 50 fotos de áreas de APP, totalizando uma área de aproximadamente 100 ha de APP. Um exemplo está apresentado na Figura 15.

As áreas que não possuíam cobertura florestal foram identificadas e divididas em duas categorias de cobertura vegetal:

1. Capoeira
2. Pasto

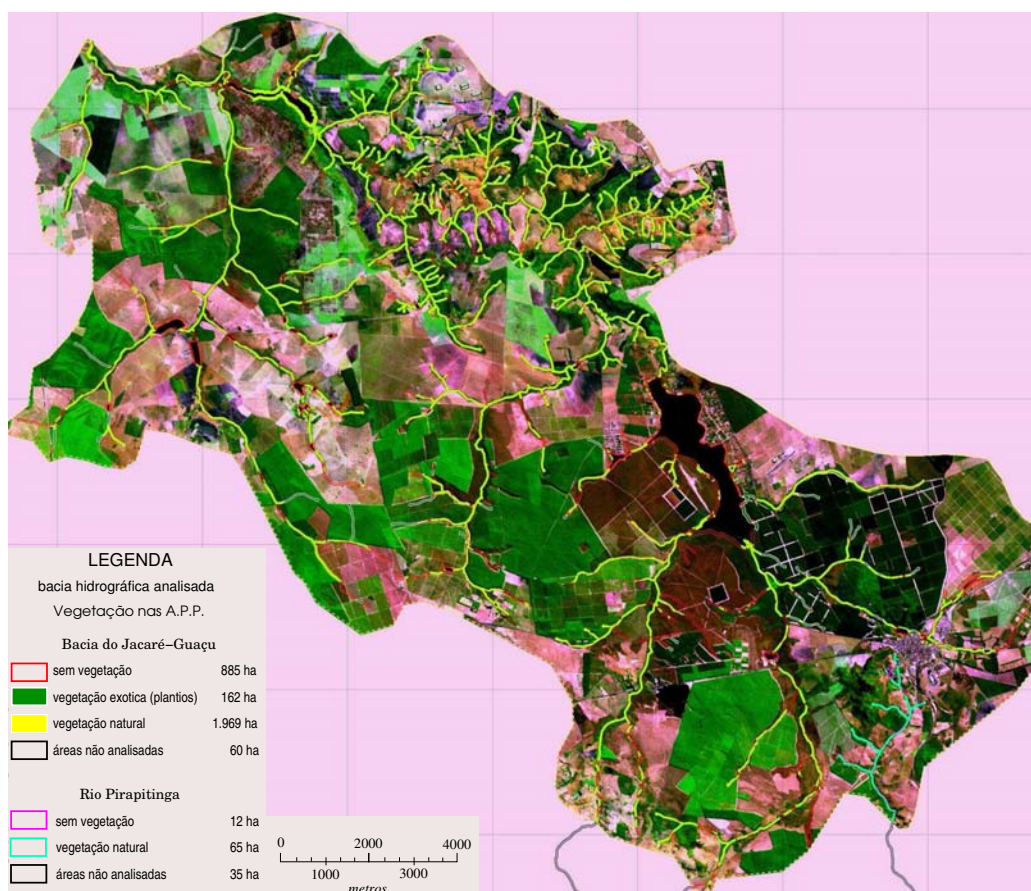


FIGURA 14 Carta temática de cobertura vegetal ciliar da microbacia do rio Jacaré-Guaçu, através de imagem LandSat 7, 2000 - bandas 5R-4G-3B, projeção UTM, Datum SAD-69, fuso 23

TABELA 20 Distribuição da quantidade de carbono por tipo de cobertura vegetal

Cobertura	(%)	área (ha)	tC acima/ha	tC abaixo/ha	tC total
Pasto	46	407	5	0,8	2.360,6
Capoeira	54	478	7	1,12	3.881,36
Pasto + capoeira	100	885	–	–	6.241,96
Após reflorestamento (30 anos)					
Floresta climax	100	885	88,4	14,1	90.712,5
Remoção líquida					84.470,54

Através da análise das fotos foi possível determinar que aproximadamente 46% das áreas que necessitam de recuperação estão atualmente cobertas por pasto

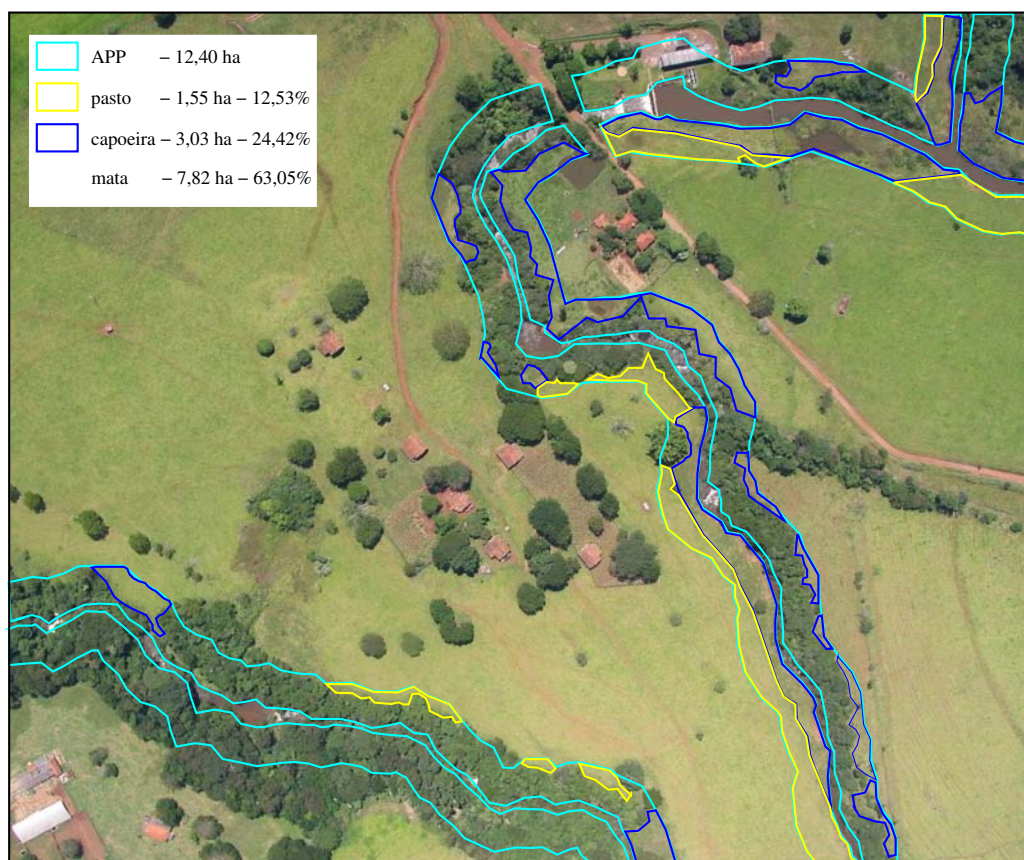


FIGURA 15 Amostra de classificação de cobertura do solo através de análise de foto aérea digital

e o restante, 54% com capoeira. Assim sendo 407 ha estão cobertos de pasto e 478 ha estão cobertos de capoeira (figura 15).

Utilizando os valores de quantidade de carbono acima do solo para esses dois tipos de cobertura vegetal, que são respectivamente 5tC/ha e 7tC/ha, foi calculado o montante de carbono na forma de biomassa acima do solo contido nas áreas que serão reflorestadas.

Em seguida foi aplicada a metodologia já descrita para o cálculo do carbono fixado na forma de biomassa acima do solo para a vegetação ciliar nativa da área.

O resultado encontrado de 88,4 tC/ha é superior ao encontrado para a média do Município (78 tC/ha). Este fato está vinculado entre outros, a dois fatores, à vegetação predominante no interflúvio (Floresta Estacional Semi-Decidual) e ao tipo de solo predominante (latossolo roxo), enquanto em outras áreas do Município a vegetação do interflúvio é o cerrado stricto sensu e o solo predominante é o latossolo amarelo, que apresenta menores índices de fertilidade.

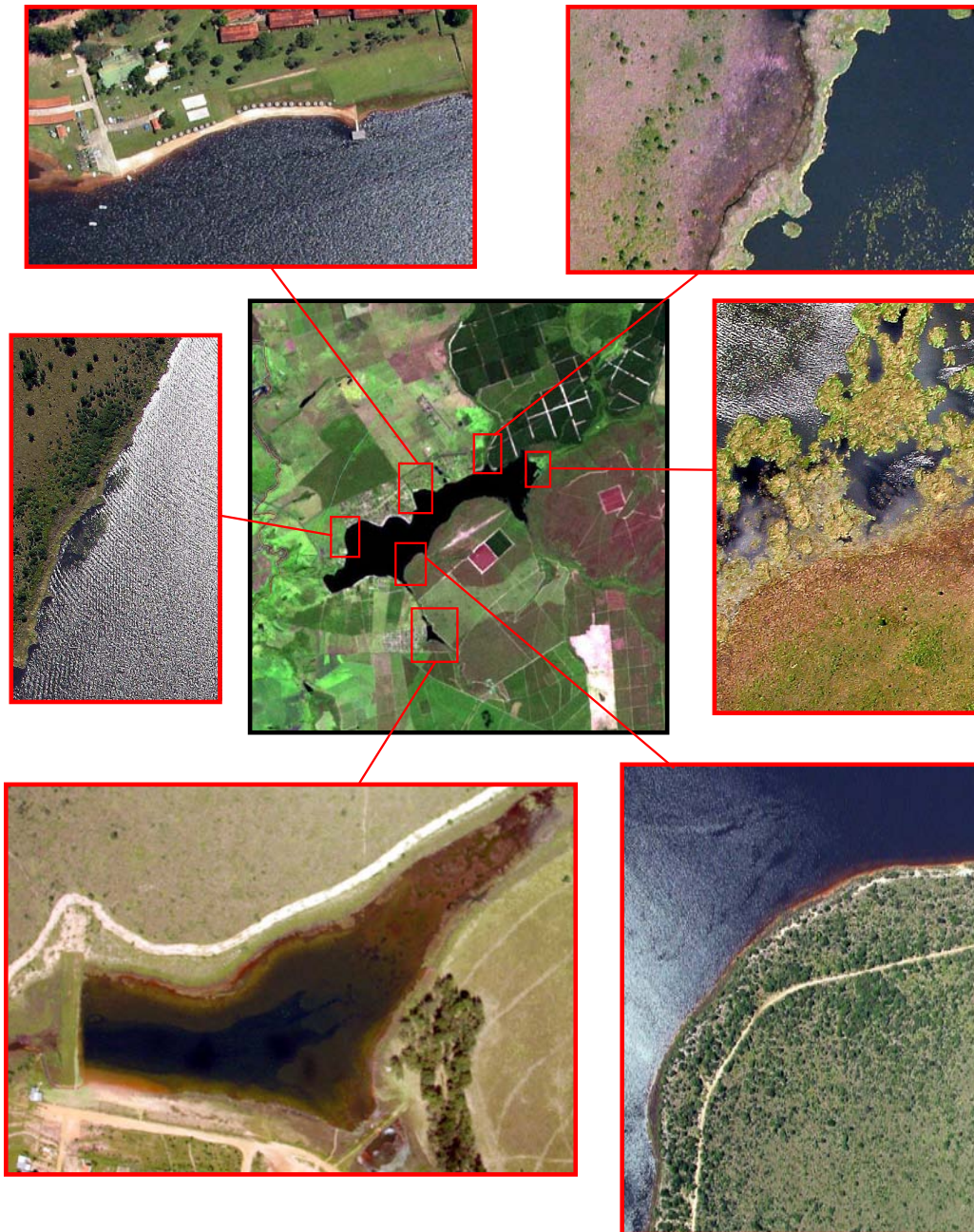


FIGURA 16 Comparação entre a imagem de satélite (foto central) e imagem aérea (fotos periféricas). O corpo d'água visualizado no centro é a Represa do Lobo (Broa).



FIGURA 17 Comparação entre (a) imagem de satélite, imagem aérea (b) e (c) imagem de satélite ampliada. O corpo d'água visualizado é a Lagoa Dourada.

TABELA 21 Valores de biomassa e carbono estimados para as amostras de vegetação nativa na bacia do rio Jacaré-Guaçu.

Amostra	G	Biomassa (t)	Carbono (t)
12	30,06	137,3	68,65
13	45,22	252	126
20	44,51	250,2	125,1
21	27,52	124,9	62,45
22	36,36	168,5	84,25
23	27,21	120,7	60,35
24	58,54	302	151
25	41,28	219,4	109,7
26	27,38	116,2	58,1
45	48,79	260	130
46	15,17	69	34,5
47	20,95	102	51
Média	35,25	176,85	88,43

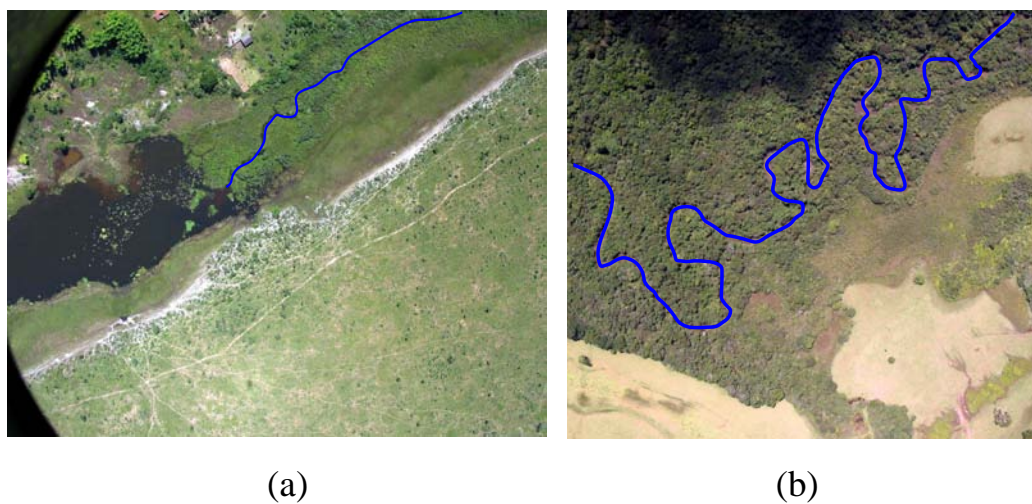


FIGURA 18 Imagens aéreas de (a) Curso d'água da bacia do rio Quilombo e (b) Curso d'água da bacia do rio Jacaré-Guaçu. As linhas em azul evidenciam os leitos de água.

A partir dos resultados descritos acima foi possível determinar a remoção líquida de carbono da atmosfera com a implantação dos reflorestamentos. A remoção líquida é a diferença entre o carbono presente nas áreas escolhidas e na cobertura vegetal, no estágio clímax, que será implantada (90.712 tC e 6.241 tC) que equivale a um valor de 84.471 tC. Considerando que as floresta nativas da região atingem o estágio clímax em 30 anos, período de duração do projeto, teremos uma remoção líquida média de 2.815 tC/ano.

O método apresentado até o momento está centrado na análise da quantidade de biomassa acima do solo. Porém, em função desses valores é possível estimar a quantidade de biomassa abaixo do solo presente principalmente na forma de raízes.

Segundo SCHROEDER & WINJUM (1995) utiliza-se um fator de 23% para a relação entre a quantidade de biomassa contida na raiz e na parte aérea de uma árvore, CERRI et al. (2000) utiliza o valor de 18,7%. Para estimar a quantidade de carbono nas raízes será utilizada uma abordagem conservadora considerando um valor de 16%.

Considerando que os reservatórios de carbono previstos pelo MDL para serem analisados nos projetos de LULUCF podem incluir:

1. biomassa acima do solo
2. biomassa abaixo do solo
3. serrapilheira
4. madeira morta
5. matéria orgânica no solo.

A metodologia proposta indica a utilização de apenas dois desses reservatórios. A biomassa acima do solo e a biomassa abaixo do solo. Assim sendo a recuperação dos 885 ha de APP de mata ciliar na Microbacia do rio Jacaré-Guaçú absorveriam 84.471 tC da atmosfera sendo que 70.955 tC fixadas na forma de biomassa acima do solo e 13.515 tC em biomassa abaixo do solo (raízes). Isto equivale a 2.815 tC/ano em um horizonte de 30 anos. Esse valor ultrapassa o volume que possibilita a inclusão do projeto como de pequena escala.

Para contornar este problema é preciso diminuir as áreas a serem reflorestadas. A configuração final do projeto seria a seguinte:

- Área total a ser reflorestada: 700 ha
- Carbono por hectare (tC/ha): 95
- Total de carbono fixado: 66.507 tC
- Absorção líquida média: 2.216 tC/ano

3.3 Monitoramento

O monitoramento será feito em função de apenas um reservatório, a biomassa acima do solo. Para tanto serão instaladas 40 parcelas permanentes circulares com 250 m² de área. Todas as árvores com CAP > 15 cm serão medidas dentro dessas parcelas em períodos de cinco anos a partir do quinto ano. Os diâmetros médios por classe de diâmetro serão aplicados na equação alométrica indicada e a quantidade de carbono fixada será determinada. No décimo ano 100 árvores deverão ser cortadas e pesadas para aferir os coeficientes da equação alométrica. Esse mesmo procedimento será repetido no ano 20.

3.4 Estimativa de custos de implantação

Para estimar os custos de implantação do projeto de recuperação das matas ciliares no âmbito do MDL foram consideradas três componentes principais de custo:

- Custo de implantação do reflorestamento: custos relativos à implantação física do reflorestamento (aquisição de mudas, preparo da terra, manutenção, etc.)
 - Custo de elaboração: todos os custos relacionados às etapas de elaboração do projeto no âmbito do Protocolo de Quioto (documento de descrição do projeto, estudo de linha de base, etc.).
 - Custos de monitoramento: custos referentes à execução do plano de monitoramento previsto para o projeto.
1. Custos de implantação do projeto. Estão diretamente vinculados às atividades de campo do mesmo. Para estimar o custo por hectare de reflorestamento foi feita uma pesquisa de preço de insumos e mão de obra necessária para o reflorestamento (item 2.6.). Na tabela 22 é possível observar um resumo dos resultados.
 2. Custo de elaboração. Os custos de elaboração do projeto estão vinculados às atividades a serem realizadas necessárias para qualificar o projeto no âmbito do MDL. O ciclo que um projeto deve percorrer, segundo as diretrizes do WORLD BANK, foi apresentado anteriormente no início do capítulo 2 deste volume. A cada uma das etapas está vinculado um custo, que somados perfazem um total de US\$ 265.000. Esses custos foram determinados tendo como referência projetos de grande escala. Para os projetos de pequena

TABELA 22 Custos de implantação de reflorestamentos com espécies nativas. Os valores estão em US\$/ha

DESCRIÇÃO	ÁREA DE CAPOEIRA		ÁREA DE PASTAGEM	
	Plantio	Manutenção	Plantio	Manutenção
Mão-de-obra	323	544	355	713
Insumos	271	23	140	90
Mudas	1031	–	1031	–
Subtotal	1.625	567	1526	803
Total	2.192		2.330	

escala estão previstas várias simplificações visando a redução deste custo. Através da análise destas propostas de simplificações, também listadas no capítulo 2, não é possível estimar o real impacto delas na redução dos custos de elaboração. Porém para efeito de simulação foi estabelecida uma abordagem otimista onde esses custos seriam reduzidos em 50%

Feitas essas considerações o custo da componente elaboração para um projeto de pequena escala seria de US\$ 135.200.

3. Custos de monitoramento. São os custos vinculados a execução das tarefas propostas no plano de monitoramento previsto no projeto. Para um projeto de seqüestro de carbono baseado em reflorestamento o processo de monitoramento está diretamente vinculado as atividades previstas em um inventário florestal. Esses valores variam principalmente em função do número de reservatórios a serem monitorados (acima do solo, abaixo do solo, etc.) e do grau de precisão requerido. Segundo IPCC (2000) os custos de monitoramento para uma precisão de 10% seriam US\$ 0,10 a 0,50 por tonelada de carbono.

O plano de monitoramento proposto é formado por duas componentes principais, o sensoriamento remoto e as medidas de campo. Se considerarmos como unidade de referência uma microbacia trata-se de uma região relativamente pequena e é possível considerar, para a região de estudo, que existe apenas um estrato de vegetação, isto é apenas um padrão de cobertura vegetal. Em seguida através da análise de variância das amostras de campo foi determinado um número de amostras, necessário para obter um erro inferior a 15% da média, de 20 amostras. Assim sendo o plano de monitoramento previsto implica na instalação de 20 amostras permanentes, retangulares (10×30m) perpendiculares aos cursos

de água. Todas as árvores com $CAP > 15$ serão medidas e os resultados aplicados a equação alométrica apropriada para área de estudo. No décimo ano 30 árvores serão cortadas e pesadas para aferir os índices das equações alométricas. Este mesmo processo se repetirá no ano 20 do projeto. A parte de sensoriamento remoto servirá para monitorar os aspectos das áreas de estudo em uma escala maior. Será efetuado a partir da análise de imagens de satélite (LANDSAT - 7) e fotos aéreas digitais a cada cinco anos.

TABELA 23 Custo dos itens necessários para efetuar o monitoramento de uma área reflorestada de 700 ha.

Ítem	quant.	valor	valor total
<i>lap top</i>	1	2.000	2.000
Máquina digital	1	1.500	1.500
Trena	2	10	20
GPS	1	300	300
Horas de vôo	12	150	1.800
Imagens de satélite	6	500	3.000
Mão de obra	–	–	22.500

O custo de mão de obra foi estimado em função do tempo necessário para efetuar as medidas nas amostras (9 horas homem (um mateiro, um auxiliar e um biólogo)) por amostra um valor médio de US\$ 3/h total de US\$ 27 por amostra $\times 500 = \text{US\$ } 13.500$. Soma-se a esse valor US\$ 9.000 referente ao estudo para aferir os índices das equações alométricas.

Isto representa um custo total aproximado para o monitoramento de US\$ 31.120 que equivale a US\$ 0,47 por tC. Este valor corresponde ao previsto em (IPCC 2000). Porém se o projeto tivesse o dobro da área os custos seriam de aproximadamente US\$ 51.600 ou US\$ 0,38 por tC ou seja um custo 20% menor.

O custo total para um reflorestamento dentro da área de estudo é a somatória das três componentes anteriormente citadas. No caso da primeira componente, a implantação física do reflorestamento, os custos foram estimados para uma condição ótima onde todos os procedimentos de campo (aceiro, roçada, etc.) seriam efetuadas de forma manual, reduzindo assim a mecanização do processo e melhorando a componente social do mesmo. Também foi considerado que as mudas a serem plantadas estariam em estágio avançado de desenvolvimento. Se forem consideradas as condições normais de implantação de reflorestamentos, mecanização e mudas jovens, os custos com mão de obra e mudas que juntos representam aproximadamente 90% do custo total desta componente podem ser reduzidos pela metade. Assim sendo o custo da primeira componente pode variar de US\$ 2.329

a US\$ 1.315. Considerando a condição ótima de implantação os custos para um projeto de pequena escala seriam (em US\$):

- Custo de implantação - 2.225 (46% pasto 54% capoeira) \times 700 = 1.557.500
- Custo de transação 132.000
- Custo de monitoramento 31.000
- Custo total 1.720.500
- Total de Carbono absorvido (t) 66.500
- 25,9 US\$ por tonelada de carbono US\$ 7,2/tCO₂eq

Para um projeto considerado como de grande escala para a mesma área de estudo os custos seriam (em US\$):

- Custo de implantação - 2.225 (46% pasto 54% capoeira) \times 1.400 = 3.115.000
- Custo de transação 265.000
- Custo de monitoramento 51.600
- Custo total 3.431.600
- Total de carbono absorvido (t) 133.000
- 25,8 US\$ por tonelada de carbono US\$ 7,1/tCO₂eq.

CAPÍTULO 4

Conclusões

O objetivo principal deste estudo foi elaborar um modelo para determinar o potencial recebimento de créditos de carbono através de um projeto de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) baseado no reflorestamento de matas ciliares. Para tanto foram analisadas as diretrizes do Protocolo de Quioto referentes aos projetos de seqüestro de carbono. Em seguida, tendo como base tais diretrizes, as principais etapas previstas para a elaboração de um projeto deste tipo foram analisadas no intuito de elaborar um modelo para a qualificação de um projeto de reflorestamento no âmbito do MDL.

Dentre as principais conclusões desse trabalho pode-se destacar que:

- Existem fortes evidências científicas que a amplificação do efeito estufa pode causar sérios distúrbios ambientais em escala global. Devido às suas características ambientais, entre elas, a alta disponibilidade de luz solar, água e terras férteis, alguns sistemas florestais no Brasil apresentam altas taxas de produção primária. Este cenário é favorável para a implantação de projetos de absorção de carbono atmosférico através de projetos de reflorestamento, podendo ser incluídos dentro do (MDL) Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, como previsto no Protocolo de Quioto.
- Atualmente, o Estado de São Paulo possui apenas 14% de sua cobertura vegetal nativa preservada. A situação específica das matas ciliares não diverge em muito deste cenário e estima-se em 1.000.000 ha a área de matas ciliares degradadas no Estado de São Paulo. Um dos principais fatores que colaboram para este cenário é o elevado custo dos reflorestamentos que, em

funções das condições do local e do padrão de reflorestamento podem variar entre US\$ 500 a US\$ 3.000/ha reflorestado.

- A utilização dos créditos de carbono para contribuir neste processo é relevante. Para incluir um projeto no âmbito do MDL, várias etapas devem ser cumpridas. Embora as matas ciliares forneçam um pacote de serviços ambientais superior aos da vegetação do interflúvio, existem dificuldades adicionais na elaboração de um projeto de MDL nessas áreas. Um fator importante é o formato dessas áreas, que por ocuparem as margens dos cursos de água apresentam forma longa e estreita, implicando em restrições ao uso de imagens de satélite, principalmente nas etapas de determinação da cobertura vegetal e no monitoramento dos reflorestamentos.
- Fotos aéreas digitais são um instrumento útil para realizar as etapas de monitoramento e classificação da cobertura vegetal.
- Os métodos convencionais para elaboração de inventários florestais podem ser adaptados para quantificar a quantidade de carbono contida nos reflorestamentos ciliares.
- Em alguns cenários é possível conceber um projeto de reflorestamento onde o volume de créditos de carbono possa contribuir com 100% dos custos de implantação do mesmo. Entretanto, este fato não resolve o problema de fluxo de capital do projeto. Enquanto 90% dos gastos de um projeto são efetuados nos três primeiros anos, o recebimento pelos créditos é diluído ao longo do tempo de duração do mesmo, que pode chegar a sessenta anos. Desta maneira é necessário que haja uma instituição que financie esse tipo de projeto e que possa receber os créditos como forma de pagamento.
- Os custos vinculados à elaboração de um projeto de MDL são um obstáculo para a implantação de projetos de pequena escala. Os custos de transação e monitoramento são praticamente os mesmos para um projeto de 700 ou 1400 ha na área de estudo. Da mesma forma quanto maior for o projeto menor será, proporcionalmente, a influência do custo de transação.
- A implantação de um projeto de recuperação florestal em escala municipal empregará mão de obra em larga escala, porém a demanda por mão de obra decai com a evolução dos reflorestamentos, estando concentrada nos três primeiros anos do projeto. Isto se deve ao fato de que a utilização de mão de obra está concentrada na fase de implantação do reflorestamento.
- Os ganhos ambientais são de médio prazo a medida em que os serviços ecológicos prestados pelas matas ciliares aumentam proporcionalmente ao

crescimento das mesmas. Utilizando a abordagem sugerida por Costanza (1997) um hectare de floresta ciliar em estágio clímax fornece US\$ 889 em serviços ambientais por ano. Ainda em termos de ganhos ambientais os ganhos locais são mais sensíveis que os globais. A contribuição global de um projeto de reflorestamento está vinculada à fixação do carbono na forma de biomassa nas árvores. A quantidade total de carbono absorvida pela recomposição das matas ciliares de um município é pequena quando comparada com o excesso de carbono na atmosfera, porém, o aumento da qualidade ambiental local, principalmente em relação à preservação dos recursos hídricos é bastante significativo.

- A recuperação das áreas de matas ciliares degradadas é uma tarefa de extrema importância, principalmente quando analisada pela ótica do desenvolvimento sustentável. Porém, só com a união das vários agentes sociais será possível levar adiante este processo.

Ao longo da elaboração deste estudo foram identificadas algumas limitações que serão identificadas a seguir:

Para quantificar a remoção líquida de carbono da atmosfera estão previstos no MDL do protocolo de Quioto cinco reservatórios a serem considerados:

1. biomassa acima do solo (tronco, galhos e folhas).
2. biomassa abaixo do solo (raízes).
3. serapilheira (folhas, gravetos, etc.).
4. madeira morta.
5. matéria orgânica no solo.

Entretanto, o modelo proposto neste trabalho avaliou apenas um reservatório (biomassa acima do solo) e em função deste valor estimou o valor para um segundo reservatório (biomassa abaixo do solo).

Não foi possível elaborar uma análise financeira precisa em relação aos custos do projeto e recebimento de créditos devido ao fato de que os créditos de carbono para reflorestamento ainda não possuem valor de mercado, visto que a sua inclusão oficial no MDL somente foi concretizada em dezembro de 2004.

Como sugestão para a continuidade dos estudos realizados neste trabalho sugere-se que sejam elaborados estudos específicos para os outros reservatórios que não foram abordados. É preciso também observar como os processos biológicos atuam nesses reservatórios e identificar procedimentos que possam aumentar o potencial de absorção de carbono dentro de cada um deles.

Frente ao exposto espera-se que este trabalho possa contribuir na utilização de créditos de carbono na recuperação das matas ciliares e na elaboração de novos estudos.

Referências

- AB'SABER, A.N. 1971. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *in* M.G. FERRI (coord), *II Simpósio sobre o Cerrado*. Editora Edgard Blucher Ltda / EDUSP. 239 p., pp. 1–14.
- ALMEIDA, F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *OIGG*. **41**:169-263.
- ALVES, D. S.; SOARES, J. V.; AMARAL, S.; MELLO, E. M. K.; ALMEIDA, S. A. S.; DA SILVA, O. F. & SILVEIRA, A. M. 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondonia, Western Brazilian Amazon. *Global Change Biology* **3**: 451–461.
- ALVIM, P.T. 1990. Agricultura apropriada para o uso contínuo dos solos na região Amazônica. Espaço, Ambiente e Planejamento, Rio de Janeiro, v.2, p.3-71.
- AMTHOR, J.S. & HUSTOUN, M. 1998. Terrestrial Ecosystem Responses to Global change: A Research Strategy, ORNL/TM-1998/27. Oak Ridge National Laboratory.
- ARAÚJO, A.C.; NOBRE, A.D.; KRUIJTZ, B.; CULD, A.D.; STEFANI, ELBER, J.; DALLAROSA, RANDOW, C.; MANZI, A.O.; VALENTINI, R.; GASH, J.H.C. & KABAT, P. 2002. Dual tower long term study of carbon dioxide fluxes for a Central Amazonian rain forest. *Journal of Geophysical Research*.
- BARBOSA, L.M. 2000. *Princípios de recuperação vegetal de áreas degradadas*. -SMA- Série Manuais Ambientais, São Paulo, SMA/CEAM/CINP. 76 p.
- BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.R. & SPURR, S.H. 1997. *Forest Ecology*. John Wiley & Sons, 4th edition, 774 pp.
- BEGON, M.; HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, 3th edition. 1068 pp.

- BEN - BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. 2002.
<http://www.mme.gov.br/ben2002/>
- BENEDETTI, V.; ZANI-FILHO, J. 1993. Metodologia para caracterização de fragmentos florestais em projetos agro-silviculturais. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba, PR. Floresta para o desenvolvimento: política, ambiente, tecnologia e mercado; anais. Curitiba: SBS/SBEF. v.2, p.400-402.
- BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. 2001. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*.
- BERTONI, J.E.A.; STUBBLEBINE, W.H.; MARTINS, F.R. & LEITÃO FILHO, H.F. 1982. Comparação fitossociológica das principais espécies de florestas de terra firme e ciliar na Reserva Estadual de Porto Ferreira, SP. *Silvicultura em Sao Paulo*, **16A**(1):563-71.
- BINGHAM, G.; R. BISHOP; M. BRODY; D. BROMLEY; E. CLARK; W. COOPER; R. COSTANZA; T. HALE; G. HAYDEN; S. KELLERT; R. NORGAARD; B. NORTON; J. PAYNE; C. RUSSELL & G. SUTER. 1995. Issues in ecosystem valuation: improving information for decision making. *Ecological Economics* **14**:73-90.
- BIRDSEY, R.A. 1992. Carbon storage and accumulation in United States Forest Ecosystems. U. S. Department of Agriculture Forest Service, Gen. Tech. Rep. WO59, Washington, DC.
- BJORNBERG, A.J.S. & TOLENTINO, M. 1959. Contribuição ao estudo da geologia e águas subterrâneas em São Carlos. *Bol. Soc. Bras. Geol.* **8**(2): 33 p., separata.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*. v.35, p.881-902.
- BROWN, S.; GASTON, G. & DANIELS, R. 1996. Tropical Africa: Land Use, Biomass, and Carbon Estimates for 1980. ORNL/CDIAC-92, NDP-055. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- BROWN, S. & SCHROEDER, P.E. 1999. Spatial patterns of aboveground production and mortality of woody biomass for eastern U.S. forests. *Ecological Applications* **9**: 968-980.

- BROWN, S.; BURNHAM, M.; DELANEY, M.; VACA, R.; POWELL, M & MORENO, A. 2000. Issues And Challenges For Forest-Based Carbon-Offset Projects: A Case Study Of The Noel Kempff Climate Action Project In Bolivia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5: 99-121
- BUSCHBACHER, R.J. 1986. Tropical deforestation and pasture development. *BioScience*, v.26, p.22-28.
- CAMACHO, M. & FINEGAN, B. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica. CATIE - Serie Técnica. Informe técnico N. 295 38 p.
- CATHARINO, L.M. 1989. Estudos fisionômico-florísticos e fitossociológicos em matas residuais secundárias no município de Piracicaba, SP. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 181p. Tese Mestrado.
- CENBIO. 2000. *Medidas Mitigadoras para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica*. Brasília, 2000, 222 pg.
- CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M; ESCHENBRENNER, V. & BALLESTER, M.V.R., 2000. Áreas prioritárias para a recomposição de florestas nativas. *in: Mudanças Climáticas Globais e Sequestro de Carbono: Recomposição de vegetação Nativa e desenvolvimento Limpo*. Governo do Estado de São Paulo - Secretaria do Meio Ambiente.
- CERRI, C.E.P.; BERNOUX, M. & CERRI, C.C. 2002. *Influência das mudanças climáticas nos ecossistemas florestais*. *In: BICUDO, D.C.; FORTI, M.C. & BICUDO, C.E.M. (Orgs)*. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 351 pp.
- CETESB. 1977. Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. Sao Paulo. 198p.
- CIAIS, P. 1999. Restless carbon pools. *Nature*, **398**: 111–112.
- CHAPMAN, S.B. 1976. *Methods in plant ecology*. John Wiley & Sons. 536p.
- CONSTANZA, R.; B.G. NORTON & B.D. HASKELL (Eds). 1992. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Managers*. Island Press.
- CONSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; ONEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G. & SUTTON, P. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**: 253–260.

- CONTI, J.B. 1998. *Clima e meio ambiente*. São Paulo. Editora Atual.
- DENICH, M. 1991. Estudos da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia oriental brasileira. Belém: Embrapa-CPATU / GTZ. 284p. Tese Doutorado.
- DURIGAN, G. & LEITÃO FILHO, H.F. 1995. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. *Revta. Inst. Flor.* São Paulo. 7(2):197–239.
- ELLERMAN, A.D.; ACOBY, H.D. & DECAUX, A. 1998. The effects on developing countries of the Kyoto Protocol and carbon dioxide emissions trading. *Policy Research Working Paper* 2019. The World Bank.
- EVANS, G.C. 1972. *The Quantitative Analysis of Plant Growth*. Blackwell Scientific, Oxford. 734 p.
- FELFILI, J.M. & SILVA JÚNIOR, M.C. 1992. *Floristic Composition, Phytosociology and Comparison of Cerrado and Gallery Forest at Fazenda Agua Limpa, Federal District, Brazil*. p. 393–415. In: FURLEY, P.A. & RATTER, J.A. *Nature and dynamics of Forest-savanna Boundaries*. Chapman & Hall. London, 616 pp.
- FELFILI, J.M.; SILVA JÚNIOR, M.C.; RESENDE, A.V.; MACHADO, J.M.B. WALTER, B.M.; SILVA, P.E.N. & HAY, J.D. 1994. Vegetação Arbórea. In: FELFILI, J.M.; FILGUEIRAS, T.S.; SILVA JÚNIOR, M.C.; MENDONÇA, R. & RESENDE, A.V. (Eds.) *Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e Solos*. Rio de Janeiro. *Cadernos de Geociências do IBGE* 12: 75–166.
- FELFILI, J.M. 1995. Diversity, structure and dynamics of a gallery forest in Central Brazil. *Vegetatio*. 117:1–15.
- FELFILI, J.M. 1998. Determinação de padrões de distribuição de espécies em uma mata de galeria no Brasil Central, com a utilização de técnicas de análise multivariada. *Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer*, 2: 35–48.
- FORMAN, R.T.; GORDON, M.E. 1986. *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons. 235p.
- GASCON, C. 1995. Projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais: síntese. Manaus: INPA. 2p.
- GASCON, C. & MOUTINHO, P. eds. 1998. *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus: INPA. p.99-119.

-
- GONÇALVES, A.R.L. 1986. *Geologia ambiental da área de São Carlos*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- HALL, R.B.W. & HARCUMBE, P.A. 1998. Flooding alters apparent position of floodplain samplings on a light gradient. *Ecology*. **79**:(3)847–855.
- HARVEY, P. H. & PAGEL, M. D. 1991. The comparative method in evolutionary biology. Oxford University Press, Oxford.
- HENDRICK, R.L. & K.S. PREGITZER. 1993. Patterns of fine root mortality in two sugar maple forests. *Nature* **361**:59-61.
- HOUGHTON, R.A. 1994. The worldwide extent of land-use change. *Bioscience*. **44**: 305–313.
- HOUGHTON, R.A.; SKOLE, D.L.; NOBRE, C.A.; HACKLER, J.L.; LAWRENCE, K.T. & CHOMENTOWSKI, W.H. 2000. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*. **403**: 301–304.
- IBGE. 1990. Projeto de Proteção do Meio Ambiente e das Comunidades Indígenas (PMACI II). Diagnóstico geoambiental e socioeconômico da área de influência da Br-364, trecho Porto Velho/Rio Branco. Rio de Janeiro. v.1, 142p.
- IBGE. 1990. Projeto de Proteção do Meio Ambiente e das Comunidades Indígenas (PMACI II). Diagnóstico geoambiental e socioeconômico da área de influência da Br-364, trecho Porto Velho/Rio Branco. Rio de Janeiro. v.1 142 p.26
- INPE. 1999. Coordenação Geral de Observação da Terra. Programa Institucional da Amazônia. Projeto PRODES. Disponível: site INPE (6 jul.1998). http://www.inpe.br/programas_e_projetos/programas_e_projetos.htm Consultado em 23 set. 1999.
- IPCC 1995. *IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995*. Summaries for Policymakers of the three Working Group reports. IPCC, Geneva, Switzerland. pp. 64.
- IPCC 1996. *Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change*. IPCC Technical Paper. R. Watson, M. Zinyowera & R. Moss (Eds). IPCC, Geneva, Switzerland. pp 84.

- IPCC 2000. *Emissions Scenarios*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. N. Nakicenovic & R. Swart (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, England.
- IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R. & NAVE, A.G. 1997. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta de brejo em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. *Revista Brasileira de Botânica*. **20**(2): 139–153.
- JOLY, A.C. & MARQUES, M.C.M. 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* em uma floresta higrófila do sudeste do Brasil.. *Revista Brasileira de Botânica Brasil*, **23**(1) pp. 107–112
- KEELING, C.D. & WHORF, T.P. 1998. *Atmospheric CO₂ Concentrations – Mauna Loa Observatory, Hawaii, 1958–1997 (Revised August 1998)*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA.
- KIEHL, J.T. & TRENBERTH, K.E. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget, *Bull. Am. Met. Soc.* 78, 197-208.
- KING, D. A. 1990. Allometry of saplings and understorey trees of Panamanian forest. *Functional Ecology* 4:27-32.
- KING, D. A. 1995. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of Tropical Ecology* 12:25-44.
- LAMPRECHT, H. 1990. *Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas; possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado*. Eschborn, Alemanha: GTZ. 343p.
- LORENZI, H. 2000. *Árvores Brasileiras*. Instituto Plantarum. São Paulo - SP.
- LOVEJOY, T.E. 1980. Discontinuous wilderness: minimum areas for conservation. *Parks*, v.5, n.2, p.13-15.
- MACDICKEN, K.G. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural development.
- MALHI, Y.; NOBRE, A.D.; GRACE, J.; KRUIJT, B.; PEREIRA, M.G.P.; CULF, A. & SCOTT, S. 1998. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest. *J. Geophys. Res.* **D24**:31593–31612.
- MALHI, Y.; BALDOCCHI, D.D. & JARVIS, P.G. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant Cell Environ.* **22**: 715–740.

- MARLAND, G.; ANDRES, R.J.; BODEN, T.A.; JOHNSTON, C. & BRENKERT, A. 1999. *Global, Regional and National CO₂ Emission Estimates from Fossil Fuel Burning, Cement Production, and Gas Flaring: 1775–1996*. Report NDP-030, Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN, USA.
- MARTÍNEZ-YRÍZAR, A.; SARUKHÁN, J.; PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; RINCÓN, E.; MAASS, M.; SOLÍS-MAGALLANES, A. & CERVANTES, L. 1992. Above-ground phytomass of a tropical deciduous forest on the coast of Jalisco, México. *Journal of Tropical Ecology* **8**:87-96.
- MEGURO, M.; PIRANI, J.R.; MELLO-SILVA, R. & GIULIETTI, A.M. 1996. Caracterização Florística e estrutural de matas ripárias e capões de altitude da Serra do Cipó, Minas Gerais. *Bolm. Botânica*. USP. **15**: 13–19.
- METZGER, J.P.; BERNACCI, L.C. & GOLDENBERG, R. 1997. pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology*. **133**: 135–152.
- MITCHELL, R.C. & CARSON, R.T. 1989. Using Surveys to Value Public Goods: the Contingent Valuation Method. *Resources for the Future*. Washington DC.
- NICOLINI-GABRIEL, E.M. & PAGANO, S.N. 1993. Composição florística do estrato arbóreo de floresta mesófila semidecídua no município de Jaú, SP. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* **35**:725-748.
- NIKLAS, K. J. 1993. The scaling of plant height: a comparison among major plant clades and anatomical grades. *Annals of Botany* **72**:165-72.
- NIKLAS, K. J. 1994. Influence of tissue density-specific mechanical properties on the scaling of plant height. *Annals of Botany* **72**:173-179
- OBERTHUR, S. 1999. *Status of the Montreal Protocol Implementation in Countries with Economies in Transition*. Nairobi, UNEP and GEF.
- OLIVEIRA, J. B. & PRADO, H. 1984. Levantamento semidetalhado de solos do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos - II. Memorial Descritivo. IAC. *Bol. Tec. Inst. Agron.* Campinas, SP. n.98, 188p.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; RATTER, J.A. & SHEPHERD, G.J. 1990. Floristic composition and community structure of a Central Brazilian forest. *Flora*. **184**: 103–117.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; GAVILANES, M.L. & CARVALHO, D.A. 1994. Effect of flood regime and understory bamboos on the physiognomy and

- tree species composition of a tropical semideciduous forest in Southeastern Brazil. *Vegetatio*. **113**: 99–124.
- OLIVEIRA FILHO, A.T. & RATTER, J.A. 1995. A study of the origin of Central Brazilian Forests by the analysis of plants species distribution patterns. *Eddimb. J. Bot.*. **52**(2): 141–194.
- PAGANO, S.N. 1987. Composição florística do estrato arbóreo de uma mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v.10, p.37-47.
- PALIK, B. & MURPHY, P.G. 1990. Disturbance versus edge effects in sugar: maple/beechness forest fragments. *Forest Ecology and Management*, v.32,p.187-202.
- PCAST (PRESIDENTS COMMITTEE OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY PANEL ON ENERGY RESEARCH AND DEVELOPMENT). 1997. *Report to the President on Federal Energy Research and Development for the Challenges of the Twenty First Century*. Executive Office of the President of the United States, Washington, DC.
- PHILLIPS, O.L.; MALHI, Y.; HIGUCHI, N.; LAURANCE, W.F.; NUÑEZ, V. P.; VÁSQUEZ, M. R.; LAURANCE, S.G.; FERRIERA, L.V.; STERN, M.; BROWN, S.; & GRACE, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forest: evidence from long-term plots. *Science* **282**: 439-442.
- PHILLIPS, O.L., S.L. BROWN, P.E. SCHROEDER, & BIRDSEY, R.A. 2000. Toward error analysis of large-scale forest carbon budgets. *Global Ecology and Biogeography Letters* 9:305-313.
- PINARD, M. & PUTZ, F.E. 1996. Retaining forest biomass by reducing logging damage. *Biotropica* **28**:278-295.
- PINARD, M. & PUTZ, F.E. 1997. Monitoring carbon sequestration benefits associated with a reduced-impact logging project in Malaysia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. **2**: 203-215.
- PINAY, G.; DECAMPS, H.; CHAUVET, E. & FUSTEC, E. 1990. Pp. 141-169 In: R. J. Naiman & H. Decamps (Eds.) *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. UNESCO MAB Series Vol. 4. Parthenon.
- POST, W.M.; IZAURRALDE, R.C.; MANN, L.K. & BLISS, N. 1999. *Monitoring and verifying soil organic carbon sequestration*. Pg. 41. In: Carbon Sequestration in Soils: Science, Monitoring, and Beyond, N.J. Rosenberg, N.J.; Izaurrealde, R.C. & Malone, E.L. (Eds.), Battelle Press.

-
- RESENDE, D.; MERLIN, S. & SANTOS, M.T. 2001. Seqüestro de carbono: Uma experiência concreta. Instituto Ecológica. Palmas.
- RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In*: SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. *Cerrado: Ambiente e Flora*. Planaltina, DF, EMBRAPA-CPAC. 556 pp.
- RICH, P. M., HELENURM, K., KEARNS, D., MORSE, S. R., PALMER, M. W. & SHORT, L. 1986. Height and stem diameter relationships for dicotyledonous trees and arborescent palms of Costa Rican tropical wet forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 113:241-246.
- RODRIGUES, R.R. 1992. *Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa-Cinco, Ipeúna, SP*. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. 325 pp.
- SALOMÃO, R.P.; NEPSTAD, D.C.; VIEIRA, I.C. 1998. Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primária e secundária. *In*: Gascon, C.; Moutinho, P., eds. *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus: INPA. p.99-119.
- SCARANO, F.R.; RIBEIRO, K.T.; MORAES, L.F.D. & LIMA, H.C. 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in Southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. **14**:793–803.
- SCHROEDER, P.S. & WINJUN, J.K. 1995. Assessing Brazil's carbon budget, 1: biotic carbon pools. *Forest Ecology and Management*. **75**: 77–86.
- SCHROEDER, P.; BROWN, S.; MO, J.; BIRDSEY, R. & CIESZEWSKI, C. 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. *For. Sci.* 43: 424-434.
- SCHULZE, E.D. & HEIMANN, M. 1998. Carbon and water exchange of terrestrial systems. *In*: GALLOWAY, J. N. & MELILLO, J. (Eds.) *Asian change in the context of global change*. Cambridge University Press.
- SCOLFORO, J.R. 1993. Inventário florestal. Lavras: ESAL/FAEPE. 228p.
- SCOLFORO, J.R. 1993. Mensuração florestal 3: relações quantitativas em volume, peso e a relação hipsométrica. Lavras: ESAL/FAEPE. 292p.
- SCOLFORO, J.R. 1997. Manejo florestal. Lavras: UFLA/FAEPE. 438p.
- SILVA, D.W. 1994. *Caracterização de três fisionomias de cerrado na Fazenda Canchim, São Carlos, SP*. Dissertação de Mestrado, PPGERN, UFSCar.

- SILVA JÚNIOR, M.C.; NOGUEIRA, P.E. & FELFILI, J.M. 1998. Flora lenhosa das matas de galeria no Brasil Central. *Bol. Herb. Ezechias Paulo Heringer*. **5**: 57–56.
- SILVA, A.C DA; BATTISTELLE, R.A.G. & CABRAL, N.R.A.J. 2000. Clima. in E.L.G. ESPÍNDOLA, J.S.V. SILVA, C.E. MARINELLI & M.M. ABDON (eds), *A Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho*. Rima Editora. São Carlos - SP.
- SOARES, J.J.; SILVA, D.W. DA & LIMA, M.I.S. 2003. Current state and projection of the probable original vegetation of the São Carlos Region of São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.* **63**(3):527–536.
- SPOSITO, T.C.S. 1994. Arquitetura e alometria de três espécies de *Cecropia* (Cecropiaceae) da Região Sudeste do Brasil. Tese de Mestrado, UNICAMP, Campinas.
- SPOSITO, T.C.S. 1999. Tamanho, forma, alometria e crescimento em algumas espécies de *Cecropia* (Cecropiaceae) do Brasil. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas.
- SPOSITO, T.C. & SANTOS, F.A.M. 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* **88** (5): 939-949.
- TABANEZ, A.J.; VIANA, V.M. & DIAS, A.S. 1997. Conservação da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de Planalto de Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v.57, n.1, p.47-60.
- TOLENTINO, M. 1967. *Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos*. São Carlos: Prefeitura Municipal, 1967. 78p. (Concurso de Monografias Municipais).
- TONIATO, M.T.Z.; LEITÃO FILHO, H.F. & RODRIGUES, R.R. 1998. Fitossociologia de uma remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. *Revta. brasil. Bot.* **21**(2)197–210.
- TREXLER & ASSOCIATES, INC. 1998. *The Current and Future Value of CO₂: A Market Assessment*. **TAA Research Report**, 98-04.
- TUNDISI, J.G. 2000. *Diagnóstico da deficiência de matas ciliares e vegetação protetiva dos mananciais hídricos no município de São Carlos - SP*. Processo CNPq #3001167/77-6 (RN). Desenvolvido por HOSOKAWA, R.T. São Carlos, SP.

- TUNDISI, J.G. 2000. Gerenciamento de reservatórios no Brasil. *in* S.E. Jorgensen & R.A. Vollenweider (eds), *Princípios para o Gerenciamento de Lagos*. Vol 1 de *Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos*. International Lake Environment Committee – Instituto Internacional de Ecologia – United Nations Environment Programme. Capítulo X: Gerenciamento de Reservatórios no Brasil.
- TURNER, I.M. & CORLETT, R.T. 1996. The conservation value of small, isolated fragments of lowland tropical rain forest. *Tree*. **11**(8): 330–333.
- VAN DYNE, G. 1971. *The Ecosystem Concept in Natural Resource Management*. Academic Press, New York.

ANEXO I

*Modalities and Procedures for Afforestation and
Reforestation Project Activities under the Clean
Development Mechanism in the First Commitment
Period of the Kyoto Protocol.
&
PIN Banco Mundial e PDD CDM*

Decision -/CP.9

Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol

The Conference of the Parties,

Recalling its decisions 11/CP.7, 15/CP.7, 17/CP.7 and its annex, 19/CP.7, 20/CP.7, 21/CP.7, 22/CP.7, 23/CP.7, 21/CP.8 and 22/CP.8,

Cognizant of its decisions -/CP.9 (*Guidance to the CDM Executive Board*) and its annex II, and -/CP.9 (*Good practice guidance for land use, land-use change and forestry in the preparation of national greenhouse gas inventories under the Convention*),

Affirming the principles in the preamble to draft decision -/CMP.1 (*Land use, land-use change and forestry*), recommended by decision 11/CP.7,

Reiterating that decision 17/CP.7 applies mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism,

Taking into account the issues of non-permanence, additionality, leakage, uncertainties and socio-economic and environmental impacts, including impacts on biodiversity and natural ecosystems, associated with afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism,

Cognizant of relevant provisions of international agreements that may apply to afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism,

Reiterating that the treatment of land use, land-use change and forestry project activities under the clean development mechanism in future commitment periods shall be decided as part of the negotiations on the second commitment period,

Recognizing that host Parties evaluate, in accordance with their national laws, risks associated with the use of potentially invasive alien species by afforestation and reforestation project activities and that Parties included in Annex I evaluate, in accordance with their national laws, the use of temporary certified emission reductions and/or long-term certified emission reductions generated from afforestation and reforestation project activities that make use of potentially invasive alien species,

Recognizing that host Parties evaluate, in accordance with their national laws, potential risks associated with the use of genetically modified organisms by afforestation and reforestation project activities and that Parties included in Annex I evaluate, in accordance with their national laws, the use of temporary certified emission reductions and/or long-term certified emission reductions generated from afforestation and reforestation project activities that make use of genetically modified organisms,

1. *Decides* to adopt the modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism contained in the annex to this decision, for the first commitment period of the Kyoto Protocol;

2. *Encourages* project participants to use, as appropriate and to the extent possible, the *Intergovernmental Panel on Climate Change Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* and any relevant decisions of the Conference of the Parties or the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol with respect to good practice guidance for land

use, land-use change and forestry, in the design and implementation of afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism;

3. *Invites* Parties and accredited observers to submit to the secretariat, by 28 February 2004, their views on simplified modalities and procedures for small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism;

4. *Invites* Parties and accredited observers to submit to the secretariat, by 28 February 2004, their views on how to facilitate the implementation of small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism;

5. *Requests* the secretariat to prepare a technical paper on simplified modalities and procedures for small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism, taking into account submissions referred to in paragraph 3 above and relevant work by the Executive Board, to be considered by the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice at its twentieth session;

6. *Requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice:

(a) To recommend a draft decision on simplified modalities and procedures for small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism, taking into account the submissions referred to in paragraph 3 above and the technical paper referred to in paragraph 5 above, for adoption by the Conference of the Parties at its tenth session;

(b) To recommend a draft decision on measures to facilitate the implementation of small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism, taking into account submissions referred to in paragraph 4 above, for adoption by the Conference of the Parties at its tenth session.

7. *Further requests* the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, when elaborating, in accordance with paragraph 4 of decision 22/CP.8, a draft decision to be considered by the Conference of the Parties at its tenth session, and then to be forwarded to the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its first session, to ensure that the modalities and procedures specified in the annex to this decision are incorporated into the guidelines pertaining to Articles 7 and 8 of the Kyoto Protocol.

8. *Recommends* that the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, at its first session, adopts the draft decision below.

Draft decision -/CMP.1

Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol

The Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol,

Aware of its decisions -/CMP.1 (Mechanisms), -/CMP.1 (Article 12), -/CMP.1 (Land use, land-use change and forestry), -/CMP.1 (Good practice guidance for land use, land-use change and forestry in the preparation of national greenhouse gas inventories under the Convention), -/CMP.1 (Modalities for the accounting of assigned amounts under Article 7, paragraph 4, of the Kyoto Protocol), -/CMP.1 (Guidelines for national systems under Article 5, paragraph 1, of the Kyoto Protocol), -/CMP.1 (Good practice guidance and adjustments under Article 5 paragraph 2, of the Kyoto Protocol), -/CMP.1 (Guidance for the preparation of the information required under Article 7 of the Kyoto Protocol), and -/CMP.1 (Guidelines for review under Article 8 of the Kyoto Protocol),

Cognizant of decisions 11/CP.7, 15/CP.7, 17/CP.7, 19/CP.7, 20/CP.7, 21/CP.7, 22/CP.7, 23/CP.7, 21/CP.8, 22/CP.8, -/CP.9 (Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol), -/CP.9 (Guidance to the CDM Executive Board) and its annex II, and -/CP.9 (Good practice guidance for land use, land-use change and forestry in the preparation of national greenhouse gas inventories under the Convention),

1. *Decides to confirm and give full effect to any actions taken pursuant to decision -/CP.9 (Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol);*
2. *Adopts the modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism contained in the annex to this decision, for the first commitment period of the Kyoto Protocol;*
3. *Decides that the treatment of land use, land-use change and forestry project activities under the clean development mechanism in future commitment periods shall be decided as part of the negotiations on the second commitment period and that any revision of the decision shall not affect afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism registered prior the end of the first commitment period;*
4. *Decides to periodically review the modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism, and that the first review shall be carried out no later than one year before the end of the first commitment period, based on recommendations by the Executive Board of the clean development mechanism and by the Subsidiary Body for Implementation, drawing on technical advice from the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice, as needed.*

ANNEX

Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism

A. Definitions

1. For the purpose of this annex, the definitions in paragraph 1 of the annex to decision 17/CP.7 and the definitions of forest, reforestation and afforestation in paragraph 1 of the annex to draft decision -/CMP.1 (*Land use, land-use change and forestry*), shall apply. In addition:

(a) “Carbon pools” are those carbon pools referred to in paragraph 21 of the annex to draft decision -/CMP.1 (*Land use, land-use change and forestry*) and are: above-ground biomass, below-ground biomass, litter, dead wood and soil organic carbon;

(b) The “project boundary” geographically delineates the afforestation or reforestation project activity under the control of the project participants. The project activity may contain more than one discrete area of land;

(c) “Baseline net greenhouse gas removals by sinks” is the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the afforestation or reforestation project activity under the clean development mechanism (CDM);

(d) “Actual net greenhouse gas removals by sinks” is the sum of the verifiable changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary, minus the increase in emissions of the greenhouse gases measured in CO₂ equivalents by the sources that are increased as a result of the implementation of the afforestation or reforestation project activity, while avoiding double counting, within the project boundary, attributable to the afforestation or reforestation project activity under the CDM;

(e) “Leakage” is the increase in greenhouse gas emissions by sources which occurs outside the boundary of an afforestation or reforestation project activity under the CDM which is measurable and attributable to the afforestation or reforestation project activity;

(f) “Net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks” is the actual net greenhouse gas removals by sinks minus the baseline net greenhouse gas removals by sinks minus leakage;

(g) “Temporary CER” or “tCER” is a CER issued for an afforestation or reforestation project activity under the CDM which, subject to the provisions of section K below, expires at the end of the commitment period following the one during which it was issued;

(h) “Long-term CER” or “lCER” is a CER issued for an afforestation or reforestation project activity under the CDM which, subject to the provisions in section K below, expires at the end of the crediting period of the afforestation or reforestation project activity under the CDM for which it was issued;

(i) “Small-scale afforestation and reforestation project activities under the CDM” are those that are expected to result in net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks of less than 8 kilotonnes of CO₂ per year and are developed or implemented by low-income communities and individuals as determined by the host Party. If a small-scale afforestation or reforestation project activity under the CDM results in net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks greater than 8 kilotonnes of CO₂ per year, the excess removals will not be eligible for the issuance of tCERs or lCERs.

2. For the purposes of this annex, in the modalities and procedures for a CDM contained in the annex to decision 17/CP.7, where it reads CER, it should instead read tCER and/or lCER.

B. Role of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol

3. All provisions of section B of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the CDM.

C. Executive Board

4. All provisions of section C of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the CDM with the exception of provisions under paragraph 5 (e) on recommendations to the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol (COP/MOP) relating to simplified modalities, procedures and definitions for small-scale project activities.

D. Accreditation and designation of operational entities

5. All provisions of section D of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the CDM.

E. Designated operational entities

6. All provisions of section E of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the CDM. In the case of afforestation and reforestation project activities under the CDM, a designated operational entity shall verify and certify net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks.

F. Participation requirements

7. All provisions of section F of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply mutatis mutandis to afforestation and reforestation project activities under the CDM.

8. A Party not included in Annex I may host an afforestation or reforestation project activity under the CDM if it has selected and reported to the Executive Board through its designated national authority for the CDM:

- (a) A single minimum tree crown cover value between 10 and 30 per cent; and
- (b) A single minimum land area value between 0.05 and 1 hectare; and
- (c) A single minimum tree height value between 2 and 5 metres.

9. The selected values referred to in paragraph 8 (a)–(c) above shall be fixed for all afforestation and reforestation project activities under the CDM registered prior to the end of the first commitment period.

G. Validation and registration

10. Validation is the process of independent evaluation of a proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM by a designated operational entity against the requirements of afforestation and reforestation project activities under the CDM as set out in decision -/CP.9 (*Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol*), the present annex and relevant decisions of the COP/MOP, on the basis of the project design document, as outlined in appendix B below.

11. Registration is the formal acceptance by the Executive Board of a validated project as an afforestation or reforestation project activity under the CDM. Registration is the prerequisite for the verification, certification and issuance of tCERs or ICERs relating to that project activity.

12. The designated operational entity selected by project participants to validate a proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM, being under a contractual arrangement with them, shall review the project design document and any supporting documentation to confirm that the following requirements have been met:

(a) The participation requirements set out in paragraphs 28–30 of the annex to decision 17/CP.7 and paragraphs 8 and 9 above are satisfied;

(b) Comments by local stakeholders have been invited, a summary of the comments received has been provided, and a report to the designated operational entity on how due account was taken of any comments has been received;

(c) Project participants have submitted to the designated operational entity documentation on the analysis of the socio-economic and environmental impacts, including impacts on biodiversity and natural ecosystems, and impacts outside the project boundary of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM. If any negative impact is considered significant by the project participants or the host Party, project participants have undertaken a socio-economic impact assessment and/or an environmental impact assessment in accordance with the procedures required by the host Party. Project participants shall submit a statement that confirms that they have undertaken such an assessment in accordance with the procedures required by the host Party and include a description of the planned monitoring and remedial measures to address them;

(d) The proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM is additional if the actual net greenhouse gas removals by sinks are increased above the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the registered CDM afforestation or reforestation project activity, in accordance with paragraphs 18–24 below;

(e) Management activities, including harvesting cycles, and verifications are chosen such that a systematic coincidence of verification and peaks in carbon stocks is avoided;

(f) Project participants have specified the approach proposed to address non-permanence in accordance with paragraph 38 below;

(g) The baseline and monitoring methodologies selected by project participants comply with requirements pertaining to:

(i) Methodologies previously approved by the Executive Board; or

(ii) Modalities and procedures for establishing a new methodology, as set out in paragraph 13 below;

(h) Provisions for monitoring, verification and reporting are in accordance with decision -/CP.9, the present annex and relevant decisions of the COP/MOP;

(i) The proposed project activity conforms to all other requirements for afforestation and reforestation project activities under the CDM in decision -/CP.9 (*Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol*), the present annex and relevant decisions by the COP/MOP and the Executive Board.

13. If the designated operational entity determines that the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM intends to use a new baseline or new monitoring methodology, as referred to in paragraph 12 (g) (ii) above, it shall, prior to a submission for registration of this project activity, forward the proposed baseline or monitoring methodology, together with the draft project design document, including a description of the project and identification of the project participants, to the Executive Board for review. The Executive Board shall expeditiously, if possible at its next meeting but not more than four months later, review the proposed new baseline or monitoring methodology in accordance with the modalities and procedures of the present annex. Once the Executive Board has approved the new baseline or monitoring methodology, it shall make it publicly available, together with any relevant guidance and the designated operational entity may proceed with the validation of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM. In the event that the COP/MOP requests the revision of an approved methodology, no afforestation or reforestation project activity under the CDM may use this methodology. The project participants shall revise the methodology, as appropriate, taking into consideration any guidance received.

14. A revision of a methodology shall be carried out in accordance with the modalities and procedures for establishing new methodologies as set out in paragraph 13 above. Any revision to an approved methodology shall be applicable only to project activities registered subsequent to the date of revision and shall not affect existing registered project activities during their crediting periods.

15. The designated operational entity shall:

(a) Prior to the submission of the validation report to the Executive Board, have received from the project participants written approval of voluntary participation from the designated national authority of each Party involved, including confirmation by the host Party that the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM assists it in achieving sustainable development;

(b) In accordance with provisions on confidentiality contained in paragraph 27 (h) of the annex to decision 17/CP.7, make the project design document publicly available;

(c) Receive, within 45 days, comments on the validation requirements from Parties, stakeholders and UNFCCC accredited non-governmental organizations and make them publicly available;

(d) After the deadline for receipt of comments, make a determination as to whether, on the basis of the information provided and taking into account the comments received, the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM should be validated;

(e) Inform project participants of its determination on the validation of the project activity. The notification to the project participants will include a confirmation of validation and the date of submission of the validation report to the Executive Board, or an explanation of reasons for non-acceptance if the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM, as documented, is judged not to fulfil the requirements for validation;

(f) Submit to the Executive Board, if it determines the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM to be valid, a request for registration in the form of a validation report including the project design document, the written approval of voluntary participation from the designated national authority of each Party involved, as referred to in paragraph 15 (a) above, and an explanation of how it has taken due account of comments received;

(g) Make this validation report publicly available upon transmission to the Executive Board.

16. The registration by the Executive Board shall be deemed final eight weeks after the date of receipt by the Executive Board of the request for registration, unless a Party involved in the proposed afforestation

or reforestation project activity under the CDM, or at least three members of the Executive Board, request a review of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM. The review by the Executive Board shall be made in accordance with the following provisions:

(a) It shall be related to issues associated with the validation requirements;

(b) It shall be finalized no later than at the second meeting following the request for review, with the decision and the reasons for it being communicated to the project participants and the public.

17. A proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM that is not accepted may be reconsidered for validation and subsequent registration after appropriate revisions, provided that this afforestation or reforestation project activity follows the procedures and meets the requirements for validation and registration, including those relating to public comments.

18. An afforestation or reforestation project activity under the CDM is additional if the actual net greenhouse gas removals by sinks are increased above the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the registered CDM afforestation or reforestation project activity.

19. The baseline for a proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM is the scenario that reasonably represents the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the proposed project activity. A baseline shall be deemed to reasonably represent the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would occur in the absence of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM if it is derived using a baseline methodology referred to in paragraphs 12 and 13 above.

20. The baseline net greenhouse gas removals by sinks for a proposed afforestation or reforestation project under the CDM shall be established:

(a) By project participants in accordance with provisions for the use of approved and new baseline methodologies, contained in decision -/CP.9 (*Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol*), the present annex and relevant decisions of the COP/MOP;

(b) In a transparent and conservative manner regarding the choice of approaches, assumptions, methodologies, parameters, data sources, key factors and additionality, and taking into account uncertainty;

(c) On a project-specific basis;

(d) In the case of small-scale afforestation and reforestation project activities under the CDM, in accordance with simplified modalities and procedures developed for such activities;

(e) Taking into account relevant national and/or sectoral policies and circumstances, such as historical land uses, practices and economic trends.

21. In calculating the baseline net greenhouse gas removals by sinks and/or actual net greenhouse gas removals by sinks, project participants may choose not to account for one or more carbon pools, and/or emissions of the greenhouse gases measured in CO₂ equivalents, while avoiding double counting. This is subject to the provision of transparent and verifiable information that the choice will not increase the expected net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks. Project participants shall otherwise account for all significant changes in carbon pools and/or emissions of the greenhouse gases measured in CO₂

equivalents by the sources that are increased as a result of the implementation of the afforestation or reforestation project activity, while avoiding double counting.

22. In choosing a baseline methodology for an afforestation or reforestation project activity under the CDM, project participants shall select from among the following approaches the one deemed most appropriate for the project activity, taking into account any guidance by the Executive Board, and justify the appropriateness of their choice:

(a) Existing or historical, as applicable, changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary;

(b) Changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary from a land use that represents an economically attractive course of action, taking into account barriers to investment;

(c) Changes in carbon stocks in the pools within the project boundary from the most likely land use at the time the project starts.

23. The crediting period shall begin at the start of the afforestation or reforestation project activity under the CDM. The crediting period for a proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM shall be either:

(a) A maximum of 20 years which may be renewed at most two times, provided that, for each renewal, a designated operational entity determines and informs the Executive Board that the original project baseline is still valid or has been updated taking account of new data where applicable; or

(b) A maximum of 30 years.

24. An afforestation or reforestation project activity under the CDM shall be designed in such a manner as to minimize leakage.

H. Monitoring

25. Project participants shall include, as part of the project design document, a monitoring plan that provides for:

(a) The collection and archiving of all relevant data necessary for estimating or measuring the actual net greenhouse gas removals by sinks during the crediting period. The monitoring plan shall specify techniques and methods for sampling and measuring individual carbon pools and greenhouse gas emissions by sources included in the actual net greenhouse gas removals by sinks, that reflect commonly accepted principles and criteria concerning forest inventory;

(b) The collection and archiving of all relevant data necessary for determining the baseline net greenhouse gas removals by sinks during the crediting period. If the project uses control plots for determining the baseline, the monitoring plan shall specify techniques and methods for sampling and measuring individual carbon pools and greenhouse gas emissions by sources;

(c) The identification of all potential sources of, and the collection and archiving of data on, leakage during the crediting period;

(d) The collection and archiving of information relating to the planned monitoring and remedial measures referred to in paragraph 12 (c) above;

(e) Collection of transparent and verifiable information to demonstrate that any choice made in paragraph 21 above does not increase the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks;

- (f) Changes in circumstances within the project boundary that affect legal title to the land or rights of access to the carbon pools;
- (g) Quality assurance and control procedures for the monitoring process;
- (h) Procedures for the periodic calculation of the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks due to the afforestation or reforestation project activity and documentation of all steps involved in those calculations, and for the periodic review of implementation of activities and measures to minimize leakage.

26. A monitoring plan for a proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM shall be based on a previously approved monitoring methodology or a new methodology appropriate to the afforestation or reforestation project activity, in accordance with paragraphs 12 and 13 above, that:

- (a) Is determined by the designated operational entity as appropriate to the circumstances of the proposed afforestation or reforestation project activity;
- (b) Reflects good monitoring practice appropriate to the type of afforestation or reforestation project activity;
- (c) Takes into account uncertainties by appropriate choice of monitoring methods, such as number of samples, to achieve reliable estimates of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks;
- (d) In the case of small-scale afforestation and reforestation project activities under the CDM, is in accordance with simplified modalities and procedures developed for such activities.

27. Project participants shall implement the monitoring plan contained in the registered project design document.

28. Revisions, if any, to the monitoring plan to improve the accuracy and/or completeness of information shall be justified by project participants and shall be submitted for validation to a designated operational entity.

29. The implementation of the registered monitoring plan and its revisions, as applicable, shall be a condition for verification, certification and the issuance of tCERs or ICERs.

30. The project participants shall provide to the designated operational entity contracted by the project participants to perform the verification, a monitoring report in accordance with the registered monitoring plan set out in paragraph 25 above for the purpose of verification and certification.

I. Verification and certification

31. Verification is the periodic independent review and ex post determination by the designated operational entity of the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks achieved, since the start of the project, by an afforestation or reforestation project activity under the CDM. Certification is the written assurance by a designated operational entity that an afforestation or reforestation project activity under the CDM achieved the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks since the start of the project, as verified.

32. The initial verification and certification of an afforestation or reforestation project activity under the CDM may be undertaken at a time selected by the project participants. Thereafter, verification and certification shall be carried out every five years until the end of the crediting period.

33. In the case of afforestation or reforestation project activities under the CDM for which ICERs are issued, the CDM registry administrator shall record the date at which each certification report is received.

The CDM registry administrator shall notify the Executive Board of cases where a certification report has not been provided within five years of the last certification, as required in paragraph 32 above. Upon receipt of such notification, the Executive Board shall forthwith notify the project participants of the requirement to provide the outstanding certification report. If the overdue certification report is not received within 120 days after receipt of the notification by the project participants, the Executive Board shall proceed in accordance with paragraph 50 below.

34. In accordance with the provisions on confidentiality in paragraph 27 (h) of the annex to decision 17/CP.7, the designated operational entity contracted by the project participants to perform the verification shall make the monitoring report publicly available, and shall:

- (a) Determine whether the project documentation provided is in accordance with the requirements of the registered project design document and relevant provisions of decision -/CP.9 (*Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol*), the present annex and relevant decisions of the COP/MOP;
- (b) Conduct on-site inspections, as appropriate, that may comprise, inter alia, a review of performance records, interviews with project participants and local stakeholders, collection of measurements, observation of established practices and testing of the accuracy of monitoring equipment;
- (c) Determine whether the socio-economic and environmental impacts were monitored in accordance with the monitoring plan;
- (d) Determine whether there have been any changes in circumstances within the project boundary that affect legal title to the land or rights of access to the carbon pools;
- (e) Review the management activities, including harvesting cycles, and the use of sample plots to determine whether the following have been avoided:
 - (i) A systematic coincidence of verification and peaks in carbon stocks; and
 - (ii) A major systematic error in data collection;
- (f) If appropriate, use additional data from other sources;
- (g) Review monitoring results and verify that the monitoring methodologies have been applied correctly and that their documentation is complete and transparent;
- (h) Recommend to the project participants appropriate changes to the monitoring plan;
- (i) Determine the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks, using monitored or other data referred to in paragraph 34 (a), (b), (f) and (g) above, as appropriate, and calculation procedures as contained in the registered project design document;
- (j) Identify and inform the project participants of any concerns relating to the conformity of the actual afforestation or reforestation project activity under the CDM and its operation with the registered project design document. Project participants shall address the concerns and supply relevant additional information;
- (k) Provide a verification report to the project participants, the Parties involved and the Executive Board. The report shall be made publicly available.

35. The designated operational entity shall, based on its verification report, certify in writing that, since its start, the afforestation or reforestation project activity under the CDM has achieved the net

anthropogenic greenhouse gas removals by sinks. It shall inform the project participants, Parties involved and the Executive Board of its certification decision in writing immediately upon completion of the certification process, and make the certification report publicly available.

J. Issuance of tCERs and ICERs

36. The certification report shall constitute:

(a) Where project participants have chosen the tCER approach to account for non-permanence, a request to the Executive Board for issuance of tCERs equal to the verified amount of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks achieved by the afforestation or reforestation project activity under the CDM since the start of the project activity;

(b) Where project participants have chosen the ICER approach to account for non-permanence and:

(i) Net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks have increased since the previous certification report, a request to the Executive Board for issuance of ICERs equal to the verified amount of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks achieved by the afforestation or reforestation project activity under the CDM since the previous certification;

(ii) Net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks have decreased since the previous certification report, a notification to the Executive Board of the reversal of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks that has occurred at the afforestation or reforestation project activity under the CDM since the previous certification.

37. The issuance of tCERs or ICERs for afforestation and reforestation project activities under the CDM shall be subject to the provisions of paragraphs 65 and 66 of the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7.

K. Addressing non-permanence of afforestation and reforestation project activities under the CDM

38. The project participants shall select one of the following approaches to addressing non-permanence of an afforestation or reforestation project activity under the CDM:

(a) Issuance of tCERs for the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks achieved by the project activity since the project start date in accordance with paragraphs 41–44 below; or

(b) Issuance of ICERs for the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks achieved by the project activity during each verification period, in accordance with paragraphs 45–50 below.

39. The approach chosen to address non-permanence shall remain fixed for the crediting period including any renewals.

40. All provisions of decision 18/CP.7, draft decision -/CMP.1 (*Article 17*) and its annex, decision 19/CP.7, draft decision -/CMP.1 (*Modalities for the accounting of assigned amounts*) and its annex, decision 20/CP.7, draft decision -/CMP.1 (*Article 5.1*) and its annex, decision 22/CP.7, the annex to draft decision -/CMP.1 (*Guidelines for the preparation of the information required under Article 7 of the Kyoto Protocol*) and its annex, decision 23/CP.7 and its annex, draft decision -/CMP.1 (*Guidelines for review under Article 8 of the Kyoto Protocol*) and its annex, and decision 22/CP.8 and its annexes I–III, that pertain to CERs shall also apply to tCERs and ICERs, unless otherwise stated in this annex.

1. Provisions governing tCERs

41. A Party included in Annex I may use tCERs towards meeting its commitment for the commitment period for which they were issued. tCERs may not be carried over to a subsequent commitment period.
42. Each tCER shall expire at the end of the commitment period subsequent to the commitment period for which it was issued. The expiry date shall be included as an additional element in its serial number. An expired tCER may not be further transferred.
43. Each national registry shall include a tCER replacement account for each commitment period in order to cancel AAUs, CERs, ERUs, RMUs and/or tCERs for the purposes of replacing tCERs prior to expiry.
44. A tCER that has been transferred to the retirement account or the tCER replacement account of a Party included in Annex I shall be replaced before its expiry date. To this end, for each such tCER, the concerned Party shall transfer one AAU, CER, ERU, RMU or tCER to the tCER replacement account of the current commitment period.

2. Provisions governing ICERs

45. A Party included in Annex I may use ICERs towards meeting its commitment for the commitment period for which they were issued. ICERs may not be carried over to a subsequent commitment period.
46. Each ICER shall expire at the end of the crediting period or, where a renewable crediting period is chosen in accordance with paragraph 23 (a) above, at the end of the last crediting period of the project activity. The expiry date shall be included as an additional element in its serial number. An expired ICER may not be further transferred.
47. Each national registry shall include an ICER replacement account for each commitment period in order to cancel AAUs, CERs, ERUs and/or RMUs for the purposes of:
- (a) Replacing ICERs prior to their expiry date;
 - (b) Replacing ICERs where the certification report of the designated operational entity indicates a reversal of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks since the previous certification;
 - (c) Replacing ICERs where the certification report has not been provided in accordance with paragraph 33 above.
48. An ICER that has been transferred to the retirement account of a Party included in Annex I shall be replaced before its expiry date. To this end, for each such ICER, the concerned Party shall transfer one AAU, CER, ERU or RMU to the ICER replacement account for the current commitment period.
49. Where the certification report of the designated operational entity indicates a reversal of net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks since the previous certification, an equivalent quantity of ICERs shall be replaced. To this end, the Executive Board shall:
- (a) Request the transaction log administrator to identify the quantity of ICERs issued for the project activity held in each registry not yet replaced or transferred to the ICER replacement account, distinguishing those held in retirement accounts for the current and previous commitment periods and in holding accounts;
 - (b) Immediately notify the transaction log that, in accordance with these modalities, the ICERs identified in paragraph 49 (a) above as being in holding accounts are ineligible for transfer to holding or retirement accounts. When a Party has completed replacement of the required ICERs in accordance with 49 (d) below, the ICERs in the holding accounts of that Party are again eligible for transfer.

(c) Calculate the proportion of ICERs from the project activity to be replaced by dividing the amount specified in the request for replacement by the amount identified in paragraph 49 (a) above;

(d) Notify each Party concerned of the requirement to replace a quantity of ICERs equal to the proportion, as calculated in paragraph 49 (c) above, of the ICERs identified in paragraph 49 (a) above of that Party. To replace an ICER a Party shall transfer one AAU, CER, ERU, RMU or ICER from the same project activity to the ICER replacement account for the current commitment period within 30 days. If the requirement to replace involves a fraction of a unit that fraction of a unit shall be replaced by one AAU, CER, ERU, RMU or ICER from the same project activity.

50. Where the certification report has not been provided in accordance with paragraph 33 above, the ICERs issued for the project activity shall be replaced. To this end, the Executive Board shall:

(a) Request the transaction log administrator to identify the quantity of ICERs issued for the project activity held in each registry not yet replaced or transferred to the ICER replacement account, distinguishing those held in retirement accounts for the current and previous commitment periods and in holding accounts;

(b) Immediately notify the transaction log that, in accordance with these modalities, the ICERs identified in paragraph 50 (a) above as being in holding accounts are ineligible for transfer to holding or retirement accounts;

(c) Notify the Parties concerned of the requirement to replace the ICERs identified in paragraph 50 (a) above. To replace an ICER a Party shall transfer one AAU, CER, ERU, RMU or ICER from the same project activity to the ICER replacement account for the current commitment period within 30 days.

3. The transaction log

51. Each Party included in Annex I shall ensure that its net acquisitions of tCERs and ICERs do not exceed the limits established for that Party as set out in paragraph 14 of the annex to decision -/CMP.1 (*Land use, land-use change and forestry*).

52. tCERs and ICERs may not be transferred to cancellation accounts of Annex I Parties referred to in paragraph 21 (c) and (d) of the annex to decision -/CMP.1 (*Modalities for accounting of assigned amounts*) or, where excess CERs were issued, to the cancellation account of the CDM registry referred to in paragraph 3 (c) of appendix D to the annex to decision 17/CP.7.

53. Expired tCERs and ICERs held in holding accounts of registries, or the pending account of the CDM Registry, shall be transferred to a cancellation account.

54. The transaction log shall verify that there is no discrepancy with regard to the requirements of paragraphs 41 to 53 above as part of its automated checks set out in -/CMP.1 (*Modalities for the accounting of assigned amounts*).

55. The transaction log shall, one month prior to the expiry of each tCER or ICER in a retirement or in a replacement account, notify the Party included in Annex I concerned that a replacement of the tCER or ICER has to occur in accordance with paragraphs 45 or 48 above.

56. Where a Party included in Annex I does not replace tCERs or ICERs in accordance with paragraphs 44, 48, 49 and 50 above, the transaction log shall forward a record of non-replacement to the secretariat, for consideration as part of the review process for the relevant Party, under Article 8, to the Executive Board and to the Party concerned. The Executive Board shall make this information publicly available and include it in its reports to the COP/MOP.

4. Reporting and review

57. Each Party included in Annex I shall include the following information in its report referred to in paragraph 2, section I.E, of the annex to decision -CMP.1 (*Guidelines for the preparation of the information required under Article 7 of the Kyoto Protocol*):

- (a) The quantity of expired tCERs in its retirement account and tCER replacement account;
- (b) The quantity of expired ICERs in its retirement account;
- (c) The quantities of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and tCERs transferred to the tCER replacement account;
- (d) The quantities of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and ICERs transferred to the ICER replacement account.

58. The annual review referred to in paragraph 5, part III of the annex to decision -/CMP.1 (*Guidelines for review under Article 8 of the Kyoto Protocol*) shall include the assessment of whether tCERs and ICERs have been replaced, cancelled, retired or carried over in accordance with this annex.

59. The review upon expiration of the additional period for fulfilling commitments shall include an assessment of whether:

- (a) The quantity of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and tCERs transferred into the tCER replacement account for the commitment period is equal to the quantity of tCERs that were retired or transferred to the tCER replacement account for the previous commitment period;
- (b) The quantity of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and ICERs transferred into the ICER replacement account for the commitment period is equal to the quantity of ICERs that had to be replaced during that commitment period.

60. In its compilation and accounting database referred to in paragraph 50 of the annex to draft decision -/CMP.1 (*Modalities for accounting of assigned amounts*), the secretariat shall annually record for each Party included in Annex I the following information for the previous calendar year and to date for the commitment period, following completion of the annual review under Article 8, including the application of any corrections, and resolution of any relevant questions of implementation:

- (a) The quantity of tCERs retired, including information on their expiry dates;
- (b) The quantity of tCERs cancelled, including information on their expiry dates;
- (c) The quantity of tCERs that expired in the retirement account or the tCER replacement account for the previous commitment period, including information on their expiry dates;
- (d) The quantity of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and tCERs transferred to the tCER replacement account to replace expiring tCERs, including information on the dates of expiry and cancellation;
- (e) The quantity of ICERs retired, including information on their expiry dates;
- (f) The quantity of ICERs cancelled, including information on their expiry dates;
- (g) The quantity of ICERs that expired in the retirement account for previous commitment periods, including information on their expiry dates;
- (h) The quantity of AAUs, CERs, ERUs, RMUs and ICERs transferred to the ICER

replacement account to replace ICERs, including information on the dates of expiry and cancellation.

APPENDIX A

Standards for the accreditation of operational entities in relation to afforestation and reforestation project activities under the CDM

1. Paragraphs 1 and 2 of appendix A of the annex to decision 17/CP.7 on standards for the accreditation of operational entities shall apply, with the following changes:
 - (a) Paragraph 1 (f) (ii) is replaced with “Issues, in particular environmental and socio-economic, relevant to validation, verification and certification of afforestation and reforestation project activities under the CDM, as appropriate”;
 - (b) Paragraph 1 (f) (iii) is replaced with “The technical aspects of afforestation and reforestation project activities under the CDM relevant to environmental and socio-economic issues, including expertise in the setting of baseline net greenhouse gas removals by sinks and monitoring of emissions and removals”;
 - (c) Paragraph 1 (f) (v) is replaced with “Methodologies for accounting of greenhouse gas emissions by sources and removals by sinks”.

APPENDIX B

Project design document for afforestation and reforestation project activities under the CDM

1. The provisions of this appendix shall be interpreted in accordance with the present annex on modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the CDM.
2. The purpose of this appendix is to outline the information required in the project design document. A project activity shall be described in detail in a project design document, taking into account the provisions for afforestation and reforestation project activities under the CDM as set out in the present annex, in particular, section G on validation and registration and section H on monitoring. The description shall include the following:
 - (a) A description of the afforestation or reforestation project activity comprising the project purpose; a technical description of the project activity, including species and varieties selected and how technology and know-how will be transferred, if appropriate; a description of the physical location and boundaries of the project activity; specification of the gases whose emissions will be part of the project activity;
 - (b) A description of the present environmental conditions of the area including a description of climate, hydrology, soils, ecosystems, and the possible presence of rare or endangered species and their habitats;
 - (c) A description of legal title to the land, rights of access to the sequestered carbon, current land tenure and land use;
 - (d) Carbon pools selected, as well as transparent and verifiable information, in accordance with paragraph 21 of the present annex;
 - (e) A proposed baseline methodology in accordance with the present annex, including:
 - (i) In the case of the application of an approved methodology:
 - A statement of which approved methodology has been selected;

- A description of how the approved methodology will be applied in the context of the proposed project activity.
- (ii) In the case of the application of a new methodology:
 - A description of the baseline methodology and justification of choice, including an assessment of strengths and weaknesses of the methodology;
 - A description of key parameters, data sources and assumptions used in the baseline estimate, and assessment of uncertainties;
 - Projections of the baseline net greenhouse gas removals by sinks for a proposed project activity;
 - Potential sources of leakage attributable to the project activity.
- (iii) Other considerations, such as a description of how national and/or sectoral policies and circumstances have been taken into account and an explanation of how the baseline was established in a transparent and conservative manner.
- (f) Measures to be implemented to minimize potential leakage;
- (g) Start date for the project activity, with justification, and the choice of crediting periods during which the project activity is expected to result in net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks;
- (h) Statement of which approach for addressing non-permanence was selected in accordance with paragraph 38 of the present annex;
- (i) Description of how the actual net greenhouse gas removals by sinks are increased above the sum of the changes in carbon stocks in the carbon pools within the project boundary that would have occurred in the absence of the registered CDM afforestation or reforestation project activity;
- (j) Environmental impacts of the project activity:
 - (i) Documentation on the analysis of the environmental impacts, including impacts on biodiversity, natural ecosystems, and impacts outside the project boundary of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM. This analysis should include, where applicable, information on, inter alia, hydrology, soils, risk of fires, pests and diseases;
 - (ii) If any negative impact is considered significant by the project participants or the host Party, a statement that project participants have undertaken an environmental impact assessment, in accordance with the procedures required by the host Party, including conclusions and all references to support documentation.
- (k) Socio-economic impacts of the project activity:
 - (i) Documentation on the analysis of the socio-economic impacts, including impacts outside the project boundary of the proposed afforestation or reforestation project activity under the CDM. This analysis should include, where applicable, information on, inter alia, local communities, indigenous peoples, land tenure, local employment, food production, cultural and religious sites, access to fuelwood and other forest products;

- (ii) If any negative impact is considered significant by the project participants or the host Party, a statement that project participants have undertaken a socio-economic impact assessment, in accordance with the procedures required by the host Party, including conclusions and all references to support documentation.
- (l) A description of planned monitoring and remedial measures to address significant impacts referred to in paragraphs 2 (j) (ii) and (k) (ii) above;
- (m) Information on sources of public funding for the project activity from Annex I Parties which shall provide an affirmation that such funding does not result in a diversion of official development assistance and is separate from and is not counted towards the financial obligations of those Parties;
- (n) Stakeholder comments, including a brief description of the process, a summary of the comments received, and a report on how due account was taken of any comments received;
- (o) A monitoring plan that meets the requirements of paragraph 25 of the present annex:
 - (i) Identification of data needs and data quality with regard to accuracy, comparability, completeness and validity;
 - (ii) Methodologies to be used for data collection and monitoring, including quality assurance and quality control provisions for monitoring, collecting, reporting, and assurance that verification does not coincide with peaks in carbon stocks;
 - (iii) In the case of a new monitoring methodology, a description of the methodology, including an assessment of strengths and weaknesses of the methodology and whether or not it has been applied successfully elsewhere;
 - (iv) Collection of other information as required to comply with paragraph 25 of the present annex.
- (p) Calculations, including a discussion of how uncertainties have been addressed:
 - (i) A description of formulae used to estimate the baseline net greenhouse gas removals by sinks for the project activity;
 - (ii) A description of formulae used to estimate leakage;
 - (iii) A description of formulae used to calculate the actual net greenhouse gas removals by sinks;
 - (iv) A description of formulae used to calculate the net anthropogenic greenhouse gas removals by sinks;
 - (v) References to support the above, if any.

APPENDIX C

Terms of reference for establishing guidelines on baselines and monitoring methodologies for afforestation and reforestation project activities under the CDM

1. All provisions of appendix C to the modalities and procedures for a CDM, contained in the annex to decision 17/CP.7, shall apply to afforestation and reforestation project activities.

APPENDIX D

Additional requirements for the CDM registry to address afforestation and reforestation project activities

1. The CDM registry established and maintained by the Executive Board shall be used to ensure the accurate accounting of the issuance, holding, transfer, acquisition and cancellation of tCERs and ICERs from afforestation and reforestation project activities under the CDM.
2. All provisions of appendix D to the annex to decision 17/CP.7 that apply to CERs shall also apply to tCERs and ICERs, unless stated otherwise in this appendix.
3. In addition to the registry accounts specified in paragraph 3 of appendix D to the annex of decision 17/CP.7, the CDM registry shall have a cancellation account to which tCERs and ICERs that have expired in a holding account of the CDM registry, and ICERs that have become ineligible in accordance with paragraphs 49 and 50 of the present annex, are transferred.
4. Each tCER and ICER shall have an expiry date, specifying day, month and year, as an additional element in its serial number.
5. The CDM registry administrator will record the date in which each certification report for an afforestation or reforestation project activity under the CDM is received. The CDM registry administrator shall notify the Executive Board of cases where a certification report for an afforestation or reforestation project activity for which ICER are issued, has not been provided within five years of the last certification.
6. All information referred to in paragraphs 9 to 12 of appendix D to the annex to decision 17/CP.7 that applies to tCERs and ICERs shall include, as an additional element, the expiry date of each such tCER and ICER.

ANEXO II

Carta Temática com a divisão das Micro bacias que compõe a malha hídrica do Município de São Carlos.



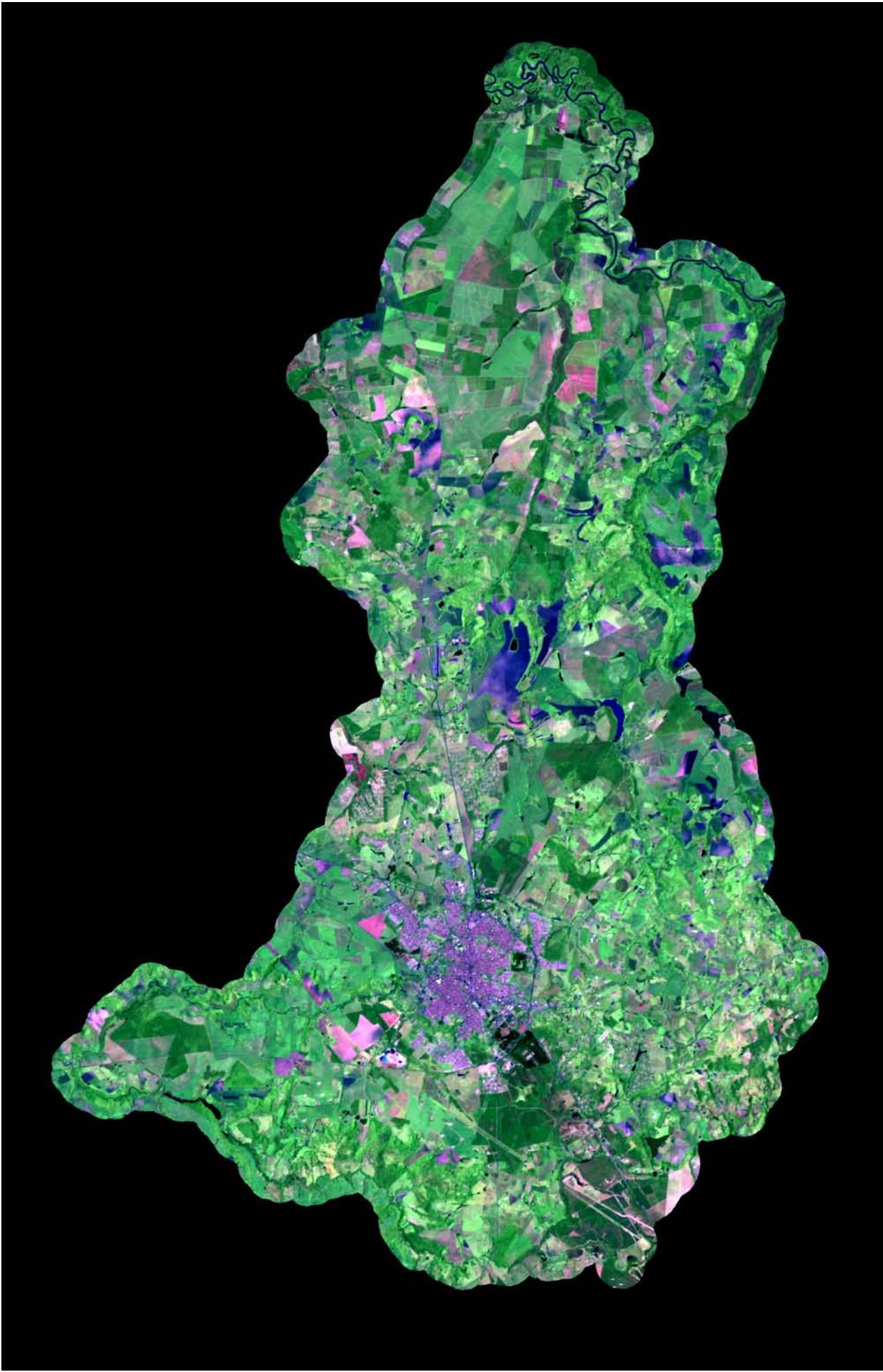
ANEXO III

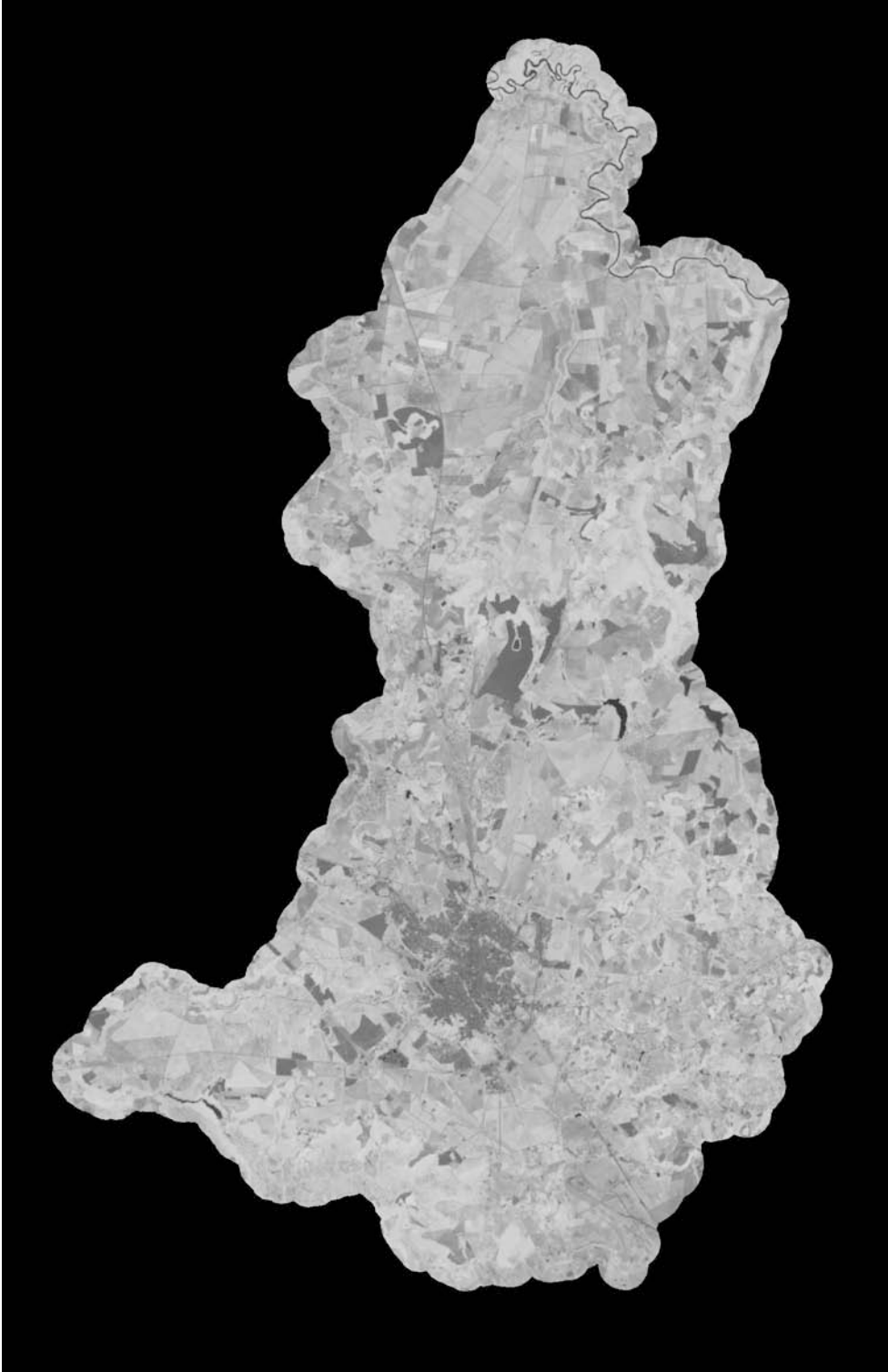
*Carta temática da microbacia do Rio Jacaré-Guaçú
destacando a hidrografia.*



ANEXO IV

Imagens de satélite da região do município de São Carlos. (a) fusão (b) NDVI.





ANEXO V

Lista com os nomes de todas as espécies de árvores encontradas na região de estudo.

Nome popular	Nome científico	Estágio	Nome popular	Nome científico	estágio
abacateiro-do-mato	<i>Persea pyryfolia</i>	c	guapuruvú	<i>Schizolobium parahyba</i>	si
açoita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	si	guaraiúva	<i>Securinega guaraiuva</i>	p
alecrim-de-campinas	<i>Holocalyx balansae</i>	c	guarantã	<i>Esenbeckia leiocarpa</i>	c
algodão-arbóreo	<i>Bastardiopsis densiflora</i>	p	guarítã	<i>Astronium graveolens</i>	st
amarelinho	<i>Terminalia brasiliensis</i>	st	guarucua	<i>Peltophorum dubium</i>	st
amendoim-bravo	<i>Pterogyne nitens</i>	p	guatambú	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	c
amendoim-do-campo	<i>Platypodium elegans</i>	p	ibiraiúva	<i>Melanoxylon brauna</i>	c
angada	<i>Guettarda viburnoides</i>	si	ingá	<i>Inga sessilis</i>	p
angico-branco	<i>Albizia polycephala</i>	si	ingá-mirim	<i>Inga marginata</i>	p
angico-vermelho	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	si	ipê-amarelo-grande	<i>Tabebuia vellosi</i>	st
araribá	<i>Centrolobium tomentosum</i>	si	ipê-do-cerrado	<i>Tabebuia ochracea</i>	si
ariticum-cagão	<i>Annona cacans</i>	si	ipê-felpudo	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	st
ariticum-do-mato	<i>Rollinia sericea</i>	si	ixora-arborea	<i>Ixora arborea</i>	st
aroeira-preta	<i>Myracrodon urundeva</i>	si	jaboticaba	<i>Myrcia cauliflora</i>	st
aroeira-vermelha	<i>Schinus terebinthifolia</i>	p	jaboticabarana	<i>Plinia rivularis</i>	st
arranha-gato	<i>Mimosa uruguensis</i>	p	jacarandá-paulista	<i>Machaerium villosum</i>	st
babosa-branca	<i>Cordia superba</i>	st	jacaré	<i>Piptadenia gonoanthe</i>	p
benjoeiro	<i>Syrax pohlii</i>	si	jaracatiá	<i>Jaracatia spinosa</i>	st
bico-de-pato	<i>Machaerium nycitans</i>	si	jabatá	<i>Hymenaea courbaril</i>	c
brauna	<i>Melanoxylon brauna</i>	p	jequitibá-branco	<i>Cariniana estrellensis</i>	c
cabreuva-amarela	<i>Myrocarpus frondosus</i>	c	jerivá	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	p
cabreuva-vermelha	<i>Myroxylon perufiferum</i>	c	lagarteiro	<i>Casearia sylvestris</i>	p
café-de-bugre	<i>Cordia ecalyculata</i>	st	leiteiro	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i>	p
cafezinho	<i>Maytenus robusta</i>	st	licurana	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	st
caixeta	<i>Croton piptocalix</i>	si	limão-bravo	<i>Seguiera langsdorffii</i>	si
cambará	<i>Aegiphila sellowiana</i>	si	lixreira	<i>Aloysia virgata</i>	p
camboatá-branco	<i>Matayba elaeagnoides</i>	st	louro-falso	<i>Cordia sellowiana</i>	si
camboatá-da-serra	<i>Connarus regnelli</i>	st	louro-pardo	<i>Cordia trichotoma</i>	p
camboatá-vermelho	<i>Cupania vernalis</i>	si	mamãozinho-do-mato	<i>Carica quercifolia</i>	si
cambuá	<i>Myrcia selloi</i>	st	mamica-de-porca	<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	p
canchim	<i>Fuchsia longifolia</i>	c	mandioqueiro	<i>Didymopanax morototoni</i>	st
candéia	<i>Gochmatia polymorpha</i>	p	manga-brava	<i>Protium heptaphyllum</i>	si
canela-amarela	<i>Nectandra lanceolata</i>	si	marfinzinho	<i>Esenbeckia febrifuga</i>	si
canela-batalha	<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	st	maria-faceira	<i>Pisonia ambigua</i>	st
canela-de-viádo(caputuna)	<i>Helietta apiculata</i>	si	maria-farinha	<i>Dyatenopterix sorbifolia</i>	si
canela-do-brejo	<i>Endlicheria paniculata</i>	c	maria-mole	<i>Dendropanax cucumatum</i>	si
canela-do-rio	<i>Nectandra nitidula</i>	si	marinheiro	<i>Guarea guidonia</i>	si
canela-fedida	<i>Ocotea corymbosa</i>	si	marmeleiro	<i>Maprounea guianensis</i>	si
canela-ferrugem	<i>Nectandra rigida</i>	si	marmelinho-do-cerrado	<i>Austroplenckia populnea</i>	si
canela-guaicá	<i>Ocotea puberula</i>	si	monjoleiro	<i>Acacia polyphylla</i>	p
canelão	<i>Ocotea velutina</i>	st	murta	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	st
canela-papagaio	<i>Cinnamomum glaziovii</i>	c	mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	si
canela-sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i>	st	olho-de-cabra	<i>Ormosia arborea</i>	st
canelinha	<i>Nectandra megapotamica</i>	p	orelha-de-burro	<i>Calyptanthes clusiifolia</i>	si
cangalheiro	<i>Lamanonia ternata</i>	st	paineira-rosa	<i>Chorisia speciosa</i>	si
canjambo	<i>Guarea kunthiana</i>	st	palmito	<i>Euterpe edulis</i>	c
canjarana	<i>Cabralea canjerana</i>	c	paricá	<i>Anadenanthera peregrina</i>	si
capitão-do-mato	<i>Terminalia argentea</i>	si	pau-cigarra	<i>Senna multijuga</i>	si
capixingui	<i>Croton floribundus</i>	p	pau-de-alho	<i>Galleisia integrifolia</i>	st
capororoca	<i>Rapanea guianensis</i>	si	pau-fava	<i>Senna macranthera</i>	p
caputuna	<i>Metrodorea stipularis</i>	st	pau-ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i>	c
caroba	<i>Jacaranda micrantha</i>	st	pau-formiga	<i>Triplaris americana</i>	st
carobão	<i>Scianodendron excelsum</i>	st	pau-garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	st
carrapeta	<i>Trichilia hirta</i>	st	pau-pereira	<i>Platycyamus regnelli</i>	si
carvalho-brasileiro	<i>Roupala brasiliensis</i>	st	pau-pólvora	<i>Trema micrantha</i>	p
catereté	<i>Machaerium paraguayense</i>	si	pau-terra-jundiaí	<i>Qualea jundiah</i>	st
catiguá-branco	<i>Trichilia pallida</i>	si	peito-de-pombo	<i>Tapirira guianensis</i>	p
catiguá-vermelho	<i>Trichilia clauseni</i>	st	peroba-café	<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	c
catinga-de-bode	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	st	peroba-poca	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i>	st
catuaba	<i>Eriotheca candolleana</i>	st	peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	c
cedro-rosa	<i>Cedrela fissilis</i>	si	perobinha	<i>Aspidosperma parvifolium</i>	si
cereja-do-RS	<i>Eugenia involucrata</i>	st	pimenta-do-mato	<i>Piper arboreum</i>	p
chupa-ferro	<i>Metrodorea nigra</i>	st	pimenteira	<i>Gomidesia lindeana</i>	si
cocão	<i>Erythroxylum deciduum</i>	si	pindaíba	<i>Duguetia lanceolata</i>	st
copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	si	pindaibuna	<i>Xylopia brasiliensis</i>	st
corticeira-do-banhado	<i>Erythrina crista-galli</i>	p	pindaibuna-do-brejo	<i>Xylopia emarginata</i>	si
dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i>	si	pinha-do-brejo	<i>Talauma ovata</i>	p
embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	p	quaresmeira-do-brejo	<i>Miconia elegans</i>	si
embira-de-sapo	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	si	quina-do-mato	<i>Amaioua guianensis</i>	st
embruçú	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	si	sabão-de-soldado	<i>Sapindus saponaria</i>	si
espeteiro	<i>Casearia gossypiosperma</i>	si	saguaragi	<i>Rhamnidium elaeocarpi</i>	p
espinheira-santa	<i>Maytenus ilicifolia</i>	st	sangra-da-água	<i>Croton urucurana</i>	si
figueira-branca	<i>Ficus guaranitica</i>	c	sapuva	<i>Machaerium stipitatum</i>	p
figueira-da-pedra	<i>Ficus insipida</i>	st	sarandi	<i>Sebastiania membranifolia</i>	si
figueirinha	<i>Margaritaria nobilis</i>	si	sete-capotes	<i>Campomanesia guazumifolia</i>	si
folha-de-castanha	<i>Ouretea castaneaefolia</i>	si	sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i>	st
fumeiro	<i>Solanum granulosum-leprosum</i>	p	tabocuva	<i>Pera glabrata</i>	si
genipapo	<i>Genipa americana</i>	st	taiúva	<i>Maclura tinctoria</i>	st
goiabeira	<i>Psidium guajava</i>	p	tapiá	<i>Alchornea glandulosa</i>	si
grão-de-galo	<i>Celtis pubescens</i>	p	timbozinho	<i>Ateleia glazioviana</i>	si
guabiroba	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	st	timburi	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	p
guaçatonga	<i>Casearia sylvestris</i>	p	unha-de-vaca	<i>Bauhinia forticata</i>	p
guaiuvira	<i>Patagonula americana</i>	p	urtigão	<i>Urera bacifera</i>	si
guamirim	<i>Calyptanthes concinna</i>	si	vacum	<i>Allophylus edulis</i>	si
guamirim-cascudo	<i>Myrcia crassifolia</i>	si	vassourão-branco	<i>Piptocarpha angustifolia</i>	p
guanandi	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	st	virola	<i>Virola sebifera</i>	si

ANEXO VI

*Planilhas completas da simulação utilizando os dados de
LORENZI (2000).*

	min	med	max		min	med	max		min	med	max
primaria	950,8	2087,0	3911,9	primaria	879,9	1953,9	3703,5	primaria	888,3	1596,6	2599,3
secundaria	856,2	1804,3	3262,2	secundaria	721,6	1568,8	2895,1	secundaria	773,8	1344,5	2117,9
climax	2032,2	3415,1	5323,8	climax	1308,9	2227,4	3510,3	climax	1465,1	2129,5	2948,7

biomassa média por hectare (ton)

ton/ha	min	med	max	ton/ha	min	med	max	ton/ha	min	med	max
primaria	713,1	1565,3	2933,9	primaria	659,9	1465,4	2777,6	primaria	666,2	1197,5	1949,5
secundaria	513,7	1082,6	1957,3	secundaria	432,9	941,3	1737,1	secundaria	464,3	806,7	1270,7
climax	304,8	512,3	798,6	climax	196,3	334,1	526,5	climax	219,8	319,4	442,3
total	1531,6	3160,1	5689,8	total	1289,2	2740,8	5041,2	total	1350,3	2323,6	3662,5
carbono	612,6	1264,1	2275,9	carbono	515,7	1096,3	2016,5	carbono	540,1	929,4	1465,0

ANEXO VII

Valores encontrados para quantidade de carbono por hectare para diversos ecossistemas.

Produtividade orgânica dos principais tipos de ecossistema do globo. Os valores de carbono são referentes às quantidades estocadas nas árvores.

TIPO DE ECOSISTEMA	(tC/HA)	REFERÊNCIA
Floresta tropical	165	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Floresta temperada	122	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Floresta boreal	24	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Bosque temperado	80	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Chaparral	32	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Cerrado	29	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Pastagem natural temperada	7	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Tundra ártica e alpina	6	AMTHOR & HOUSTON (1998)
Cana	20	Este trabalho
Pasto	5	Este trabalho
Floresta tropical decídua	42	RESENDE (2001)
Mata ciliar (Rio Paraná)	80	RESENDE (2001)
Cerradão	35	RESENDE (2001)
Capoeira (5 anos)	7	RESENDE (2001)
Capoeira (10 anos)	21	RESENDE (2001)
Capoeira (20 anos)	40	RESENDE (2001)
Floresta em Bragantina	194	RESENDE (2001)
Floresta primária neotrop. (Brasil)	160 a 142	RESENDE (2001)

Referências

AMTHOR, J. S. & HOUSTON, M. 1998. *Terrestrial Ecosystem Responses to Global change: A Research Strategy*. ORNL/TM-1998/27. Oak Ridge National Laboratory.

RESENDE, D.; MERLIN, S. & SANTOS, M. T. 2001. *Seqüestro de carbono: Uma experiência concreta*. Instituto Ecológica. Palmas.

AUTOR, 2002. Estimativas realizadas por Osvaldo Martins.

Para a cana: Produtividade de 82 t de cana por hectare. Com 50% de umidade. Contendo 50% de carbono. Aproximadamente 20 t de carbono por hectare.

Para pasto: Catálogo de produtividade de pastagens. Braquiária com 1 ano. Aproximadamente 5 t de carbono por hectare.