

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da humanidade é desenvolver estratégias que promovam o desenvolvimento social e econômico das diferentes regiões do planeta sem destruir a extraordinária biodiversidade que serve de base para a própria sobrevivência humana (BERTOLINO, 2007). Com a interferência antrópica sobre o planeta, ocorreram inúmeros desequilíbrios ecológicos que causam a degradação e erradicação de ecossistemas naturais o que contribui para a alteração do balanço climático, conhecido como aquecimento global.

Para o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o termo aquecimento global refere-se ao aumento gradual, observado ou projetado, na temperatura da superfície terrestre, como uma das consequências da força da radiação causada por emissões antropogênicas (IPCC, 2007). Desta forma, o aumento da concentração dos gases de efeito estufa, gerado em grande parte por atividades econômicas e industriais, poderá causar um aumento da temperatura média do planeta entre 3° à 5° C nos próximos 100 anos (RENNER, 2004).

A humanidade tem interferido no ciclo perpétuo e estável de carbono que é fixado na biosfera e emitido para a atmosfera através da queima de quantidades cada vez maiores de combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral) e através de queimadas nos desmatamentos (SAMPAIO et al., 2008; OMETTO; MARTINELLI, 2008; PINTO et al., 2009).

Segundo o Quarto Relatório do IPCC (2007), as emissões anuais de carbono pela queima de combustíveis fósseis foram de, aproximadamente, 7,2 bilhões de toneladas; e 1,6 bilhões foram provenientes de mudanças no uso do solo (média dos anos de 2000 a 2005). Segundo o mesmo relatório, no Brasil, 75% das emissões são provenientes de atividades como desmatamento e queimadas. Assim, a busca pela solução dos efeitos das mudanças ambientais globais, em especial das mudanças climáticas é assunto urgente, inevitável e de responsabilidade planetária (PEDRINI, 2009).

Neste contexto, a conservação de florestas naturais, o reflorestamento e o manejo otimizado das plantações florestais são os principais métodos mediante o qual o carbono pode ser fixado. Podem-se levar em conta as perspectivas de incremento das reservas naturais de carbono pelo estabelecimento de novas

plantações florestais, sistemas agroflorestais e pela recuperação de áreas degradadas (SANQUETTA; BALBINOT, 2004).

As plantações florestais utilizando espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (OGMs), porém, são questões polêmicas, resultando no texto da Decisão 19/C.9, que determina que as Partes hospedeiras avaliem, de acordo com suas leis nacionais, os riscos associados ao uso destas espécies, bem como as Partes Anexo I avaliem o uso de Reduções Certificadas de Emissões (tCERs) temporárias e/ou ICERs - longo prazo resultantes de atividades de projeto que utilizam espécies exóticas invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (KRUG, 2004).

No Paraná, as plantações florestais com espécies exóticas tidas como invasoras como *Pinus* spp. em Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral, vem sendo erradicadas em função de políticas e normas como a Portaria-IAP 192/05 e Lista oficial de espécies exóticas invasoras para o Estado do Paraná instituída através da Portaria-IAP 095/07 (IAP, 2007).

Estas políticas e normas norteiam o Programa Estadual de Erradicação de Espécies Exóticas que visa otimizar a conservação da biodiversidade *in situ*, envolvendo todos os níveis de governo no estabelecimento de marcos legais e políticas públicas, incluindo esforços de educação e capacitação que possam atingir técnicos e estender-se ao setor privado e à sociedade civil (IAP, 2008).

O presente estudo contribui para uma discussão acerca da importância da inserção de projetos que visam a restauração da biodiversidade para próxima fase da Convenção do Clima (pós Quioto). Para tal, este trabalho foi desenvolvido na Unidade de Conservação Estadual de Proteção Integral denominada de Parque Estadual do Monge (PEM), Lapa, Paraná, Brasil, onde ocorrem plantações florestais com espécies exóticas invasoras (*Pinus* spp.) e espécies exóticas estabelecidas (*Eucalyptus* spp.) em uma área total de 89 hectares.

Nesta área vem sendo implementada a erradicação e, conseqüentemente, a restauração da biodiversidade nas áreas degradadas pelo reflorestamento. Foram avaliadas apenas as áreas com reflorestamento de *Pinus* spp. sobre afloramentos rochosos (62,3 hectares) devido à alta fragilidade destes ambientes de transição entre o patamar montano da Floresta Ombrófila Mista e a região denominada de campos limpos (MAACK, 1981). Foram efetuados dois levantamentos em campo: a quantificação da biomassa no reflorestamento da espécie *Pinus* spp. e o

levantamento fitossociológico das floresta nativa visando o cálculo do CO₂ (dióxido de carbono) removido da atmosfera até o ano do inventário florestal (2003) pelo reflorestamento, e comparação com literatura especializada e que se refere às florestas nativas.

Considerando que a área estudada caracteriza-se como um ambiente de alta fragilidade ambiental, aliado à pouca disponibilidade de estudos disponíveis relacionados ao tema, justifica-se a implementação dos referidos levantamentos para estabelecer uma base de informações que enfatizem a importância da restauração da biodiversidade nas discussões dos projetos florestais no mercado de carbono.

A restauração dos processos ecológicos desses ecossistemas visa o retorno dos mesmos serviços ambientais anteriores à degradação, especialmente a melhoria na qualidade da água, redução da erosão, alimento para fauna e biodiversidade. Dessa forma, projetos que visem a restauração da biodiversidade em áreas degradadas e sua valoração devem ser incluídos no Mercado de Carbono como potenciais à obtenção dos respectivos créditos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo principal

Avaliar a fixação de carbono (C) em povoamentos com espécies exóticas (*Pinus* spp.) sobre afloramento rochoso em Unidade de Conservação Estadual – Parque Estadual do Monge – Lapa, PR, Brasil, bem como efetuar levantamento fitossociológico de floresta nativa remanescente em ambiente similar como subsídio à discussão da inserção da biodiversidade no mercado de carbono.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a fixação de carbono em povoamento de *Pinus* spp. sobre afloramento rochoso e descrever o sistema de beneficiamento da madeira adotado (sumidouro).

- Construir base de informações da floresta nativa através de levantamento fitossociológico visando subsidiar futuro monitoramento da restauração da biodiversidade das áreas degradadas;
- Estimar a fixação de carbono florestal da floresta nativa estudada por meio de informações referenciadas em literatura especializada;
- Discutir a importância da inserção da restauração de áreas degradadas e reabilitação da biodiversidade no Mercado de Carbono para o próximo período de compromisso da Convenção do Clima.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONVENÇÃO DO CLIMA, PROTOCOLO DE QUIOTO, O MERCADO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL) E MERCADO VOLUNTÁRIO

Em Junho de 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro e conhecida como Cúpula da Terra, foi negociada e assinada por 175 países, mais a União Européia, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (FERRETTI, 2006).

Desde 1995, as Partes tem se reunido para discutir o problema do efeito estufa e tentar encontrar soluções para o problema apresentado e as ações propostas durante a Conferência das Partes (COP) deram ênfase à utilização de mecanismos de mercado, visando à redução dos custos da mitigação do efeito estufa (ROCHA, 2003).

Durante a Terceira Conferência das Partes, na cidade de Quioto, no Japão, negociou-se que, para o horizonte compreendido entre os anos de 2008 e 2012, as emissões sejam reduzidas em 5,2%, na média, com relação aos níveis de 1990, para dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (FERRETTI, 2006). De acordo com o mesmo autor, o Protocolo de Quioto inclui três mecanismos que dão flexibilidade ao cumprimento da Convenção: Execução Conjunta, Comércio de Emissões e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Segundo Krug (2004), o MDL consiste no único mecanismo oficial que contempla a participação de países não industrializados (não Anexo I), visando auxiliar os países industrializados (Anexo I) a atingir as suas metas de redução de emissões, contribuindo também

para o desenvolvimento sustentável das Partes não Anexo I que hospedem este tipo de projeto.

Os projetos de florestamento e reflorestamento representam, portanto, uma categoria de remoção de emissões elegíveis no MDL (KRUG, 2004), porém os setores de energia e transporte são os que têm maior potencial por demanda de projetos (FERRETTI, 2006). Segundo Rocha (2004), a participação brasileira no mercado de carbono chega a apenas 3,4% do mercado de emissões certificadas de carbono (RCE) e aumenta nos cenários alternativos porque leva em consideração os projetos de uso do solo, *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF).

A partir do Protocolo de Quioto, houve uma tendência natural de se ampliar a busca por projetos florestais (FERRETTI, 2006). Neste contexto, surge uma oportunidade de investimento com capital advindo dos países do Anexo I para ampliação e consolidação da base florestal brasileira (RENNER, 2004). O Brasil pode se beneficiar com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), com projetos de substituição de fontes energéticas poluidoras e projetos florestais como o reflorestamento, a silvicultura e o enriquecimento de florestas degradadas (PINTO et al., 2009). Além disso, existem muitas áreas degradadas que podem se prestar bem aos propósitos do Protocolo de Quioto (DALLA-CORTE, 2005).

As áreas a serem reflorestadas e/ou florestadas, para serem elegíveis ao MDL, conforme o estabelecido no Acordo de Marraqueche (2001) devem ser caracterizadas como não florestais, sendo que para reflorestamentos não deviam existir florestas nas áreas em 31 de dezembro de 1989 e para florestamento que as áreas não contivessem florestas por um período de pelo menos 50 anos. Segundo Rocha (2003), neste acordo ficou definido que as áreas de conservação florestal não são elegíveis no Protocolo de Quioto, portanto, a manutenção das áreas florestais já existentes com a finalidade de serem conservadas, ficou de fora do MDL no primeiro período de compromisso.

Em julho de 2001, participantes de uma reunião realizada em Bonn decidiram que o florestamento e o reflorestamento serão as únicas atividades de gestão de uso da terra passíveis de se candidatarem ao MDL e que essas atividades podem ser implantadas em grande ou pequena escala, fazendo-se uso de uma ou várias espécies florestais e envolvendo áreas florestais ou sistemas agrícolas, tais como: estabelecimento de plantios em áreas comunitárias; reflorestamento de áreas

marginais com espécies nativas, por exemplo, áreas ripárias, encostas, áreas de entorno e entre fragmentos existentes de floresta nativa (por meio do plantio e da regeneração natural); novas plantações em escala industrial (florestamento); estabelecimento de plantações para produção de biomassa e geração de energia para substituição de combustíveis fósseis; plantações em pequena escala feitas por pequenos fazendeiros; introdução de árvores em sistemas agrícolas existentes (agrosilviculturais) e recuperação de áreas degradadas pelo do plantio de árvores ou de regeneração natural assistida (DALLA-CORTE, 2005).

Os Estados Unidos da América não ratificaram o Protocolo de Quioto e, embora reconheça a problemática do Efeito Estufa, o país busca outros mecanismos que considera mais efetivos no combate às mudanças climáticas. Esta foi a opção de empresas como: Klabin, Cia. Suzano, VCP e Aracruz que buscaram a comercialização dos créditos na Bolsa do Clima de Chicago (*Chicago Climate Exchange*, CCX). Estas negociações são as chamadas negociações bilaterais entre compradores e vendedores que estão ocorrendo em várias partes do mundo (DALLA-CORTE; SANQUETTA, 2007).

O mercado voluntário, por não ter regras estabelecidas, ou por ter bem menos regras formais, passou a ganhar mais espaço. Ao mesmo tempo o setor produtivo também percebeu que o *Marketing Verde* pode ser uma ferramenta diferencial para a concorrência (CHANG et al., 2009). A demanda neste mercado é impulsionada pelo desejo de empresas em demonstrar sua responsabilidade social e ambiental, tornando mais bem vista sua imagem. Neste tipo de mercado os títulos negociados são oriundos em sua maior parte de projetos que trazem benefícios à comunidade ou fortes componentes de sustentabilidade (REZENDE, 2008; COELHO, 2007).

A neutralização de carbono, neste caso, pode ser feita a partir da compra de créditos de carbono voluntários, *Voluntary Emission Reduction* (VER), e os participantes deste mercado concordam em reduzir suas emissões e seguir regras de monitoramento onde as emissões devem ser superiores a 250 mil toneladas de CO₂ equivalente para serem válidas (COELHO, 2007).

2.2 REDUÇÃO DE EMISSÕES POR DESMATAMENTO E DEGRADAÇÃO (REDD), SERVIÇOS AMBIENTAIS E CRIAÇÃO DE FUNDO PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES

Desde o ano de 1850, a mudança do uso do solo aliada ao desmatamento geraram um fluxo estimado de 120 bilhões de toneladas de carbono da biosfera para a atmosfera, daí a necessidade de um grande programa de reflorestamento, junto com a diminuição ou total paralisação dos desmatamentos (RENNER, 2004).

As emissões líquidas de CO₂ causadas pelas mudanças de uso da terra em todo o Brasil foram estimadas em 722 Gt CO₂, para cada ano do período 1988 - 1994, segundo o Primeiro Inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa (MCT, 2006). Segundo este inventário a Floresta Atlântica contribuiu com 41,3 Tg CO₂ para o mesmo período, contribuindo com 6% das emissões em relação aos demais biomas.

Ferreti e Britez, (2006), alegaram que a recuperação de áreas degradadas, aliada à manutenção de áreas florestais, além de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, contribui para a conservação da biodiversidade, a qualidade das águas e a permeabilidade dos solos, garantindo seus serviços ambientais. Segundo Renner (2004) e Arévalo et. al (2002), quando as florestas secundárias e terras degradadas são manejadas sustentavelmente ou protegidas, as mesmas regeneram-se naturalmente e começam a absorver grandes quantidades de carbono.

A inclusão da recuperação de áreas degradadas e a manutenção de áreas florestais num mercado financeiro já foi citada no ano de 1997, por Fearnside, onde o mesmo informa que a conversão de serviços ambientais em fluxos monetários exige a transposição de inúmeros obstáculos tais como a quantificação segura do valor dos serviços oferecidos (FEARNSIDE, 1997).

Pinto et al. (2009) afirmam que, no que tange as emissões florestais de carbono, o debate sobre as negociações para um período pós 2012 (após o término do Período do Protocolo de Quioto) reconhece a importância da inclusão de incentivos positivos e a consideração do papel da conservação e dos estoques de carbono das florestas. O objetivo, lembram os autores, é de que até 2009 um mecanismo de REDD seja incorporado no acordo de clima que sucederá o Protocolo de Quioto após 2012, embora propostas para usar medidas que evitam o

desmatamento tropical como meio de mitigar o efeito estufa foram fontes de controvérsia considerável.

Os projetos de REDD estão em fase de experimentação em países tropicais e, atualmente, estão operando em mercados de carbono voluntários, já que o mercado de carbono formal para REDD só está previsto para começar a funcionar após 2012, no entanto, experiências inovadoras podem prover subsídios e influenciar as negociações para o período pós 2012, além de contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, preservar as florestas e a biodiversidade (PINTO et al., 2009).

Segundo Parker et al. (2009), existem três atividades que podem ser elegíveis no escopo do REDD, baseadas nos fluxos de carbono entre a Terra e a atmosfera, sendo elas: Redução de emissões por desmatamento (RED), Redução de emissões por desmatamento e degradação (REDD) ou Redução de emissões por desmatamento e degradação e incremento dos estoques de carbono (REDD+) que refere-se (+) a seqüestro de carbono ou remoções de carbono da atmosfera.

Serviços ambientais, por sua vez, são processos gerados pela própria natureza através de seus ecossistemas, com a finalidade de sustentar a vida na Terra, sendo responsáveis pela manutenção da biodiversidade, o que permite a geração de produtos como a madeira, fibra, peixes, remédios, sementes, combustíveis naturais etc., e que são consumidos pelo homem (PINTO et al., 2009).

Hosokawa et al. (1998) cita que os serviços ambientais das florestas têm, durante os últimos anos, recebido crescente atenção, principalmente no que se refere ao seu potencial de contribuir com a redução do “efeito estufa”, por meio da sua capacidade de armazenar carbono durante o processo natural de produção de biomassa. Citam ainda que algumas estratégias têm sido avaliadas de acordo com o objetivo de manter estes serviços ambientais; a conservação das reservas existentes e a expansão da atual cobertura florestal. Estas propostas se apresentam como uma oportunidade social e ambientalmente sadia de crescer o estoque de carbono terrestre e atenuar o crescimento da concentração do gás carbônico atmosférico.

O Brasil propõe o estabelecimento de um fundo voluntário no qual os países desenvolvidos forneçam novos recursos financeiros a serem acrescentados a financiamentos já existentes. Os países em desenvolvimento terão direito a incentivos financeiros a serem acessados posteriormente, após demonstrarem, de

forma transparente e confiável, que reduziram suas emissões de desmatamento (PARKER et al., 2009).

Dentre as propostas não governamentais destacamos a do Greenpeace, em que um fundo é vinculado ao mercado para financiar o REDD, porém, um elemento crítico dessa proposta é atingir, tanto objetivos de clima quanto de biodiversidade, respeitando os direitos de comunidades locais e povos indígenas (PARKER et al., 2009). Os mesmos autores citam, ainda as reduções de emissões geradas por meio de um fundo não podem ser utilizadas para fins de cumprimento de metas no mercado oficial de carbono e, no entanto, uma abordagem vinculada ao mercado pode gerar recursos através de vários mecanismos e a combinação de diferentes mecanismos financeiros será necessária para cobrir os estágios de desenvolvimento e necessidades de países detentores de florestas tropicais.

2.3 FIXAÇÃO DE CARBONO FLORESTAL E A INSERÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO MERCADO DE CARBONO

O sequestro florestal de carbono na Convenção do Clima refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural de sequestrar o CO₂ pelos vegetais através da fotossíntese, cujo processo permite fixar o carbono em forma de matéria lenhosa nas plantas (CHANG, 2004).

As florestas são importantes para o equilíbrio do estoque de carbono global, pois armazenam na fitomassa e no solo mais carbono do que existe atualmente na atmosfera (MIRANDA, 2008). Este mesmo autor afirma que a fixação de carbono florestal se dá pelo acúmulo do carbono na fitomassa florestal e no solo, entretanto, os valores de carbono fixado pelas florestas podem variar enormemente de região para região, de acordo com a tipologia florestal, solos e manejos florestais.

Um dos aspectos mais relevantes nos estudos de fixação de carbono em florestas, sem sombra de dúvidas, é a variável biomassa, a qual precisa ser determinada e estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais (SANQUETTA; BALBINOT, 2004).

Watzlawick (2003) ao realizar estudo relacionado a estimativa de biomassa e carbono fixado em povoamento de *Pinus taeda* L., efetuou a interação de imagens do satélite IKONOS II e utilização de métodos destrutivos e não destrutivos. Esta

metodologia possibilitou estimativas em menor tempo e menores custos, bem como um mapeamento para áreas com as mesmas tipologias, devendo-se para tal, dispor de informações prévias (levantamentos de biomassa, carbono e equações) do ecossistema em questão na quantificação.

O Guia de Boa Prática para Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Floresta do IPCC, apresenta as definições para os seguintes reservatórios de carbono: biomassa viva (acima e abaixo do solo); matéria orgânica morta, (madeira morta, serrapilheira); e matéria orgânica do solo (IPCC, 2003).

O conhecimento dos teores de carbono presentes na biomassa é de fundamental importância para se poder quantificar um determinado ecossistema com relação à quantidade de carbono fixada como para poder realizar uma avaliação adequada dos impactos que supostamente a retirada do material (biomassa) possam vir a provocar no ambiente (WATZLAWICK; KIRCHNER, 2004). Os mesmos autores afirmam que os teores variam em função da espécie considerada, bem como dos diferentes componentes da planta.

A falta de conhecimento, o imediatismo e a superficialidade de muitos interessados nos estudos de fixação de carbono nas florestas, porém, vêm provocando o uso indiscriminado de percentuais da ordem de 50% provocando a geração de estimativas totalmente irreais (SANQUETTA, 2002).

As florestas de restauração possuem uma enorme capacidade em fixar carbono em sua biomassa por meio da fotossíntese, no entanto, pouco se sabe a respeito do estoque de carbono nesse ecossistema. Por isso, cresce a cada dia que passa o interesse pelos estudos acerca da biomassa e do conteúdo de carbono estocado nas mais diferentes tipologias florestais, motivando assim muitos pesquisadores e instituições a desenvolver estudos sobre o tema (CARNEIRO, 2008).

De acordo com Brites et al. (2004), um dos aspectos mais importantes na implantação de projetos de sequestro de carbono, sejam estes florestais ou mudanças de solo, é a capacidade de quantificar, com alto grau de precisão a quantidade de carbono existente na área e se ele vai ser capturado pelo processo de restauração florestal.

Estudos de fixação de carbono sem uma avaliação concisa e fidedigna de biomassa e sem um trabalho sério de inter-relação entre as distintas frações da mesma com os teores de carbono conduz seguramente a informações sem valor

científico (SANQUETTA, 2002). Ainda segundo este autor, o emprego de métodos apropriados, pelo contrário, garantem resultados satisfatórios e sucesso na avaliação da fixação de carbono pelas florestas.

Segundo Sanquetta et al. (2004), as determinações e estimativas de biomassa requerem intenso trabalho de campo e não podem ser realizadas em grandes extensões. Pelo contrário, é preciso concentrar o trabalho para que se possa obter informações específicas que serão então empregadas em extrapolações para a área alvo em maior grau de abrangência espacial. Genericamente, os métodos de amostragem de biomassa podem ser enquadrados em duas grandes categorias: método da árvore individual (árvores-amostra são eleitas para que determinações diretas de corte e pesagem de biomassa sejam realizadas) e método de parcela (unidade de área pré definida e toda a biomassa ali contida é determinada).

A capacidade de absorção e fixação de carbono pelas árvores varia em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros. Geralmente as florestas secundárias e em regeneração fixam mais carbono em relação às florestas primárias e as plantações maduras que atingem um estágio de equilíbrio quanto a absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (ARÉVALO et al, 2002).

Devido à elevada taxa de crescimento e com isto tendo também uma elevada capacidade de fixar CO₂ da atmosfera, o interesse em relação às florestas plantadas como fixadoras de carbono já é evidente (BALBINOT et al., 2003).

No entanto, uma das questões polêmicas discutidas na 9^o Conferência das Partes (COP 9) realizada em Milão, referiu-se à utilização de espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (OGMs) nas atividades de projetos de florestamento/reflorestamento no MDL. Após intensas negociações, a Decisão 19/CP.9, indica que as Partes hospedeiras avaliem, de acordo com suas leis nacionais, o uso de tCERs e/ou ICERs resultantes de atividades de projeto que utilizam espécies exóticas potencialmente invasivas e/ou organismos geneticamente modificados (KRUG, 2004).

Kill (2003) apud May et al. (2005), informa que alguns grupos da sociedade civil chamaram a atenção para as ameaças e riscos aos sistemas humanos e ambientais implícitos na comercialização dos créditos de carbono, levando à

expansão de plantações florestais em larga escala de árvores em monocultura. Poggiani (1996) afirma que o efeito da floresta plantada pode ser ainda mais drástico em relação às espécies raras que ocorrem nas matas tropicais e cuja biologia reprodutiva é pouco conhecida, como no caso da Floresta Ombrófila Mista.

Brack (2009) atesta que as monoculturas arbóreas não podem ser consideradas florestas, pois negam os elementos mais básicos dos sistemas naturais onde a diversidade e a estratificação são ausentes e a fauna é profundamente escassa. Ressalta ainda os impactos da utilização dos biocidas e dos insumos químicos, que são instrumentos inerentes deste sistema de homogeneidade arbórea produtivista.

Boelter e Fonseca (2007) testaram como a abundância, a riqueza e composição de epífitos vasculares são afetadas pela substituição da Floresta com Araucária por monoculturas arbóreas e concluíram que mesmo em idades avançadas, estas monoculturas não contribuem para a conservação das epífitas vasculares, essenciais para a manutenção da diversidade biológica e para o equilíbrio ecológico.

Chang, et al. (2009), frisam que o processo de fragmentação de remanescentes florestais nativos, por si só, gera uma série de problemas isolados, como o desaparecimento das espécies, endogamia e crescimento excessivo de certas populações, transformando-as em pragas, dentre outros.

À medida que a floresta plantada se desenvolve, ocorrem variações nas características climáticas do local, principalmente em relação à temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento, energia radiante que incide sobre o solo, alterando a estrutura da comunidade microbiana (POGGIANI, 1996).

Chang (2004) concluiu que o carbono florestal pode constituir-se em uma oportunidade de recursos para projetos de MDL, desde que utilizado como um instrumento de política pública, inserido em uma estratégia de desenvolvimento nacional. CHANG et al., (2009) cita que a possibilidade da venda de serviço do carbono e as perspectivas promissoras deste mercado constituem uma oportunidade singular para a recuperação das florestas nativas, onde para ser sustentável ao país, o MDL ainda teria que incorporar a questão ecológica local e a questão social, na perspectiva de construção de um desenvolvimento

A adoção do princípio de sustentabilidade foi incorporada ao artigo 12 do Protocolo de Quioto, o qual determina que os projetos de MDL devem contribuir para

o desenvolvimento sustentável do país hospedeiro de acordo com os critérios próprios que cada nação define para tal desenvolvimento (MAY, et al., 2005). No entanto, a conservação florestal, que é a manutenção das áreas florestais já existentes com a finalidade de serem conservadas não entrou em vigor no MDL no primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto (REI & CUNHA, 2005).

Segundo Brites et al.(2006), para que o projeto cumpra seus diversos fins incluindo o de conservação da biodiversidade, deve se estruturar em vários princípios, aos quais se inclui a Restauração Florestal que deve desenvolver tecnologias que permitam que os ambientes degradados existentes retornem o mais próximo da sua situação original e obtenham créditos de carbono.

Alguns trabalhos mostram a importância e complexidade dos ecossistemas da floresta natural, e na sua participação no processo de fixação de carbono (WATZLAWICK et al., 2004). Os mesmos autores citam ainda, que a conservação de florestas nativas e de toda a sua biodiversidade gera benefícios ambientais e socioeconômicos, pela geração de emprego e renda, bem como através da recomposição de áreas degradadas, e coleta de produtos não madeiráveis – serviços ambientais.

Em Guaraqueçaba e Antonina, no Paraná, a SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental) vem desenvolvendo entre diversos projetos, o seqüestro de carbono, contando como o apoio da *The Nature Conservancy* (TNC). O projeto tem como meta recuperar em torno de 20 mil hectares de área degradada divididos em três regiões - Reserva Natural Serra do Itaqui, Reserva Natural Morro Azul e Reserva Morro da Mina, além da recuperação, a proteção vitalícia e a manutenção do abastecimento de água para a cidade (RENNER, 2004; CHANG, 2004).

Na região Noroeste do Paraná, com o intuito de recuperar áreas de reserva legal, foi concebido o Projeto “Coopercarbono – cooperativa de produtores Familiares de Carbono”, o qual está sendo coordenado pelo Programa Paraná Biodiversidade, em parceria com a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas e EMATER. Este projeto está sob o âmbito de MDL, na modalidade de Projetos de Pequena Escala e traz uma proposta de contribuição para o desenvolvimento sustentável local (CHANG et al., 2009).

Sabe-se que o clima está intimamente ligado à biodiversidade e que a manutenção da biodiversidade está ligada ao clima. Se por um lado, o clima determina a quantidade, a distribuição e quais serão os seres vivos que permanecerão, por outro, a composição de espécies e o funcionamento de cada uma, quando trabalhado em conjunto, geram propriedade emergentes que produzem um padrão de funcionamento do clima (BUCKERIDGE, 2007; FEARNSIDE, 2008; PINTO et al, 2009).

Nesse contexto de mudanças climáticas, nota-se que há uma relação de retroalimentação positiva entre o carbono de biomassa e o efeito estufa (FEARNSIDE, 2008). Com a perda das árvores, que são os principais organismos processadores e armazenadores de carbono no planeta, com cerca de 200 bilhões de toneladas, mais CO₂ ficaria livre na atmosfera, aumentando ainda mais a temperatura e piorando o problema (BUCKERIDGE, 2007).

2.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCs) E A ECOLOGIA DA RESTAURAÇÃO COM ÊNFASE NA ERRADICAÇÃO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS EXÓTICAS INVASORA

A capacidade de regeneração do Planeta atingiu o ponto de saturação, e o próprio desenvolvimento começa a ser limitado por fatores como o desaparecimento de florestas ou a desertificação de grandes áreas de solos férteis (CASAGRANDE; UMEZAWA, 2004). Os remanescentes florestais em bom estado de conservação são raros e devem ser vistos pelo Estado como bens valiosos. Qualquer diminuição em sua área é irreparável, pois são as últimas reservas de algumas espécies da fauna e da flora paranaense (CHANG, et al., 2009).

As Unidades de Conservação representam, portanto, uma das melhores estratégias de proteção do patrimônio natural (SESSEGOLO, 2006).

Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), uma UC é um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (MMA, 2002).

Considerando-se os objetivos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, e sua função e importância para a sociedade, o objetivo final da

recuperação de áreas degradadas em UC's deve ser restaurar os ecossistemas o mais próximo possível das suas condições originais (SESSEGOLO, 2006).

Segundo Kageyama e Gandara, 2002, a biodiversidade tem sido considerada a maior riqueza dos ecossistemas tropicais, portanto a restauração dos que estão degradados deve considerar esta diversidade, na tentativa de reconstruir tais ecossistemas, de modo que se resgate um mínimo da forma e função que lhe são inerentes.

As UC's devem estar focadas no manejo ecossistêmico e no equilíbrio natural, restaurando-se fontes de alimento e abrigo para a fauna, através do uso de biodiversidade nativa e substituição de espécies exóticas (ZILLER, 2004).

Espécies exóticas são aquelas que ocorrem numa área fora de seu limite natural historicamente reconhecido, como resultado de dispersão acidental ou intencional por atividades humanas (Instituto de Recursos Mundiais; Programa para as Nações Unidas para o Meio Ambiente, 1992). Estas espécies, uma vez introduzidas, adaptam-se e reproduzem-se a ponto de substituir espécies nativas e alterar processos ecológicos naturais, tornando-se dominantes após um período mais ou menos longo, requerido para sua adaptação (ZILLER, 2004). O potencial de espécies exóticas de modificar sistemas naturais é de tal ordem que as plantas invasoras são atualmente consideradas a segunda maior ameaça à biodiversidade (ZILLER, 2006). Dada a escala em que se encontram diversas áreas invadidas e a falta de políticas de prevenção ao problema, a contaminação biológica se equipara à conversão de ambientes para uso humano e a mudanças climáticas como um dos mais importantes agentes de mudança global por causa antrópica.

Ainda segundo Ziller, 2006, a introdução de espécies de *Pinus* spp. em uma unidade de conservação acarreta redução na diversidade estrutural, o que reduz o valor da comunidade como hábitat para a vida selvagem.

O sequestro de carbono somente ocorre enquanto as árvores e a floresta estão crescendo, tornando assim importante e atrativo a recuperação dos ecossistemas naturais em áreas degradadas, por meio da regeneração, adensamentos, aumentando consideravelmente a biomassa, conseqüentemente o estoque de carbono fixado. A implantação ou recuperação das mesmas possibilita oportunidade de negócios voltados ao desenvolvimento de projetos de conservação, preservação ou mesmo com a recuperação de áreas degradadas, tornando muitas

vezes possível a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentado (WATZLAWICK et al., 2002).

Cabe ao gestor da Unidade de Conservação identificar potenciais projetos de MDL tanto em áreas próprias quanto no entorno. Recursos do MDL podem ser um estímulo a mais para que, por exemplo, propriedades vizinhas promovam a recuperação de áreas degradadas, restaurem áreas de preservação permanente e reservas legais, ou implantem corredores (FERRETI, 2006).

Dobson (1997) citado por Primack e Rodrigues (2001) atesta que a restauração de ecossistemas degradados representa uma oportunidade para a biologia da conservação e a ecologia da restauração e pode ser definida como “o processo de alterar intencionalmente um local para restabelecer um ecossistema que ocupava aquele local originalmente”. Afirma ainda, que neste sentido, a ecologia da restauração pode ser vista como uma metodologia experimental que interage com o conhecimento obtido na pesquisa básica de ecossistemas intactos dando oportunidade de se reconstituir comunidades, na sua íntegra e de modos diversos, a fim de verificar se estas funcionam bem, e de testar idéias em uma escala maior, o que seria impossível de outra forma.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No início do século XX aproximadamente 35% da cobertura vegetal dos Estados do Sul do Brasil estavam representados pela Floresta Ombrófila Mista. O intenso processo de exploração predatória fez com que as reservas naturais dessa espécie estejam atualmente limitadas a valores estimados entre 2% e 4% da área original (GUERRA et al., 2000).

A maior parte desse remanescente é constituída de fragmentos, muitas vezes alterados em sua composição e estrutura e desconectados entre si. Essas áreas, em diferentes graus de antropismo, compõem atualmente um mosaico de formações em distintas fases sucessionais e com grandes variações florísticas e estruturais.

3.1.1 Floresta Ombrófila Mista (F.O.M.)

A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como “mata de araucária ou pinheiral”, é um tipo de vegetação do planalto meridional onde ocorria com maior frequência. A composição florística deste tipo de vegetação, caracterizado por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria* (Australásicos) e *Podocarpus* (Afro-Asiático), sugere em face da altitude e da latitude do planalto meridional, uma ocupação recente, a partir de refúgios altomontanos apresentando quatro formações diferentes: aluvial, em terraços antigos situados ao longo dos flúvios; Submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; Montana, de 40 até mais ou menos 1000 m de altitude e Altomontana a mais de 1000 m de altitude (IBGE, 1992).

A área original da Floresta Ombrófila Mista ou Floresta de Araucária no Paraná foi reduzida de 73.780 km², ou seja, de 36,97% da superfície do Estado em 1895, para 1.180 km², ou seja, 0,59% do Estado no ano de 1994 (SANQUETTA; TETTO, 2000).

A condução de estudos e estratégias que conservem este bioma é, portanto, de fundamental importância para impedir a extinção de diversos grupos de organismos ameaçados e permitir a continuidade dos processos ecológicos que

ocorrem nas áreas ainda preservadas, como no caso do Parque Estadual do Monge, na cidade de Lapa, Paraná.

3.1.2 Parque Estadual do Monge (PEM)

O Parque Estadual do Monge é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral e foi criado pela Lei Estadual nº 4.170 de 22 de fevereiro de 1960 estando localizado no município da Lapa, Estado do Paraná. Possui como centro as coordenadas geográficas 49° 41' de Longitude Oeste e 25° 46' de Latitude Sul, a uma distância de, aproximadamente, 3 km da sede do município (IAP, 2002).

O município da Lapa possui 2.093,59 Km² localizando-se a uma altitude de 908 ms.n.m., na região sudeste do Estado do Paraná, Planalto Meridional (IAP, 2002).

De acordo com o Plano de Manejo do PEM, o município da Lapa apresenta 57% de sua população concentrada no meio urbano, com uma taxa de crescimento anual de 1,11%, apresentando grau de urbanização de 19% relativamente ao período de levantamentos efetuados em 1991, com tendência a crescimento populacional. O processo de evolução da população do município da Lapa, com a mudança do perfil da população rural para urbana, se deu a partir da década de 1980, influenciada pela dinamização das atividades econômicas desenvolvidas na sede do município (IAP, 2002).

A área de abrangência do município apresenta, como eixos básicos, a rodovia federal BR-476 (Curitiba - São Mateus do Sul) no sentido nordeste-sudoeste e a rodovia estadual PR- 427 (Campo do Tenente - Porto Amazonas) no sentido norte-sul, que faz ainda a interligação com a região Norte do Paraná. Pelo prolongamento da BR-476, alcança a BR-153 (União da Vitória - General Carneiro) no sentido nordeste-sul (IAP, 2002).

O acesso ao parque se dá a partir do município de Curitiba pela BR 116/PR 427 em uma distância de 62,8 km. O município da Lapa localiza-se na transição do Primeiro para o Segundo Planalto paranaense e a Unidade de Conservação situa-se na região fitogeográfica natural do 1º planalto (Figura 1), com relevo “ondulado a acidentado”, estando enquadrada na região fitogeográfica “campos” e apresentando vegetação florestal primária medianamente alterada (37,46%), e formações

secundárias ou antrópicas, capoeira (4,95%), pastagem (21,51%) e reflorestamentos (36,08%), apresenta ainda, sítio histórico e recursos cênicos (STRUMINSKI,1996).

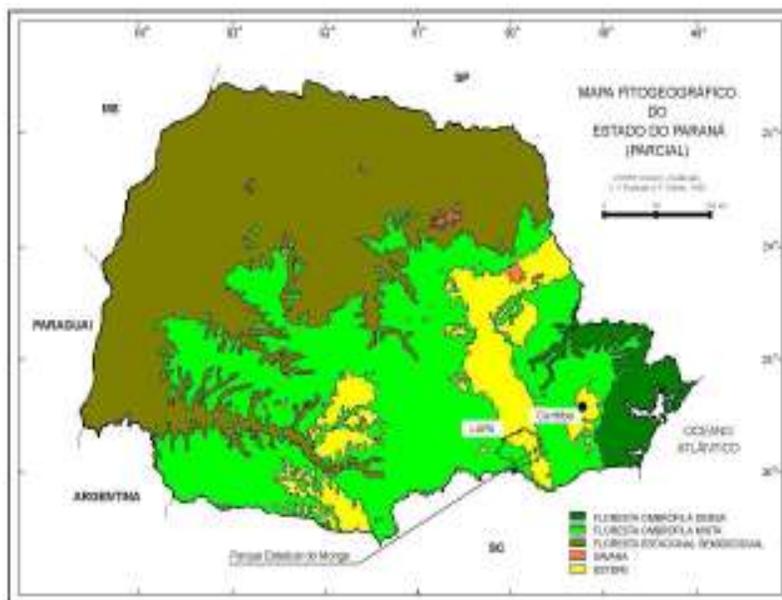


Figura 1: Inserção do Parque Estadual do Monge na Fitogeografia do Estado do Paraná, Fonte: IAP, 2002.

As florestas existentes são típicas da Floresta Ombrófila Mista Montana e transição Montana/Altomontana. A área considerada como transição da Floresta Ombrófila Mista Montana/Altomontana possivelmente seja um dos últimos remanescentes deste ambiente no Estado do Paraná (IAP, 2002), o que aumenta o grau de importância desta UC.

Em altitudes típicas da Floresta Ombrófila Mista Altomontana, ou seja, acima de 1000 m de altitude, ocorrem nesta região os campos limpos, ou campos da Lapa, não sendo verificadas formações florestais típicas deste patamar altitudinal. Esta verificação se dá pela condição de “alto topográfico” ou alto da Escarpa Devoniana que apresentam solos naturalmente rasos e pobres devido à sua origem arenítica. Segundo o Plano de Manejo (IAP, 2002), há ocorrência de cambissolos háplicos e cambissolos húmicos, neossolos litólicos, afloramentos rochosos com inclusão de organossolos háplicos e de neossolos litólicos e afloramentos rochosos com inclusão de organossolos háplicos.

Ainda, segundo o Plano de Manejo (IAP, 2002), o Parque Estadual do Monge está inserido na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu e dá origem a diversas nascentes e

pequenos riachos, os quais drenam em direção ao rio da Estiva, um dos tributários do rio da Várzea, e um dos principais afluentes do rio Iguaçu.

Para atender aos objetivos gerais das Unidades de Conservação e dos Parques, como um todo, e ao objetivo específico do Parque Estadual do Monge, foram definidas as seguintes zonas no Plano de Manejo (IAP, 2002), incluindo as áreas a serem incorporadas ao Parque: Zona Primitiva; Zona de Uso Extensivo; Zona de Uso Intensivo; Zona de Recuperação; Zona de Uso Especial e Zona de Uso Conflitante.

A Zona de Recuperação (Figura 2) é constituída pelos locais no interior do Parque onde há ocorrência de espécies vegetais exóticas, áreas degradadas que destoam da paisagem natural, áreas antropizadas e estradas secundárias que necessitam ser fechadas e recuperadas (Figura 3). Uma das normas desta zona define que serão permitidas técnicas de recuperação direcionada, desde que indicada e apoiada por estudos científicos, os quais devem ser compatíveis com os objetivos desta zona e devidamente autorizadas pelo IAP (IAP, 2002).

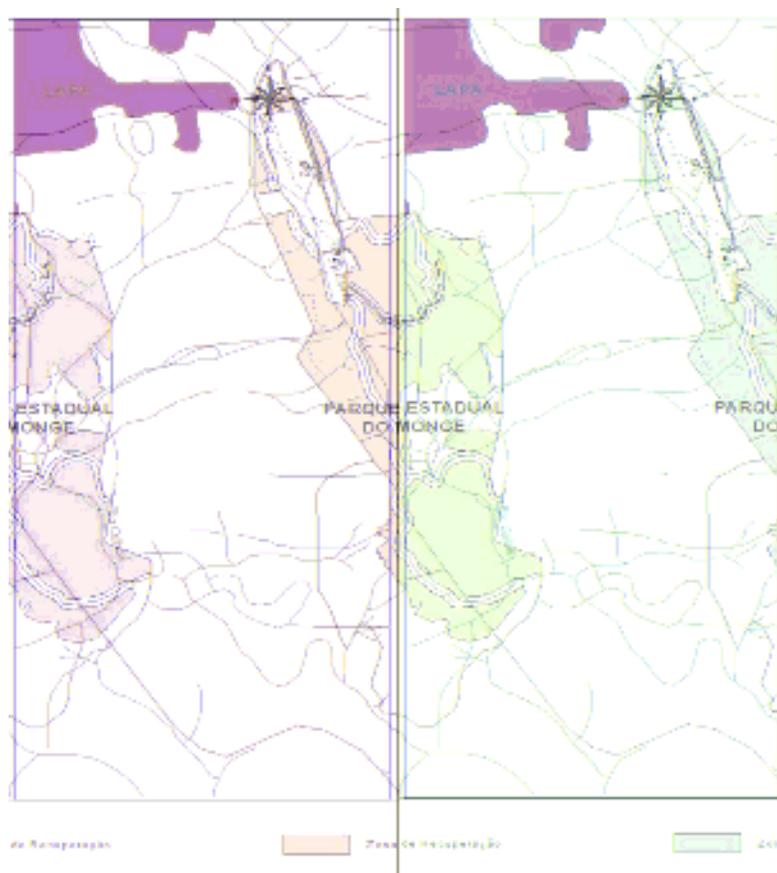


Figura 2: Zona de Recuperação do Parque Estadual

do Monge. Fonte: IAP, 2002.



Figura 3: Área antropizada do Parque Estadual do Monge, Lapa - PR onde se verifica a ocorrência de plantação de *Pinus* spp. em meio à Floresta Ombrófila Mista.

O inventário florestal do reflorestamento de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. foi elaborado no ano de 2003 visando a quantificação de madeira para viabilizar a venda desta a empresas através de procedimentos licitatórios. O levantamento foi efetuado de forma estratificada com povoamentos florestais divididos em três estratos; o estrato 1 englobou as áreas de *Eucalyptus* spp. localizada em meio ao reflorestamento de *Pinus* spp. (4,0 ha); o estrato 2 englobou as áreas de *Pinus* spp. que sofreram desbastes irregulares (65,2 ha); e o estrato 3 as áreas de *Pinus* spp. localizadas sobre solos rochosos e que sofreram apenas um desbaste (23,8 ha), este último estrato considerado para o presente estudo.

Neste estrato, segundo o inventário florestal realizado, ocorrem 42.804 árvores de várias idades variando de 40 a 50 anos, sendo que os estimadores dendrométricos apresentados são DAP (diâmetro a altura do peito)= 20,0 cm; hdom (altura dominante)= 24,6 m; Vcc (volume com casca) = 628,0 m³/ha; G (área basal) = 63,3 m²; N/ha (número de indivíduos/hectare)= 1795 e fe (fator de empilhamento) = 1,41. Os indicadores de qualidade das árvores demonstraram que 2,83% das mesmas são bifurcadas abaixo de 60% da altura total; 2,51% de árvores bifurcadas acima de 60% da altura total e 2,8% com alguma tortuosidade, que compromete o

aproveitamento integral dos sortimentos de madeira a serem beneficiados. O percentual médio de árvores mortas medidas no inventário foi de 10,73%, o que resultou num volume de 2.168 m³.

Entretanto, da área total de 89,0 ha de reflorestamentos com espécies exóticas, após mapeamento efetuado, foram objeto deste estudo as áreas sobre afloramento rochoso em alto topográfico com topografias variando de plana a suavemente ondulada, áreas estas que totalizaram 62,3 ha (Apêndice A). Considerando a escassez de estudos nestes ambientes, foram realizadas amostragens para a quantificação da biomassa e fixação de carbono florestal, bem como o levantamento fitossociológico da floresta nativa remanescente para conhecimento de sua biodiversidade.

3.2 LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO

O levantamento fitossociológico foi desenvolvido em ambiente típico de afloramento rochoso da Floresta Ombrófila Mista (Figura 4), entre as cotas de 930 e 980 de altitude, onde foram estabelecidas 12 parcelas retangulares de 5 m de largura por 10 m de comprimento (Apêndice A), distribuídas aleatoriamente, conforme o método de parcelas proposto por Mueller-Dombois e Elleberg (1974). Através da determinação de área mínima e construção da curva espécie/área ou curva do coletor, foi definida a suficiência amostral. Foram medidos todos os indivíduos arbóreos com perímetro do fuste igual ou superior a 10 cm, obtidos por medição direta com fita métrica à altura do peito (PAP) a 1,30 metros.



Figura 4: Trecho da área típica de Floresta Ombrófila Mista, onde foi realizado o levantamento fitossociológico, no Parque Estadual do Monge, Lapa - PR.

Para a identificação das espécies, o material arbóreo foi coletado, herborizado e encaminhado ao Museu Botânico Municipal. As anotações de altura total, altura da bifurcação do fuste (ponto de inversão morfológico), e forma da copa foram feitas em ficha de campo, sendo que para forma da copa foram utilizados oito padrões pré estabelecidos e para fustes utilizados três padrões de acordo com o grau de tortuosidade. Foram considerados três níveis ou estratos verticais para o posicionamento de cada indivíduo e cada árvore foi localizada em croqui existente na ficha de levantamento (Apêndice B).

Os dados coletados foram ordenados e processados no programa EXCEL[®], para análises fitossociológicas e cálculo de parâmetros como densidade, dominância, frequência e valor de importância, avaliados aos níveis de espécie e de família botânica. Foram utilizados, desta forma, os parâmetros fitossociológicos referentes à estrutura horizontal e vertical, bem como os índices de sociabilidade, diversidade e similaridade e as respectivas equações de cálculo, listadas a seguir:

- Estrutura horizontal:

Densidade: representa o número de indivíduos de cada espécie ou do conjunto de espécies que integram uma comunidade vegetal por unidade de superfície, geralmente hectare. Segundo Curtis e McIntosh (1950), densidade absoluta (DA) corresponde ao número total de indivíduos de uma mesma espécie

por unidade de área (A) e a densidade relativa (DR), conforme Mueller-Dombois (1974), expressa, em porcentagem, a participação de cada espécie (ni) em relação ao número total de indivíduos (N) de todas as espécies:

$$DA = ni / A \quad (1)$$

$$DR = \frac{ni/A}{N/A} \times 100 \quad (2)$$

Frequência: a frequência é um conceito estatístico relacionado com a uniformidade de distribuição das espécies e expressa o número de ocorrências de uma dada espécie nas diversas parcelas alocadas. A frequência absoluta de uma espécie (FA) é obtida pela percentagem das parcelas em que a espécie ocorre. A frequência relativa (FR) é calculada com base na soma total das frequências absolutas ($\sum FA$) para cada espécie (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974):

$$FR = FA / \sum FA \times 100 \quad (3)$$

FA = % de parcelas uma espécie ocorre

Dominância: definida como a área de projeção da copa por espécie e por unidade de área, porém, utiliza-se a área basal dos fustes, por haver estreita relação entre ambas. Este parâmetro procura expressar a influência de cada espécie na comunidade, através de sua biomassa. A dominância absoluta (DoA) é calculada pela soma das áreas transversais dos indivíduos de uma mesma espécie, por hectare. A dominância relativa (DoR) corresponde à participação, em porcentagem, de cada espécie em relação à área basal total:

$$ABi = \sum P^2 / 4\pi \quad (4)$$

$$DoA = (ABi / A) \quad (5)$$

$$DoR = (ABi) / ABt \times 100 \quad (6)$$

Onde: P, é o perímetro da altura do Peito (PAP); A, é a área amostral; AB_i, é a área basal das espécies i; e AB_t, é o somatório das áreas de todas as espécies amostradas.

Valor de importância (VI) e Valor de Cobertura (VC) (MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974): os parâmetros estruturais citados (densidade, frequência e dominância) revelam aspectos essenciais da composição florística, mas sempre são enfoques parciais, que isolados não dão a informação requerida sobre a estrutura florística. Um método para integrar os aspectos parciais consiste em combiná-los numa única e simples expressão, calculando o Valor de Importância (VI), proposto por Curtis (1959). Obtém-se este índice somando, para cada espécie, os valores relativos de densidade, dominância e frequência, e o Valor de Cobertura (VC) somando os valores relativos apenas da densidade e dominância. Os Valores de Importância e de Cobertura se divididos respectivamente por 3 e 2, resultam em percentagem de Importância (PI) e percentagem de cobertura (PC).

$$VI = DR + DoR + FR \quad (7)$$

$$VC = DR + DoR \quad (8)$$

Índice de Sociabilidade: enquanto a frequência expressa a relação dos indivíduos para diferentes partes do espaço, sociabilidade ou dispersão refere-se à relação dos indivíduos entre si (DAUBENMIRE, 1968). O índice de sociabilidade (IS) indica, portanto, o grau de agregação de cada espécie que compõe a comunidade estudada (SHEPHERD, 1988):

$$IS = Dm/FA \times 100 \quad (9)$$

Dm = Densidade média da espécie por parcela

FA = Frequência absoluta da espécie

- Estrutura vertical:

Estrutura vertical refere-se ao arranjo das diferentes sinúcias que integram uma comunidade vegetal. A Posição Sociológica (PS) e a Regeneração Natural são os parâmetros normalmente incluídos em levantamentos fitossociológicos, porém,

não incluímos no presente estudo o levantamento da regeneração natural, pois foram amostrados os indivíduos que apresentaram valores de PAP (perímetro a altura do peito) acima de 10 cm. Porém, a posição sociológica (PS) foi identificada registrando a presença dos indivíduos nos diferentes estratos da floresta, sendo 1 (estrato superior, 2 (estrato médio) e 3 (estrato inferior).

3.3 QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA DE CARBONO

Para a quantificação de biomassa utilizou-se o método de árvores individuais, que foram distribuídas em classes de diâmetro em função de amostragem preliminar efetuada em campo com a delimitação de seis parcelas de 10 x 30 m. Estas amostragens permitiram a identificação de uma variação de DAP's e o estabelecimento das seguintes classes diamétricas; 1 - DAP de 20,01 a 25,0 cm; 2 - DAP de 25,01 a 30,0 cm; 3 - DAP de 30,01 a 35,0 cm; 4 - DAP de 35,01 a 40,0 cm e 5 - DAP de 40,01 a 45,0 cm.

Pardé (1980), citado por Carneiro (2008) recomenda que a determinação de biomassa de árvores individuais seja efetuada mediante a seleção de uma árvore média (*Mean tree method*). Para se conhecer a árvore média, é preciso realizar um inventário florestal prévio e calcular o diâmetro médio ou a área seccional ou transversal desta árvore. Este autor citou que é muito comum o emprego da árvore de área seccional média (também conhecida como árvore "dg") nesse caso.

Para a quantificação de biomassa de carbono nas árvores de *Pinus* spp. foi adotada, a metodologia proposta por Sanquetta e Balbinot (2004) utilizando o método destrutivo de árvores individuais representativas pelas classes diamétricas onde foram utilizados os seguintes materiais: lona plástica para a separação do material (galhos e acículas) proveniente das árvores derrubadas; motosserra; facão; balança mecânica (300 kg); balança analítica; sacos plásticos; material de anotação: trenas de 30; fita métrica e fichas de campo.

De acordo com esta metodologia foram efetuadas determinações diretas (corte e pesagem) da biomassa, onde foram eleitas 12 árvores de *Pinus* spp. distribuídas pelas classes diamétricas definidas e separadas em duas áreas, 1 (6 amostras) e 2 (6 amostras) (Figura 5). Nestas árvores foram realizadas a mensuração das variáveis perímetro à altura do peito (PAP) e altura total (ht) das mesmas.

Para efeito de cálculo de quantificação do carbono na biomassa do reflorestamento de *Pinus* spp., adotou-se, portanto, um DAP médio de 32,41 cm (média de 5 árvores) para a Área 1, e 34,57 cm (média de 3 árvores) na Área 2, que correspondem às árvores que apresentam a idade do reflorestamento. Considerou-se ainda, em torno de 10% das árvores (180 indivíduos) oriundas de replantio por hectare.



Figura 5: Área 1, onde foram analisadas seis árvores de *Pinus* spp. pelo método destrutivo, no Parque Estadual do Monge, Lapa - PR.

Estas árvores foram cortadas, e o fuste foi tracionado e separado dos galhos e acículas. Após, foi realizada a pesagem do fuste com casca na sua totalidade em balança mecânica (Figura 6) e amostrados discos com aproximadamente 5 cm de espessura, retirados na base (A), a meia altura (B) e na ponta da árvore (C) (Figura 7). Estes discos foram identificados e armazenados em sacos plásticos previamente identificados e pesados em balança analítica.



Figura 6: Pesagem do fuste com a casca em balança mecânica.



Figura 7: Amostras do fuste na base, a meia altura e na ponta da árvore.

Foi efetuada a separação total das acículas dos galhos e ramos de todas as árvores cortadas e efetuada a pesagem separadamente.

A quantificação de biomassa do sistema de raízes foi realizada através da separação das raízes principais das demais raízes secundárias. Como o ambiente caracteriza-se como de afloramento rochoso, não foi possível escavação muito profunda, mas sim a separação das raízes das porções de arenito agregados às mesmas por encontrarem-se muito aderidos. Foi efetuada pesagem de todo o material em balança mecânica e as amostras pesadas em balança analítica para obtenção dos pesos verdes. A casca foi separada do fuste para as análises de

carbono, porém foram pesadas em conjunto para obtenção de peso verde e peso seco de fuste.

Através da contagem e medições dos anéis de crescimento dos discos coletados na base do fuste, identificaram-se as idades dos povoamentos de ambas as áreas amostradas além do estabelecimento da relação entre os crescimentos das árvores a cada dez anos, tomando-se como referência as árvores com a idade do povoamento, ou seja, 42 anos na Área 1 e 35 anos na Área 2.

A avaliação da serrapilheira foi efetuada delimitando-se um quadro de 50 X 50 cm (Figura 8) em 4 pontos diferentes ao longo das duas áreas definidas no levantamento e pesadas no campo onde foram separadas as amostras, pesadas e encaminhadas ao laboratório.



Figura 8: Local onde foi retirada amostra de serrapilheira (Área 1).

Todas as amostras foram coletadas com repetição e encaminhadas ao laboratório da Universidade Positivo (UP) e Universidade Federal do Paraná (UFPR) para secagem em estufa de circulação de ar forçada. As amostras foram pesadas em balança analítica até atingirem peso seco constante (quatro pesagens). Posteriormente todas as amostras secas foram encaminhadas ao Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal do Paraná para determinação do Fator Carbono. Primeiramente foram moídas em moinho de facas e acondicionadas em frascos plásticos previamente identificados. Os discos foram previamente lixados, medidos os anéis de crescimento e moídos. Para a determinação do teor de carbono

de foram processadas 116 amostras (Figura 9) e para isto foi utilizado equipamento especializado para esta finalidade (Leco – C144).



Figura 9: Amostras para a quantificação de carbono em laboratório.

Após a obtenção dos resultados referentes ao Fator de Carbono das diferentes partes das árvores amostradas, foi calculado o total de dióxido de carbono absorvido pela biomassa aérea e raízes somando-se os valores de Peso Seco das diferentes partes das árvores por seus respectivos fatores de carbono oriundos das análises de laboratório, e multiplicando-se pelo fator de conversão 44/12. Após este cálculo, multiplicou-se pelo número de indivíduos por hectare. À este valor somaram-se os valores de serrapilheira, também extrapolados para hectare.

Além disto, foram calculados o Fator de Expansão da Biomassa (FEB) e Fator Raízes (R) como subsídio à futuros cálculos de adicionalidade em casos de projetos para MDL.

$$FEB = (PS Fu + PSg + Ps Fo) / (PSg + PS Fo) > 1 \quad (10)$$

FEB = Fator de Expansão da Biomassa

PS Fu = Peso seco do Fuste

$$R = PSr / PS Fu + PSg + Ps Fo < 1 \quad (11)$$

FC = Fator de Carbono

PSr = Peso Seco das Raízes

PSg= Peso Seco dos Galhos

PSFo= Peso Seco das Folhas

Foram mapeados 62,30 ha de área com reflorestamento de *Pinus* spp. sobre afloramento rochoso, cuja área foi considerada neste estudo para o cálculo do C total armazenado para estas condições ambientais. Foram descartados os talhões que incidem em declividades acentuadas e em condições de vales por não podermos atestar que o crescimento das árvores nestas condições seja similar ao crescimento nas áreas altas da Escarpa Devoniana (Apêndice A).

3.4 AVALIAÇÃO DA FIXAÇÃO DE C NA FLORESTA NATIVA

Foram buscadas referências acerca de quantificação de carbono florestal armazenado na literatura especializada para tipologias da Floresta Ombrófila Mista e outras regiões fitogeográficas, não sendo adotados métodos destrutivos tampouco modelagem matemática para esta avaliação. Recomenda-se, portanto que estas metodologias sejam objeto de outro estudo.

3.5 BENEFICIAMENTO DA MADEIRA

Foram descritos os processos de beneficiamento da madeira desde a coleta até sua comercialização através de entrevista com o responsável e uma visita à Madeireira Eldorado Ltda localizada em Bocaiúva do Sul-PR que é responsável pelo corte, transporte, beneficiamento e comercialização da madeira de *Pinus* spp. do Parque Estadual do Monge, Lapa - PR.

4 RESULTADOS

4.1 LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO

4.1.1 Curva espécie/área

O comportamento da curva espécie/área indica que a partir de 600m² de área amostrada (12 parcelas), não houve o ingresso significativo de novas espécies para o ambiente estudado, conforme demonstrado no gráfico a seguir (Figura 10):

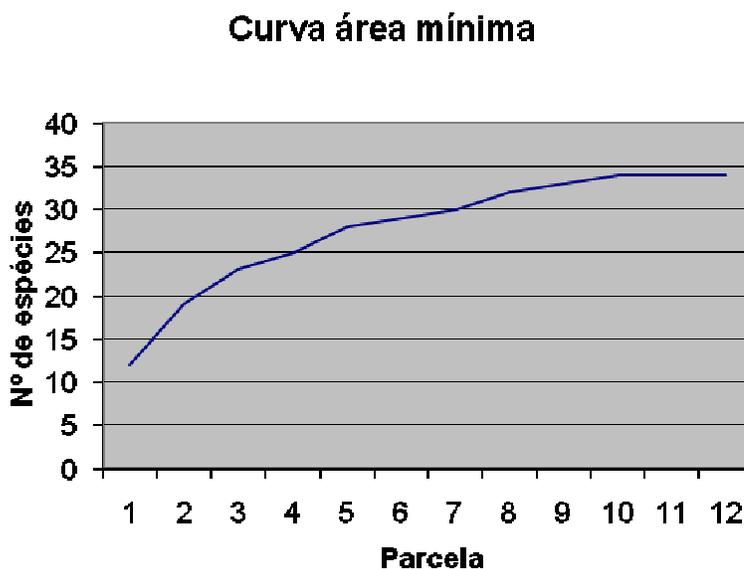


Figura 10: Curva espécie/área representando o ingresso de espécies por parcelas (área amostrada) no Parque Estadual do Monge, Lapa – PR;

4.1.2 Composição florística

Foram identificadas 34 espécies arbóreas entre os 272 indivíduos amostrados distribuídas em 19 famílias botânicas (Tabela 1).

Tabela 1: Composição florística da Floresta Ombrófila Mista sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa – PR, e número de indivíduos por espécie.

| Família | Espécie | Nome comum | Nº Indivíduos |
|-----------------------|--|----------------------------|----------------------|
| Annonaceae | <i>Guatteria dusenii</i> R.E. Fr. | | 1 |
| | <i>Rollinia sericea</i> R.E. Fr. | | 1 |
| Aquifoliaceae | <i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek | caúna-graúda | 6 |
| Araceae | <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman | jerivá | 1 |
| Araucariaceae | <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze | pinheiro-do-paraná | 1 |
| Asteraceae | <i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less. | vassourão-preto | 1 |
| | <i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme | vassourão-branco | 1 |
| Celastraceae | <i>Maytenus gonoclada</i> Mart. | | 4 |
| Elaeocarpaceae | <i>Sloanea monosperma</i> Vell. | sapopema | 1 |
| Euphorbiaceae | <i>Alchornea iricurana</i> Casar | tapíá, tanheiro | 4 |
| | <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs | branquilha | 11 |
| Flacourtiaceae | <i>Casearia decandra</i> Jacq. | guaçatunga | 3 |
| | <i>Casearia sylvestris</i> Sw. | café-de-bugre | 2 |
| Lauraceae | <i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr. | canela-frade | 2 |
| | <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez | canela-merda, canela-preta | 8 |
| | <i>Ocotea bicolor</i> Vattimo | | 9 |
| | <i>Ocotea odorifera</i> Rohwer | canela-sassafrás | 3 |
| Meliaceae | <i>Cabralea cangerana</i> Saldanha | cangerana | 6 |
| Monimiaceae | <i>Mollinedia clavigera</i> Tul. | capixim, pimenteira | 9 |
| Myrsinaceae | <i>Myrsine venosa</i> A D.C. | capororoca | 7 |
| Myrtaceae | <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg | guaviroveira | 1 |
| | <i>Eugenia cereja</i> D. Legrand | cerejeira | 6 |
| | <i>Myrcia fallax</i> (Rich.) DC. | caingá | 34 |
| | <i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand | guamirim | 7 |
| | <i>Myrcia rostrata</i> DC. | guamirim | 19 |
| | <i>Psidium cattleyanum</i> var. <i>coriaceum</i> (Mart. ex O. Berg) Kiaersk. | araçá | 1 |
| | <i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl. | pinheiro-bravo | 5 |
| Proteaceae | <i>Roupala montana</i> Aubl. | carvalho | 5 |
| Rubiaceae | <i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze | | 1 |
| | <i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll. Arg. | | 43 |
| | <i>Psychotria longipes</i> Müll. Arg. | | 19 |
| | <i>Psychotria suterella</i> Müll. Arg. | | 6 |
| Rutaceae | <i>Zanthoxylum</i> sp | mamica-de-cadela | 3 |
| Theaceae | <i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H. Keng | | 4 |
| Mortas | | | 37 |

Dentre as espécies encontradas na área de estudo, as famílias mais representativas foram Myrtaceae com 6 espécies, distribuídas em 4 gêneros (*Campomanesia*, *Eugenia*, *Myrcia* e *Psidium*) seguida por Lauraceae, com 4 espécies, distribuídas em 3 gêneros (*Endlicheria*, *Nectandra* e *Ocotea*) e Rubiaceae, também com 4 espécies, distribuídas em 3 gêneros (*Cordia*, *Coussarea* e *Psychotria*). As famílias Annonaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae e Flacourtiaceae tiveram duas espécies amostradas, esta última com apenas um gênero (*Casearia*), e as demais famílias foram representadas apenas por uma espécie (Figura 11).

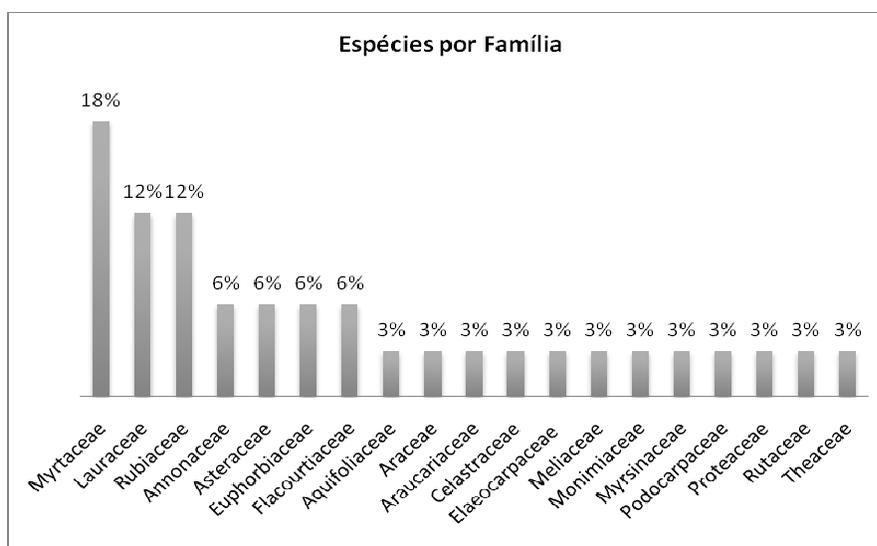


Figura 11: Porcentagem das famílias encontradas na área amostrada do Parque Estadual do Monge, Lapa -PR.

Os gêneros representados por um maior número de espécies foram *Myrcia* (Myrtaceae) com 3 espécies: *M. fallax*, *M. hatschbachii*, *M. rostrata*, seguidos de *Casearia* (Flacourtiaceae), *Ocotea* (Lauraceae) e *Psychotria* (Rubiaceae) com duas espécies cada, sendo elas respectivamente: *C. decandra* e *C. sylvestris*, *O. bicolor* e *O. odorifera*, e *P. longipes* e *P. suterella*.

4.1.3 Parâmetros Fitossociológicos

Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas na área estudada.

Tabela 2 : Espécies amostradas em Floresta Ombrófila Mista sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa –PR, com seus respectivos parâmetros fitossociológicos em ordem decrescente do IVI; ni - número de indivíduos de cada espécie, H – altura, DA - Densidade absoluta, DR - Densidade relativa, FA Frequência absoluta, FR - Frequência relativa, DoA - Dominância absoluta, DoR - Dominância relativa, IVC – Índice de valor de cobertura e IVI - Índice de valor de importância.

| Espécie | ni | DA | DR(%) | H(m) | FA | FR(%) | DoA | DoR(%) | IVI | IVC |
|----------------------------------|---------------|-------------|---------------|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Myrcia fallax</i> | 34,00 | 567 | 12,50 | 12,97 | 75,00 | 7,09 | 3469,34 | 54,97 | 74,55 | 67,47 |
| <i>Coussarea contracta</i> | 43,00 | 717 | 15,81 | 8,73 | 100,00 | 9,45 | 788,25 | 12,49 | 37,75 | 28,30 |
| Mortas | 37,00 | 617 | 13,60 | 0,00 | 91,67 | 8,66 | 0,00 | 0,00 | 22,26 | 13,60 |
| <i>Myrcia rostrata</i> | 19,00 | 317 | 6,99 | 11,11 | 58,33 | 5,51 | 384,54 | 6,09 | 18,59 | 13,08 |
| <i>Psychotria longipes</i> | 19,00 | 317 | 6,99 | 7,11 | 83,33 | 7,87 | 138,26 | 2,19 | 17,05 | 9,18 |
| <i>Ocotea bicolor</i> | 9,00 | 150 | 3,31 | 14,00 | 41,67 | 3,94 | 426,79 | 6,76 | 14,01 | 10,07 |
| <i>Sebastiania commersoniana</i> | 11,00 | 183 | 4,04 | 13,73 | 33,33 | 3,15 | 153,11 | 2,42 | 9,62 | 6,47 |
| <i>Nectandra megapotamica</i> | 8,00 | 133 | 2,94 | 14,38 | 33,33 | 3,15 | 187,03 | 2,96 | 9,05 | 5,90 |
| <i>Myrsine venosa</i> | 7,00 | 117 | 2,57 | 13,14 | 50,00 | 4,72 | 76,03 | 1,20 | 8,50 | 3,78 |
| <i>Mollinedia clavigera</i> | 9,00 | 150 | 3,31 | 7,78 | 41,67 | 3,94 | 71,68 | 1,14 | 8,38 | 4,44 |
| <i>Myrcia hatschbachii</i> | 7,00 | 117 | 2,57 | 12,29 | 41,67 | 3,94 | 72,91 | 1,16 | 7,67 | 3,73 |
| <i>Podocarpus lambertii</i> | 5,00 | 83 | 1,84 | 22,00 | 33,33 | 3,15 | 147,78 | 2,34 | 7,33 | 4,18 |
| <i>Alchornea iricurana</i> | 4,00 | 67 | 1,47 | 16,25 | 33,33 | 3,15 | 102,63 | 1,63 | 6,25 | 3,10 |
| <i>Ilex theezans</i> | 6,00 | 100 | 2,21 | 14,50 | 33,33 | 3,15 | 48,25 | 0,76 | 6,12 | 2,97 |
| <i>Cabralea cangerana</i> | 6,00 | 100 | 2,21 | 13,33 | 33,33 | 3,15 | 22,81 | 0,36 | 5,72 | 2,57 |
| <i>Eugenia cereja</i> | 6,00 | 100 | 2,21 | 12,33 | 16,67 | 1,57 | 63,93 | 1,01 | 4,79 | 3,22 |
| <i>Gordonia fruticosa</i> | 4,00 | 67 | 1,47 | 14,25 | 25,00 | 2,36 | 17,61 | 0,28 | 4,11 | 1,75 |
| <i>Psychotria suterella</i> | 6,00 | 100 | 2,21 | 9,83 | 16,67 | 1,57 | 18,85 | 0,30 | 4,08 | 2,50 |
| <i>Roupala montana</i> | 5,00 | 83 | 1,84 | 12,00 | 16,67 | 1,57 | 31,86 | 0,50 | 3,92 | 2,34 |
| <i>Maytenus gonoclada</i> | 4,00 | 67 | 1,47 | 8,50 | 25,00 | 2,36 | 4,25 | 0,07 | 3,90 | 1,54 |
| <i>Casearia decandra</i> | 3,00 | 50 | 1,10 | 10,00 | 25,00 | 2,36 | 3,27 | 0,05 | 3,52 | 1,15 |
| <i>Ocotea odorifera</i> | 3,00 | 50 | 1,10 | 16,67 | 16,67 | 1,57 | 21,78 | 0,35 | 3,02 | 1,45 |
| <i>Zanthoxylum sp</i> | 3,00 | 50 | 1,10 | 13,67 | 16,67 | 1,57 | 16,71 | 0,26 | 2,94 | 1,37 |
| <i>Endlicheria paniculata</i> | 2,00 | 33 | 0,74 | 16,00 | 16,67 | 1,57 | 11,08 | 0,18 | 2,49 | 0,91 |
| <i>Casearia sylvestris</i> | 2,00 | 33 | 0,74 | 9,50 | 16,67 | 1,57 | 3,27 | 0,05 | 2,36 | 0,79 |
| <i>Araucaria angustifolia</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 32,00 | 8,33 | 0,79 | 12,32 | 0,20 | 1,35 | 0,56 |
| <i>Piptocarpha angustifolia</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 18,00 | 8,33 | 0,79 | 7,36 | 0,12 | 1,27 | 0,48 |
| <i>Vernonia discolor</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 18,00 | 8,33 | 0,79 | 5,53 | 0,09 | 1,24 | 0,46 |
| <i>Psidium cattleianum</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 14,00 | 8,33 | 0,79 | 1,10 | 0,02 | 1,17 | 0,39 |
| <i>Sloanea monosperma</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 9,00 | 8,33 | 0,79 | 1,03 | 0,02 | 1,17 | 0,38 |
| <i>Syagrus romanzoffiana</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 6,00 | 8,33 | 0,79 | 1,03 | 0,02 | 1,17 | 0,38 |
| <i>Rollinia sericea</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 10,00 | 8,33 | 0,79 | 0,52 | 0,01 | 1,16 | 0,38 |
| <i>Campomanesia xanthocarpa</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 4,00 | 8,33 | 0,79 | 0,29 | 0,01 | 1,16 | 0,37 |
| <i>Cordia concolor</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 6,00 | 8,33 | 0,79 | 0,42 | 0,01 | 1,16 | 0,37 |
| <i>Guatteria dusenii</i> | 1,00 | 17 | 0,37 | 10,00 | 8,33 | 0,79 | 0,22 | 0,005 | 1,16 | 0,37 |
| Total | 272,00 | 4533 | 100,00 | 11,61 | 1058,33 | 100,00 | 6311,85 | 100,00 | 300,00 | 200,00 |

Na Tabela 3 encontram-se os parâmetros fitossociológicos para as famílias encontradas.

Tabela 3: Parâmetros fitossociológicos das famílias encontradas na área amostral do Parque Estadual do Monge, Lapa –PR, em ordem decrescente do IVI; ni - número de indivíduos de cada espécie, DA - Densidade absoluta, DR - Densidade relativa, FA - Frequência absoluta, FR - Frequência relativa, DoA - Dominância absoluta, DoR - Dominância relativa, IVC - Índice de valor de cobertura e IVI - Índice de valor de importância.

| Família | ni | DA | DR(%) | FA | FR(%) | DoA | DoR(%) | IVI | IVC |
|-----------------------|---------------|-------------|---------------|--------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Myrtaceae</i> | 68 | 1133 | 25,00 | 100,00 | 12,24 | 3992,11 | 66,05 | 103,30 | 91,05 |
| <i>Rubiaceae</i> | 69 | 1150 | 25,37 | 100,00 | 12,24 | 945,78 | 14,21 | 51,83 | 39,58 |
| <i>Lauraceae</i> | 22 | 367 | 8,09 | 100,00 | 12,24 | 646,68 | 12,67 | 33,01 | 20,76 |
| Mortas | 37 | 617 | 13,60 | 91,67 | 11,22 | 0,00 | 0,00 | 24,83 | 13,60 |
| <i>Euphorbiaceae</i> | 15 | 250 | 5,51 | 58,33 | 7,14 | 255,73 | 3,58 | 16,24 | 9,10 |
| <i>Myrsinaceae</i> | 7 | 117 | 2,57 | 50,00 | 6,12 | 76,03 | 0,54 | 9,23 | 3,11 |
| <i>Monimiaceae</i> | 9 | 150 | 3,31 | 41,67 | 5,10 | 71,68 | 0,51 | 8,92 | 3,82 |
| <i>Podocarpaceae</i> | 5 | 83 | 1,84 | 33,33 | 4,08 | 147,78 | 1,05 | 6,97 | 2,88 |
| <i>Aquifoliaceae</i> | 6 | 100 | 2,21 | 33,33 | 4,08 | 48,25 | 0,34 | 6,63 | 2,55 |
| <i>Meliaceae</i> | 6 | 100 | 2,21 | 33,33 | 4,08 | 22,81 | 0,16 | 6,45 | 2,37 |
| <i>Flacourtiaceae</i> | 5 | 83 | 1,84 | 33,33 | 4,08 | 6,54 | 0,09 | 6,01 | 1,93 |
| <i>Theaceae</i> | 4 | 67 | 1,47 | 25,00 | 3,06 | 17,61 | 0,12 | 4,66 | 1,60 |
| <i>Celastraceae</i> | 4 | 67 | 1,47 | 25,00 | 3,06 | 4,25 | 0,03 | 4,56 | 1,50 |
| <i>Proteaceae</i> | 5 | 83 | 1,84 | 16,67 | 2,04 | 31,86 | 0,23 | 4,10 | 2,06 |
| <i>Rutaceae</i> | 3 | 50 | 1,10 | 16,67 | 2,04 | 16,71 | 0,12 | 3,26 | 1,22 |
| <i>Asteraceae</i> | 2 | 33 | 0,74 | 16,67 | 2,04 | 12,89 | 0,18 | 2,96 | 0,92 |
| <i>Annonaceae</i> | 2 | 33 | 0,74 | 16,67 | 2,04 | 0,74 | 0,01 | 2,79 | 0,75 |
| <i>Araucariaceae</i> | 1 | 17 | 0,37 | 8,33 | 1,02 | 12,32 | 0,09 | 1,48 | 0,45 |
| <i>Araceae</i> | 1 | 17 | 0,37 | 8,33 | 1,02 | 1,03 | 0,01 | 1,40 | 0,37 |
| <i>Elaeocarpaceae</i> | 1 | 17 | 0,37 | 8,33 | 1,02 | 1,03 | 0,01 | 1,40 | 0,37 |
| Total | 272,00 | 4533 | 100,00 | | 100,00 | 6311,85 | 100,00 | 300,00 | 200,00 |

a) Densidade:

A Densidade Absoluta foi estimada em 4533 ind./ha e a altura média de 11,61m (Tabela 1). Dentre as espécies com maior número de indivíduos na comunidade arbórea estão *Coussarea contracta* (Walp.) Müll. Arg. com 717 ind./ha, *Myrcia fallax* (Rich.) DC. com 567 ind/ha, *Myrcia rostrata* DC. e *Psychotria longipes* Müll. Arg., ambas com 317 ind./ha. *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs teve densidade absoluta calculada em 183 ind/ha, logo seguida de *Mollinedia clavigera* Tul. e *Ocotea bicolor* Vattimo, ambas com densidade absoluta no valor de 150 ind/ha. Estas 7 espécies perfazem 52,9% da densidade total amostrada. As árvores mortas totalizaram 617 ind./ha, com Densidade Relativa de 13,6%.

Com relação às famílias, Rubiaceae totalizou 1150 indivíduos, sendo representando por 25,37% do total, seguido por Myrtaceae com 1133 indivíduos, com 25% do total de espécies. Lauraceae ficou em terceiro lugar, totalizando 367 indivíduos, 8,09% do total.

b) Frequência:

A espécie *Coussarea contracta* apresentou os maiores valores de frequência absoluta e relativa com 100 % e 9,45% respectivamente, seguindo-se das árvores mortas, com 91,67 % e 8,66% e *Psychotrya longipes* com 83,33 % e 7,87 %. *Araucaria angustifolia*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia concolor*, *Guatteria dusenii*, *Piptocarpha angustifolia*, *Rollinia sericea*, *Sloanea monosperma*, *Syagrus romanzoffiana* e *Vernonia discolor* apresentaram os menores valores para este parâmetros, cada uma com 8,33% de frequência absoluta e 0,79% de frequência relativa.

Myrtaceae, Rubiaceae e Lauraceae apresentaram 100% de frequência absoluta e 12,24% de frequência relativa. Os menores valores de frequência absoluta e relativa ficaram com Araceae, Araucareaceae e Eleocarpaceae, todas com 8,33% e 1,02%, respectivamente.

c) Dominância:

Os maiores valores para Dominância Absoluta e Relativa foram obtidos para *Myrcia fallax* com 3.469,34 m²/ha e 54,97%, *Coussarea contracta* com 788,25 m²/ha e 12,49%, *Ocotea bicolor* com 426,79 m²/ha e 6,76% respectivamente, perfazendo 74,22% do total. *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia concolor*, *Guatteria dusenii* e *Rollinia sericea* somaram juntas 1,45 m²/ha para Dominância Absoluta e 0,04% para Dominância Relativa, sendo que estes valores foram os menores encontrados para estes parâmetros.

Com relação às famílias, Myrtaceae apresentou os maiores valores de dominância absoluta e relativa, sendo 3.992,11m²/ha e 66,05%, seguida de Rubiaceae com 945,78 m²/ha e 14,21%, e Lauraceae com 646,68 m²/ha e 12,67%.

d) Valor de Importância e de Cobertura:

A espécie *Myrcia fallax*, obteve os maiores valores para estes parâmetros sendo que para Valor de Importância a mesma apresentou 74,55 e para Valor de Cobertura 67,47. Segue-se *Coussarea contracta* com Valor de Importância 37,75 e Valor de Cobertura de 28,30.

Com relação à famílias, Myrtaceae apresentou os maiores valores de importância e de cobertura (103,30 e 91,05), logo em seguida, Rubiaceae (51,83 e 39,58), seguida de Lauraceae (33,01 e 20,76) (Figura 12).

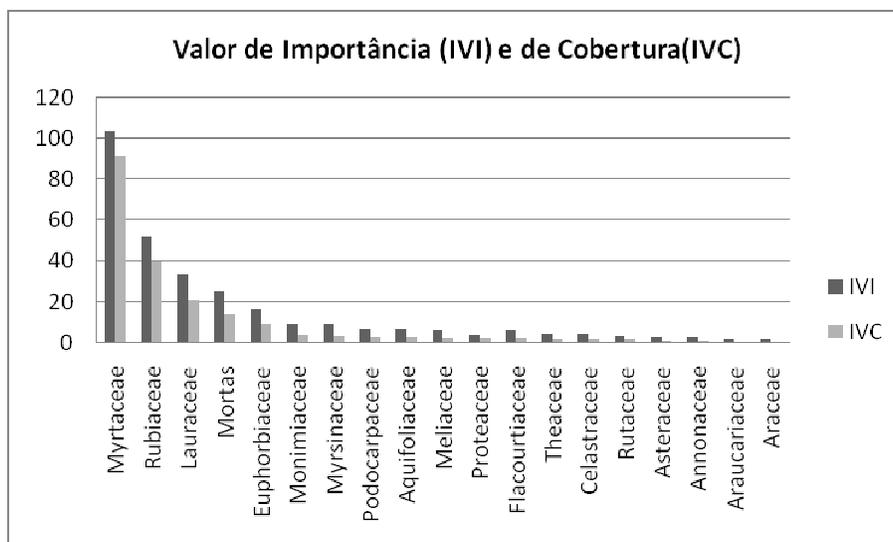


Figura 12: Valores de IVI e IVC para as famílias encontradas na área amostral do Parque Estadual do Monge, Lapa – PR.

e) Índices de diversidade e de sociabilidade:

Os índices de diversidade foram calculados e são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Índices de Diversidade para as espécies e famílias encontradas na área de estudo do Parque Estadual do Monge, Lapa - PR.

| Espécies | | Família |
|---------------|---------|---------------|
| Shanon-Weaver | Simpson | Shanon-Weaver |
| 3,85 | 0,921 | 2,83 |

Na Tabela 5 apresentam-se os índices de sociabilidade para espécies incluindo as árvores mortas,

Tabela 5: Índice de Sociabilidade (IS) para as espécies encontradas na área de estudo no Parque Estadual do Monge, Lapa –PR.

| Espécie | IS |
|----------------------------------|-----------|
| <i>Myrcia fallax</i> | 3,78 |
| <i>Coussarea contracta</i> | 3,58 |
| Mortas | 3,36 |
| <i>Eugenia cereja</i> | 3 |
| <i>Psychotria suterella</i> | 3 |
| <i>Sebastiania commersoniana</i> | 2,75 |
| <i>Myrcia rostrata</i> | 2,71 |
| <i>Roupala montana</i> | 2,5 |
| <i>Nectandra megapotamica</i> | 2 |
| <i>Psychotria longipes</i> | 1,9 |
| <i>Mollinedia clavigera</i> | 1,8 |
| <i>Ocotea bicolor</i> | 1,8 |
| <i>Cabralea cangerana</i> | 1,5 |
| <i>Ilex theezans</i> Mart. | 1,5 |
| <i>Ocotea odorifera</i> | 1,5 |
| <i>Zanthoxylum</i> sp | 1,5 |
| <i>Myrcia hatschbachii</i> | 1,4 |
| <i>Gordonia fruticosa</i> | 1,33 |
| <i>Maytenus gonoclada</i> | 1,33 |
| <i>Podocarpus lambertii</i> | 1,25 |
| <i>Myrsine venosa</i> | 1,17 |
| <i>Alchornea iricurana</i> | 1 |
| <i>Araucaria angustifolia</i> | 1 |
| <i>Campomanesia xanthocarpa</i> | 1 |
| <i>Casearia decandra</i> | 1 |
| <i>Casearia sylvestris</i> | 1 |
| <i>Cordia concolor</i> | 1 |
| <i>Endlicheria paniculata</i> | 1 |
| <i>Guatteria dusenii</i> | 1 |
| <i>Piptocarpha angustifolia</i> | 1 |
| <i>Psidium cattleianum</i> | 1 |
| <i>Rollinia sericea</i> | 1 |
| <i>Sloanea monosperma</i> | 1 |
| <i>Syagrus romanzoffiana</i> | 1 |
| <i>Vernonia discolor</i> | 1 |

Na Tabela 7 são apresentados os valores de Peso Verde, Teor de Matéria Seca e Peso Seco dos galhos e acículas das árvores obtidos através da pesagem em campo e do peso seco constante das amostras encaminhados ao laboratório.

Tabela 7: Peso verde (PV), Teor de Matéria Seca (TMS) e Peso Seco (PS) dos galhos e folhas dos indivíduos da espécie *Pinus spp.* referentes às áreas 1 e 2 sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa - PR;
DAP (cm) = (diâmetro à altura do peito em centímetros); H (m) = altura em metros.

| Árvore | DAP (cm) | h (m) | PV galhos (kg) | TMS galhos % | PS galhos (kg) | PV folhas (kg) | TMS folhas % | PS folhas (kg) |
|--------------|-------------|-------|----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 1/1/1 | 20,7 | 17,5 | 18,3 | 46,28 | 8,47 | 8,09 | 39,18 | 3,17 |
| 2/1/2 | 29,3 | 19,6 | 93,34 | 44,69 | 41,71 | 32,51 | 36,67 | 11,92 |
| 3/1/3 | 32,78 | 20,2 | 75,49 | 47,71 | 36,02 | 23,51 | 35,73 | 8,40 |
| 4/1/4 | 35,01 | 21,4 | 162,34 | 45,80 | 74,35 | 51,54 | 36,59 | 18,86 |
| 5/1/5 | 40,2 | 20,65 | 212,5 | 46,53 | 98,88 | 88,57 | 37,30 | 33,04 |
| 1/1/6 | 24,7 | 18,8 | 31,42 | 44,49 | 13,98 | 5,50 | 36,36 | 2,00 |
| 1/2/1 | 23,9 | 19,0 | 10,75 | 46,14 | 4,96 | 7,82 | 35,17 | 2,75 |
| 2/2/2 | 29,3 | 19,6 | 83,12 | 44,50 | 36,99 | 11,61 | 41,77 | 4,85 |
| 3/2/3 | 31,19 | 20,5 | 69,06 | 42,66 | 29,46 | 19,60 | 39,49 | 7,74 |
| 4/2/4 | 37,53 | 19,9 | 148,28 | 42,66 | 63,26 | 39,87 | 41,96 | 16,73 |
| 3/2/5 | 34,38 | 18,24 | 112,42 | 44,72 | 50,27 | 20,62 | 40,20 | 8,29 |
| 1/2/6 | 21,96 | 17,5 | 33,52 | 42,69 | 14,31 | 4,15 | 42,65 | 1,77 |
| Média | | | 44,91 | | | | 38,59 | |
| TMS | | | | | | | | |

Na Tabela 8 estão apresentados os valores de peso verde, teor de matéria seca (TMS) e peso seco das raízes das árvores amostradas obtidos através de pesagem de campo e das amostras encaminhados ao laboratório.

Tabela 8: Peso verde (PV), Teor da Matéria Seca (TMS) e Peso Seco (PS) das raízes dos indivíduos da espécie *Pinus* spp. referentes às áreas 1 e 2 sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa - PR ;
 DAP (cm) = (diâmetro à altura do peito em centímetros); H (m) = altura em metros.

| Árvore | DAP (cm) | h (m) | PV raízes (kg) | TMS raízes % | PS raízes (kg) |
|--------------|-------------|-------|-------------------|--------------|-------------------|
| 1/1/1 | 20,7 | 17,5 | 52,00 | 45,35 | 23,58 |
| 2/1/2 | 29,3 | 19,6 | 146,20 | 39,93 | 58,38 |
| 3/1/3 | 32,78 | 20,2 | 127,10 | 46,11 | 58,61 |
| 4/1/4 | 35,01 | 21,4 | 263,40 | 53,89 | 141,95 |
| 5/1/5 | 40,2 | 20,65 | 549,10 | 46,11 | 253,19 |
| 1/1/6 | 24,7 | 18,8 | 261,20 | 45,27 | 118,25 |
| 1/2/1 | 23,9 | 19,0 | 74,38 | 56,39 | 41,94 |
| 2/2/2 | 29,3 | 19,6 | 229,69 | 66,59 | 152,95 |
| 3/2/3 | 31,19 | 20,5 | 190,70 | 59,87 | 114,18 |
| 4/2/4 | 37,53 | 19,9 | 437,00 | 50,99 | 222,82 |
| 3/2/5 | 34,38 | 18,24 | 257,00 | 52,63 | 135,27 |
| 1/2/6 | 21,96 | 17,5 | 46,00 | 62,30 | 28,66 |
| Média | | | | 52,12 | |
| TMS | | | | | |

Na Tabela 9 estão apresentados os valores referentes à percentagem de carbono encontrados nas diferentes partes das árvores amostradas na área de estudo.

Tabela 9: Percentagem de carbono encontrado nas diferentes partes das árvores amostradas e respectivos valores médios

(-) = amostras não identificadas; s/misc = inexistência de miscelânea.

| Árvore | Casca | Raiz | Acículas | Galhos | Fuste | Miscelânea | Média |
|--------|--------|--------|----------|--------|--------|------------|---------------|
| 1/1/1 | 51,393 | 47,068 | 48,623 | 47,805 | 45,560 | s/misc | 48,090 |
| 2/1/2 | 52,076 | 47,569 | 47,552 | 47,035 | 45,256 | s/misc | 47,898 |
| 3/1/3 | 52,071 | 48,648 | 47,368 | 47,084 | 45,938 | s/misc | 48,222 |
| 4/1/4 | 50,813 | 47,972 | 47,711 | 47,015 | 46,722 | 47,039 | 47,879 |
| 5/1/5 | 50,498 | - | 49,711 | 45,296 | 46,307 | 49,091 | 48,181 |
| 1/1/6 | 51,610 | 47,307 | 48,592 | 45,648 | 45,357 | s/misc | 47,703 |
| 1/2/1 | 51,692 | 45,068 | 46,942 | 46,539 | 45,217 | s/misc | 47,092 |
| 2/2/2 | 54,809 | 48,023 | 47,010 | - | 45,198 | 47,414 | 48,491 |
| 3/2/3 | 50,710 | 48,200 | 46,684 | 45,381 | 43,120 | 47,828 | 46,987 |
| 4/2/4 | 50,805 | 47,240 | 49,979 | 45,656 | 46,349 | 48,859 | 48,148 |
| 3/2/5 | 50,251 | 46,818 | 45,633 | 44,954 | 45,626 | 49,190 | 47,080 |
| 1/2/6 | 51,587 | 47,054 | 47,172 | 45,222 | 45,701 | 47,653 | 47,398 |

A seguir, estão relacionados os valores referentes à quantificação do carbono existente (Kg) por partes das árvores amostradas e Peso Total (Tabela 10).

Tabela 10: Quantificação de carbono (C) em peso total (Kg) encontrado nas diferentes partes das árvores amostradas e respectivos valores totais.

| Árvore | Casca do fuste | Raiz | Acículas | Galhos | Fuste | Miscelânea | Total (Kg) |
|--------|----------------|--------|----------|--------|---------|------------|----------------|
| 1/1/1 | 10,258 | 11,099 | 1,541 | 4,049 | 100,82 | 0 | 127,767 |
| 2/1/2 | 8,665 | 27,771 | 5,668 | 19,618 | 132,564 | 0- | 194,286 |
| 3/1/3 | 21,651 | 28,513 | 3,979 | 16,960 | 258,24 | 0 | 329,343 |

| | | | | | | | |
|--------------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|----------------|
| 4/1/4 | 23,155 | 68,096 | 8,998 | 34,956 | 337,043 | 3,143 | 475,391 |
| 5/1/5 | 40,762 | 121,460 | 16,425 | 44,789 | 324,013 | 4,197 | 552,046 |
| 1/1/6 | 19,410 | 55,941 | 0,972 | 6,382 | 156,704 | 0 | 239,409 |
| 1/2/1 | 10,499 | 18,902 | 1,291 | 2,308 | 91,094 | 0 | 124,094 |
| 2/2/2 | 22,899 | 73,451 | 2,280 | 17,398 | 180,548 | 1,290 | 297,866 |
| 3/2/3 | 15,030 | 55,035 | 3,613 | 13,369 | 157,819 | 1,900 | 246,766 |
| 4/2/4 | 20,271 | 105,260 | 8,361 | 28,882 | 322,932 | 0,828 | 486,534 |
| 3/2/5 | 18,578 | 63,398 | 3,783 | 22,598 | 262,372 | 0,163 | 370,892 |
| 1/2/6 | 6,304 | 13,486 | 0,835 | 6,471 | 76,490 | 0,062 | 103,648 |

Na tabela 11 são apresentados os valores de Peso seco (PS) do fuste, Fator de Expansão da Biomassa (FEB), Fator de Carbono (FC) e Fator Raízes (R) e CO₂ removido dos indivíduos amostrados nas áreas 1 e 2 .

Tabela 11: Peso seco (PS) do fuste, FEB (Fator de Expansão da Biomassa), FC (Fator de Carbono) e R (Fator raízes) dos indivíduos da espécie *Pinus* spp. referentes às áreas 1 e 2 em reflorestamento sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa – PR

DAP (cm) (diâmetro à altura do peito em centímetros); H (m) – altura em metros.
 Árvores com os diâmetros médios definidos para as Áreas 1 e 2

| Árvore | DAP (cm) | h (m) | PS Fuste (Kg) | FEB | FC | R |
|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 1/1/1 | 20,7 | 17,5 | 221,28 | 20,01 | 0,480 | 0,101 |
| 2/2/2 | 29,3 | 19,6 | 291,92 | 6,44 | 0,479 | 0,169 |
| 3/1/3 | 32,78 | 20,2 | 562,15 | 13,66 | 0,482 | 0,097 |
| 4/1/4 | 35,01 | 21,4 | 721,38 | 8,82 | 0,479 | 0,174 |
| 5/1/5 | 40,2 | 20,65 | 700,57 | 6,31 | 0,482 | 0,304 |
| 1/1/6 | 24,7 | 18,8 | 345,49 | 22,62 | 0,477 | 0,327 |
| 1/2/1 | 23,9 | 19 | 201,46 | 27,13 | 0,470 | 0,201 |
| 2/2/2 | 29,3 | 19,6 | 399,4 | 10,55 | 0,489 | 0,347 |
| 3/2/3 | 31,19 | 20,5 | 366 | 10,84 | 0,470 | 0,283 |
| 4/2/4 | 37,53 | 19,9 | 696,74 | 9,71 | 0,481 | 0,416 |
| 3/2/5 | 34,38 | 18,24 | 575,05 | 10,82 | 0,470 | 0,277 |
| 1/2/6 | 21,96 | 17,5 | 167,37 | 11,41 | 0,474 | 0,156 |

Na Tabela a seguir apresentam-se os valores referentes à serrapilheira oriunda da pesagem em campo e a amostragem de laboratório e respectivos valores extrapolados para unidade de área (hectare).

Tabela 12: Peso verde (PV), Teor de Matéria Seca (TMS), Peso Seco (PS) e Fator de Carbono (FC) extrapolado para a unidade de área (ha), da serrapilheira coletada nas Áreas 1 (1/1 e 1/2) e Área 2 (2/1 e 2/2) do reflorestamento de *Pinus* spp. sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge, Lapa – PR.

| Serapilheira | PV(Kg) amostra | TMS % | PS(Kg) amostra | FC | Ton C/ha |
|------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------|----------|
| 1/1 | 3,2 | 55,25 | 1,73 | 39,38 | 38,23 |
| 1/2 | 2,6 | 47,17 | 1,47 | 41,247 | 27,74 |
| 2/1 | 6,18 | 56,01 | 3,367 | 46,61 | 75,43 |
| 2/2 | 7,70 | 53,95 | 4,195 | 43,103 | 90,59 |
| Média TMC | | 53,09 | | | |
| % | | | | | |

As medições dos anéis de crescimento dos discos amostrados efetuadas em laboratório identificaram as idades das 12 árvores amostradas, sendo:

Tabela 13: Idade das árvores amostradas obtida através da medição dos anéis de crescimento.

| Árvore | DAP (cm) | h (m) | Idade (anos) |
|--------|-------------|-------|--------------|
| 1/1/1 | 20,7 | 17,5 | 30 |
| 2/1/2 | 29,3 | 19,6 | 41 |
| 3/1/3 | 32,78 | 20,2 | 41 |
| 4/1/4 | 35,01 | 21,4 | 43 |
| 5/1/5 | 40,2 | 20,65 | 42 |
| 1/1/6 | 24,7 | 18,8 | 41 |
| 1/2/1 | 23,9 | 19,0 | 27 |
| 2/2/2 | 29,3 | 19,6 | 30 |
| 3/2/3 | 31,19 | 20,5 | 35 |
| 4/2/4 | 37,53 | 19,9 | 36 |
| 3/2/5 | 34,38 | 18,24 | 35 |
| 1/2/6 | 21,96 | 17,5 | 27 |

Á seguir, na Tabela 14, apresentam-se os valores totais de carbono armazenado calculados tomando-se como referência as Áreas 1 e 2 selecionadas para o presente estudo, bem como as valores de CO₂ (dióxido de carbono) removidos da atmosfera durante todo o período da plantação florestal. Para o cálculo do CO₂ total removido foi tomou-se como referência os valores da árvore com DAP médio do reflorestamento (Tabela 11) considerando ainda um índice de 10% das árvores oriundas de replantio.

Tabela 14: Valores totais de carbono armazenado na biomassa aérea; raízes e serrapilheira e CO_s total removido tomando-se como referência a Área 1 e Área 2.

| Área | Idade (anos) | t C ha ⁻¹ Biomassa aérea e raízes | t C ha ⁻¹ Serrapilheira | TOTAL t C ha ⁻¹ 1 | t CO ₂ ha ⁻¹ | t C área total | t CO ₂ área total |
|------|-----------------|---|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 42 | 601,32 | 32,98 | 634,30 | 2.325 | 39.516,89 | 144.908,43 |
| 2 | 35 | 618,14 | 83,01 | 701,15 | 2.600 | 43.681,65 | 161.967,09 |

4.3 O SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DA MADEIRA

O processo de obtenção de produtos sólidos a partir de madeiras de floresta de rápido crescimento exige um processo industrial, começando com a extração da madeira na floresta. Após a retirada e o tratamento, a madeira é destinada ao comércio e os produtos derivados de madeira são empregados na indústria da construção civil, moveleira e outras (WYSE, 2007).

Segundo visita realizada, verificamos que a Madeireira Eldorado Ltda beneficia a madeira com produtos de serraria – madeiras serradas e manufaturadas (Figura 13), onde as principais aplicações são na indústria moveleira e na construção civil. De acordo com a empresa, a madeira oferecida aos seus clientes é desdobrada com diferentes processos de secagem e beneficiamento.



Figura 13: Madeira serrada encontrada proveniente das árvores extraídas do Parque Estadual do Monge, Lapa –PR, localizadas na Madeireira Eldorado LDTA, Bocaiúva do Sul –PR.

A geração de resíduos é consequência natural da transformação desta madeira, sendo que a combustão destes resíduos gera impactos ao meio ambiente através da liberação de gases e derivados (HILLING et al., 2006). Uma parte dos resíduos gerados nesta produção industrial fica na própria madeireira como insumos energéticos promovendo uma economia na compra de energia utilizada pela indústria na produção. Outra parte é vendida para empresas produtoras de cal da própria região, sendo que os resíduos servirão para abastecimento dos fornos.

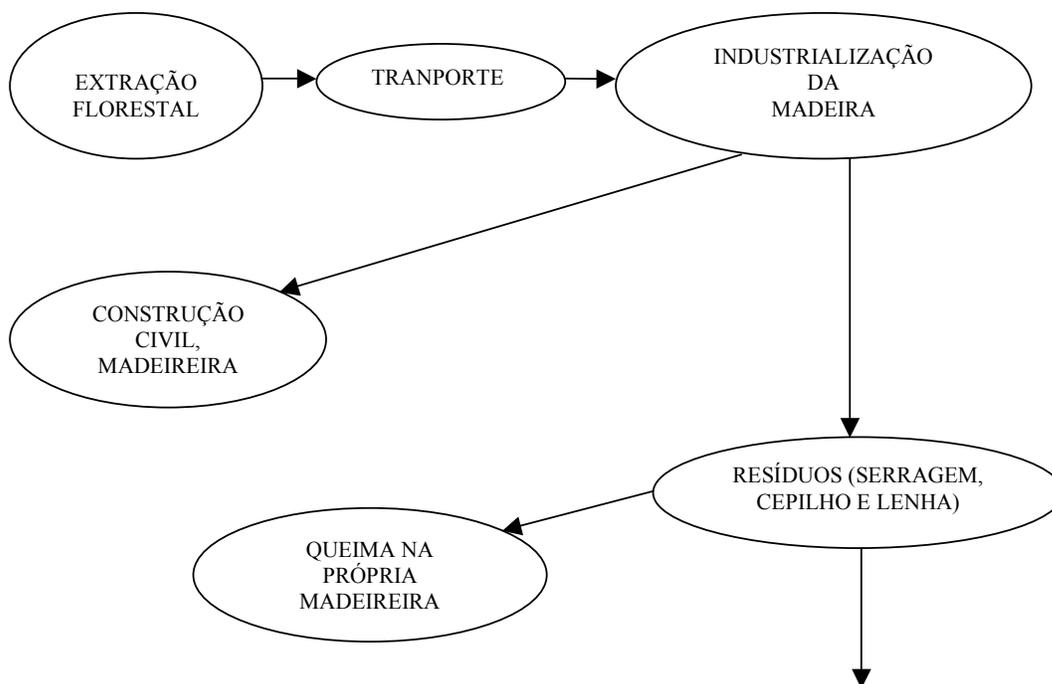




Figura 14: Diagrama do beneficiamento da madeira de *Pinus* spp. após a retirada do Parque Estadual do Monge.

5 DISCUSSÃO

O carbono da biomassa florestal do reflorestamento encontra-se armazenado na madeira beneficiada e comercializada pela Madeireira Eldorado S/A, especificamente oriundo da madeira do fuste e galhos. As possíveis emissões por queima de resíduos de madeira são consideradas nulas pelo mercado de carbono uma vez que a emissão é compensada pela absorção de carbono realizada pelas árvores no seu crescimento.

As informações obtidas pela amostragem preliminar permitiram a identificação de diâmetros superiores ao apresentado no inventário florestal elaborado em 2003, e através das medições dos anéis de crescimento, pode-se dizer que o incremento médio das árvores no período de 2003 a 2009 foi em torno de 4%, denotando-se uma discrepância com relação aos diâmetros medidos em 2003 apresentados no Inventário Florestal.

Através da contagem dos anéis de crescimento dos discos coletados das árvores amostradas, concluiu-se que o reflorestamento da Área 1 foi implementado no ano de 1967 (42 anos) e na Área 2 no ano de 1974 (35 anos), fato corroborado pelo Plano de Manejo da Unidade de Conservação (IAP, 2002), onde consta que os plantios nas áreas de reflorestamento foram realizados em diferentes anos. De acordo com a mesma fonte, as áreas sofreram tratamentos silviculturais durante vários períodos, fato constatado no levantamento de campo, onde algumas árvores amostradas apresentaram idades inferiores como árvores da Área 1 com 30 anos (1/1/1) e na Área 2 com 28 anos (1/2/6; 2/2/2 e 1/2/1), sendo que estas árvores são oriundas de replantio.

As quantificações de carbono para a serrapilheira em ambas as áreas amostradas foram bastante variáveis, possivelmente em função das diferentes

profundidades encontradas. Para a amostragem, foi coletado todo o material existente acima da rocha arenítica, recomendando-se a intensificação amostral e caracterização mais detalhada do material existente acima da rocha. Observou-se que na Área 1 as profundidades encontradas foram menores que na Área 2, em que pese o reflorestamento deste último ser sete anos mais jovem. Isto se deve provavelmente ao fato da rocha na Área 1 estar mais aflorada.

Desta forma, a quantificação de carbono armazenado na plantação florestal até sua erradicação (2009), tomando-se como referência a Área 1 do reflorestamento de *Pinus* spp., foi da ordem de 601,32 t C ha⁻¹ na biomassa aérea e raízes e 32,98 t C ha⁻¹ na serrapilheira, totalizando 634,30 t C ha⁻¹. Da mesma forma, tomando-se como referência as informações da Área 2, obteve-se 618,14 t C ha⁻¹ além de 83,01 t C ha⁻¹ na serrapilheira, totalizando 701,15 t C ha⁻¹. Ao extrapolar estes valores para a área total (62,30 ha) do reflorestamento sobre afloramento rochoso no Parque Estadual do Monge obter-se-á 37.462,24 t C ha⁻¹, podendo chegar ao valor de 39.516,89 t C ha⁻¹ se considerarmos a serrapilheira; e 38.510,12 t C ha⁻¹ na biomassa aérea e raízes podendo, da mesma forma, chegar ao valor de 43.681,65 t C ha⁻¹, respectivamente.

Para o cálculo da quantidade de dióxido de carbono (CO₂) removida da atmosfera pelo reflorestamento, obteve-se: 2.325 t CO₂ ha⁻¹, tomando-se como referência a Área 1 (42 anos) e 2.600 t CO₂ ha⁻¹, tomando-se como referência a Área 2 (35 anos). Ao extrapolar-se para a área total de 62,3 ha obteve-se 144.908,43 t CO₂ ha⁻¹ e 161.967,09 t CO₂ ha⁻¹, respectivamente.

Destes totais, através da medição dos anéis de crescimento das árvores amostradas, concluiu-se que em torno de 40% do crescimento em biomassa das árvores com idade média de 42 anos, se deu nos primeiros 10 anos; 35% entre 11 – 22 anos; 15% entre 23-30 anos e os restantes 10% nos demais anos, atestando declínio de crescimento à partir dos 22 anos. Na Área 2 o crescimento foi de 39% nos primeiros 10 anos; 32% entre 11 – 20 anos; 25% entre 21 – 30 anos e 5% nos restantes 5 anos atestando um comportamento semelhante entre ambas as áreas. De acordo com este crescimento, pode-se concluir que houve um incremento na fixação de carbono de 93,0 t C ha⁻¹/ano nos primeiros 10 anos e 74,0 t C ha⁻¹ /ano dos 11 – 22 anos para a Área 1. Para a Área 2 a fixação de carbono se deu na ordem de 101,40 t C ha⁻¹/ano nos primeiros 10 anos e de 75,64 t C ha⁻¹ /ano dos 11 – 22 anos.

Considerando que, se o reflorestamento da Área 1 tivesse sido erradicado no ano base de 1989 (elegibilidade ao MDL), onde o reflorestamento teria 22 anos e tivesse havido substituição para floresta nativa neste período, atualmente existiria uma floresta com 19 anos e provavelmente em estágio médio de regeneração natural. Para esta tipologia, encontra-se referência em Balbinot (2004), que apresenta um valor de carbono estocado da ordem de $97,75 \text{ t C ha}^{-1}$ para Floresta Atlântica.

Com base nesta referência e nos dados do levantamento de biomassa do presente estudo, até o ano 1989 a floresta plantada fixou $450,99 \text{ t C ha}^{-1}$ e somando-se ao valor da floresta nativa teríamos um valor de $548,74 \text{ t C ha}^{-1}$, sem considerar o carbono armazenado na serrapilheira e solo. À este valor deve-se agregar todos os serviços ambientais fornecidos pela floresta nativa especialmente o retorno da biodiversidade que deverá ser alvo de valoração para projetos REDD+ para a próxima fase do protocolo (pós-Quito). Para o caso da área estudada, estes valores devem considerar o número de espécies encontradas e todos os índices de diversidade e sociabilidade encontrados no levantamento fitossociológico da floresta nativa efetuado em ambiente similar ao da floresta plantada.

Não foram encontradas referências para estudos de fixação de carbono florestal em ambientes altomontanos ou de fragilidade ambiental similar à área de estudo. Porém, foi feita a quantificação do carbono orgânico arbóreo em Floresta Ombrófila Mista Montana por Watzlawick (2003) com valores de biomassa arbórea da ordem de $104,17 \text{ Mg ha}^{-1}$. Deste total, as espécies que mais contribuíram foram: *Ocotea porosa*, *Araucaria angustifolia*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Ocotea pulchella*, *Cupania vernalis* e *Nectandra magapotamica*, as quais representaram 70,43% da biomassa arbórea. A distribuição da biomassa acima do solo seguiu a seguinte ordem decrescente: galhos vivos (45,01%) > madeira do fuste (40,53%) > casca do fuste (9,99%) > folhas (2,40%) > galhos mortos (1,16%) > e miscelânea (0,97%).

Ao tomar-se como referência os IVI (Índices de Valor de Importância) da área do presente estudo, verificamos que 11 espécies, ou seja, 32% do total de espécies encontradas perfazem 71% do IVI total da população arbórea. Apenas quando for efetuada a quantificação de biomassa aérea para todas as partes das árvores, poderá ser afirmado se existe relação entre os valores de IVI e carbono estocado. Watzlawick e Kirchner, 2004 constataram alta variação dos teores de carbono nos

diferentes componentes das plantas nas diferentes espécies, onde, somente na casca foi encontrado o maior teor em todas as espécies.

Entretanto, Delitti e Burger (1998) estimaram a fitomassa de diferentes áreas de florestas atlânticas, testando 25 modelos para florestas tropicais em dados de levantamentos fitossociológicos. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que as florestas atlânticas apresentam máximos de acumulação de biomassa aérea de até 350 t ha^{-1} . Florestas secundárias e perturbadas por diferentes fatores apresentam menos de 200 t ha^{-1} e em casos mais extremos de perturbação as florestas acumulam menos de 100 t ha^{-1} (CARNEIRO, 2008). Balbinot, 2004 encontrou um valor de $189,57 \text{ t C ha}^{-1}$ para biomassa aérea e subterrânea para Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de sucessão.

O levantamento fitossociológico do presente estudo relacionou 34 espécies com base na suficiência amostral e os solos existentes na área do Parque Estadual do Monge, foram classificados no Plano de Manejo como cambissolos háplicos e cambissolos húmicos, neossolos litólicos, afloramentos rochosos com inclusão de organossolos háplicos e de neossolos litólicos e afloramentos rochosos com inclusão de organossolos háplicos. Com base nos estudos citados, pode-se dizer que a fixação de C orgânico em biomassa aérea na floresta objeto deste estudo (transição FOM Montana/FOM Altomontana) se daria entre 200 e 300 t C ha^{-1} sem considerar biomassa abaixo do solo e C armazenado nos solos.

Espera-se que o carbono armazenado na biomassa florestal dos ecossistemas nativos seja inferior ao encontrado em solos mais profundos e férteis, porém devem-se efetuar estudos de fixação de carbono pelos solos, haja vista referências de que solos orgânicos de altitude (1400 m) são grandes armazenadores de carbono. Rocha (1999) encontrou valores médios para C orgânico em solos orgânicos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana (floresta nebulosa) na ordem de $357,9 \text{ g/dm}^3$, considerados muito elevados.

Para a biomassa alocada nas raízes das árvores amostradas, encontrou-se no presente estudo, uma variação de 10 a 42% do total, revelando a importância da relação desse compartimento na quantificação da biomassa florestal. Caldeira (2003) encontrou 20,1% da biomassa das árvores alocada nas raízes. Cairns *et al.* (1997), encontrou valores do compartimento raízes da ordem de 20 a 30% da biomassa de uma floresta.

De acordo com os fatores de carbono encontrados para as diferentes partes das árvores (*Pinus* sp) amostradas, identificou-se a tendência da relação casca do fuste (51,4%)> raiz (48,4%)> folhas (47,0%)> galhos(46,2%)> fuste(44,53%) (Tabela 10), diferentes relação encontrada por Schumacher et. al (2002) em povoamentos de *Pinus taeda* aos 20 anos, em estudo para várias idades (5, 10, 15 e 20 anos), que foi de fuste> galhos> raiz> casca do fuste> folhas.

Para floresta nativa, Watzlawick (2003) encontrou diferentes valores no Estado do Paraná, em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, onde a biomassa acima do solo em ordem decrescente foi: galhos vivos (45,01%) > madeira do fuste (40,53%) > casca do fuste (9,99%) > folhagem (2,40%) > galhos mortos (1,16%) > miscelânea (0,97%), não sendo quantificada a porção raízes. Caldeira, 2003 encontrou as maiores produções de biomassa de madeira e de fuste em *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*, com distribuição relativa da biomassa superior nos galhos, seguida de madeira do fuste, casca, folhas e miscelânea.

As espécies de crescimento rápido e médio possuem tendência em acumular mais biomassa nos galhos em relação às espécies de crescimento lento. Uma das explicações para isso, é porque as espécies de crescimento lento alocam mais biomassa em outras partes da árvore como o fuste e as raízes. Devido ao maior teor de massa seca (TMS) do fuste, somado ao sistema radicial mais desenvolvido, as espécies de crescimento lento possuem uma maior representatividade na biomassa total das árvores (CARNEIRO, 2008).

Weber et al. (2006) analisando seis espécies da Floresta Ombrófila Mista, encontraram os seguintes teores médios de carbono: 42,2% para *Myrsine ferruginea*, 41,8% em *Ocotea porosa*, 41,3% em *Ilex paraguariensis*, 41,0% em *Mimosa scabrella*, 40,7% em *Symplocos uniflora*, e 39,9% em *Styrax leprosus*.

A importância dos remanescentes da cobertura florestal original da formação da Floresta Ombrófila Mista, especialmente relacionados aos patamares altitudinais de transição entre montano (500-1000 s.n.m) e altomontano (acima de 1000 m s.n.m) faz com que o levantamento fitossociológico deste estudo consista numa referência de informações acerca da tipologia em fase avançada de regeneração deste ambiente. Esta base de informações é importante, entretanto, para que os processos de restauração ecológica possam se referenciar nestas áreas, e devido à escassez de informações denota-se a necessidade no desenvolvimento de maiores estudos científicos para esta finalidade. Carneiro, 2008 ressalta que as experiências

com modelagem em florestas nativas, têm se restringido aos modelos de volume e, de forma mais limitada, aos modelos para estimativa da biomassa. Frisa, ainda, que no caso dos plantios de restauração, muito poucos são os trabalhos envolvendo modelagem da biomassa e do carbono, deixando assim uma lacuna de informações a respeito do potencial que esse ecossistema pode gerar como sumidouro de carbono.

O potencial dos plantios de restauração como sumidouros de carbono deve ser um estímulo para a valoração financeira tornando atrativo o investimento em projetos de implantação de florestas fixadoras de carbono. Outros benefícios indiretos proporcionados pela floresta são potenciais rendimentos como sementes florestais, plantas medicinais, apicultura, etc., além dos serviços ambientais relacionados à qualidade da água, biodiversidade, corredores ecológicos, etc. e precisam ser valorados.

Balbinot (2004), em levantamento dos teores de carbono na Floresta Ombrófila Mista considera que a diferenciação dos teores de carbono entre as espécies da Floresta Ombrófila Mista Montana sugere que ecossistemas com florestas naturais apresentam menor estabilidade se comparadas aos ecossistemas com plantações florestais. Esta menor estabilidade deve-se à variações de idades e tamanho das árvores, pois as árvores menores tendem a apresentar maiores teores.

Enfatiza-se, desta forma, a fragilidade das florestas naturais e a biodiversidade destes sistemas, especialmente em ambientes com limitação edáfica e localizada em alto topográfico, como no caso estudado. Quando efetuou-se o levantamento no ambiente de afloramento rochoso em alto topográfico da escarpa devoniana, pretendeu-se enfatizar a fragilidade ambiental existente aliada à solos muito rasos e afloramentos com pequena camada de serrapilheira e onde a floresta tem papel fundamental na estabilização do solo e na manutenção dos serviços ambientais associados, como proteção da qualidade das águas, do solo, fauna e flora e o ambiente paisagístico.

A implementação do projeto de recuperação da floresta nativa em ambiente degradado pelo reflorestamento com monocultura de espécie exótica invasora reiniciará um processo de fixação de carbono florestal e conseqüentemente da reabilitação dos solos orgânicos típicos das regiões de altitude. Discute-se portanto que a adicionalidade de um projeto com estas características poderia se enquadrar dentro da filosofia dos projetos REDD+, pela fixação de carbono florestal através da

regeneração natural e plantio em toda a área anteriormente ocupada por reflorestamento com espécie exótica invasora em fase de estagnação de crescimento, portanto com fixação de carbono próxima a zero.

No entanto, no âmbito do MDL, neste caso específico não há elegibilidade pelo fato da área estar ocupada com floresta no ano de 1990, discute-se portanto a possibilidade de torná-lo elegível pelo simples fato da substituição por floresta nativa que além de fixar carbono para os próximos 30 anos até atingir a fase avançada de sucessão florestal, seja adicional pelo retorno dos serviços ambientais, especialmente da biodiversidade e da proteção da água e do solo. Martins (2004), corrobora com esta assertiva quando cita que 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 intensificação de plantações florestais de rápido crescimento, na maior parte por espécies exóticas invasoras e estabelecidas são importantes no aumento da base madeireira e no aumento dos sumidouros de carbono florestal. Entretanto, para a conservação da biodiversidade especialmente nas áreas de fragilidade ambiental, matas ciliares, regiões declivosas e escarpadas, propõe-se que se reconheça a adicionalidade os projetos de conversão de espécies exóticas por florestas nativas visando o retorno dos serviços ambientais prestados pelas mesmas especialmente o retorno da biodiversidade.

Por meio do REDD+ a manutenção e a restauração das florestas nativas não devem ser tratadas somente por sua importância ambiental local, mas como ferramentas de controle climático que consistem num mecanismo de combate ao aquecimento global, devendo ser incorporada ao âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas. Sob este aspecto, além dos benefícios trazidos pela venda do carbono, os projetos REDD+ possuem grande potencial para geração de benefícios múltiplos, pelo estímulo ao desenvolvimento econômico de comunidades locais baseado no uso sustentável dos recursos da floresta, oportunidades para implementação de pesquisas, aprimoramento do controle ambiental da floresta, entre outros.

Recursos internacionais que viabilizem o REDD+ poderão financiar pagamentos diretos aos projetos e aos produtores que optarem pela conservação de áreas de floresta nativa, por conta da valoração econômica do carbono estocado

nessa florestas e no solo. Além disso, uma parte dos recursos captados pelo REDD+ poderão ser aplicados pelos governos na construção de políticas públicas de forma a assegurar a conservação dos serviços prestados pela natureza.

As relações internacionais foram fortalecidas pelo Protocolo de Quioto, portanto para o próximo período deve haver a efetiva participação dos países em desenvolvimento, principalmente no tocante à mudança de uso do solo.

Desta forma, como existe uma possibilidade em adoção de projetos REDD+ no próximo período do compromisso da Convenção do Clima, este trabalho visou contribuir para uma reflexão acerca da inserção do valor dos serviços ambientais como adicional ao mercado de carbono, especialmente nas Zonas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade.

7 CONCLUSÃO

Os valores obtidos tomando-se como referência a Áreas 1 e 2 são muito semelhantes, em que pese a diferença de idade (42 e 35 anos), devendo-se ser intensificadas as amostragens para quantificação de serrapilheira e solos.

O maior incremento de biomassa se deu nos primeiros 22 anos da idade dos povoamentos, denotando-se uma estagnação de crescimento à partir desta idade.

A quantidade de C fixado pela floresta plantada até os 22 anos de idade acrescendo-se uma estimativa para fixação de carbono em floresta nativa oriunda de restauração florestal, é muito próximo à quantidade de C fixada durante todo o período da plantação florestal.

Devem ser desenvolvidas metodologias para a agregação de valores para os demais serviços ambientais fornecidos pela floresta nativa, especialmente o restauração de processos ecológicos e da biodiversidade, onde a fixação de carbono ecossistêmico pode ser vista pelo mercado de carbono como uma oportunidade bastante atrativa.

Para comparação de teores de carbono em florestas nativas deve-se efetuar o levantamento de quantificação de biomassa e análise de carbono para as diferentes partes das plantas, não havendo como efetuar correlação simples com os valores de parâmetros fitossociológicos com a fixação de carbono florestal. Devem-

se, portanto, serem intensificados os estudos em ecossistemas florestais naturais, no tocante à quantificação do carbono estocado na biomassa acima do solo, abaixo do solo e no solo. Modelagens matemáticas podem representar imprescindíveis ferramentas, porém, pelo reduzido número de referências recomenda-se levantamentos mais detalhados de campo para possibilitar as citadas modelagens, especialmente os fatores de carbono armazenado em diferentes partes das plantas, além do solo e serrapilheira.

Como a área objeto deste estudo trata-se de Unidade de Conservação de Proteção Integral, métodos destrutivos devem ser evitados e não poderão ser desenvolvidos, porém, devem ser viabilizadas áreas experimentais nos ambientes similares da Floresta Ombrófila Mista.

O solo deve ser considerado por ser a base do ecossistema especialmente em ambientes de alta fragilidade onde os horizontes orgânicos do solo são bastante expressivos, denotando um potencial reservatório de carbono.

RECOMENDAÇÕES

Deve ser reconhecida a elegibilidade de projetos florestais que visem a restauração da biodiversidade e dos demais serviços ambientais no mercado de carbono em áreas reconhecidas pelos países como prioritárias para este fim, desde que se comprove a linha de base.

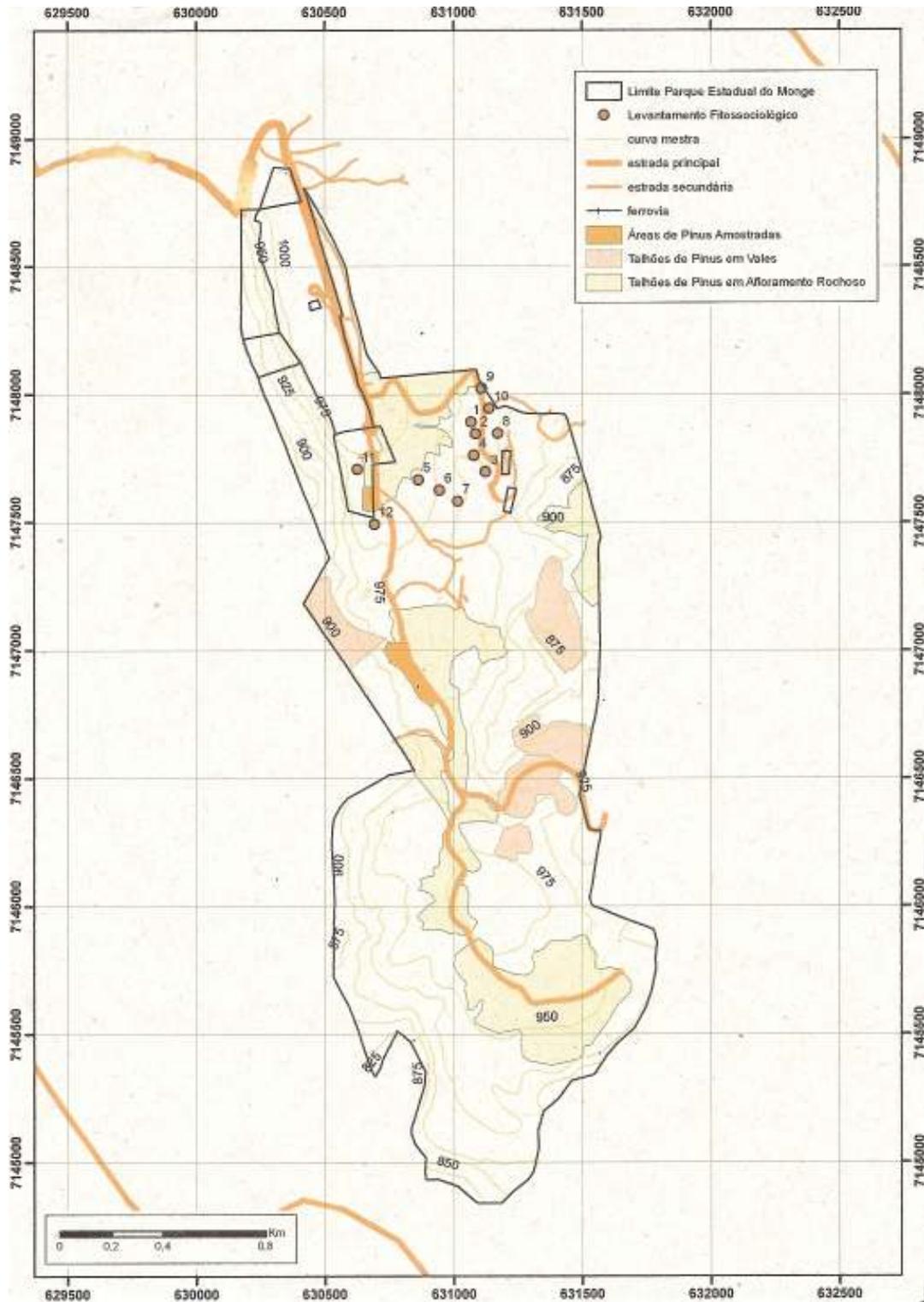
Para referenciar a linha de base, devem ser intensificados estudos de quantificação de carbono estocado em ecossistemas naturais, especialmente em ambientes de alta fragilidade da Floresta Atlântica.

A capacidade da serrapilheira e dos solos em armazenar carbono deve ser reconhecida, devendo ser incorporada nos projetos florestais a quantificação destes componentes.

As florestas plantadas são importantes fixadoras de carbono, porém, não devem ser elegíveis projetos que estejam inseridos em Zonas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade (SEMA, 2009).

APÊNDICES

APÊNDICE A - Localização das 12 parcelas onde foi realizado o levantamento fitossociológico e das áreas 1 e 2 onde foram amostrados os *Pinus* spp. para análise de carbono do Parque Estadual do Monge, Lapa - PR.



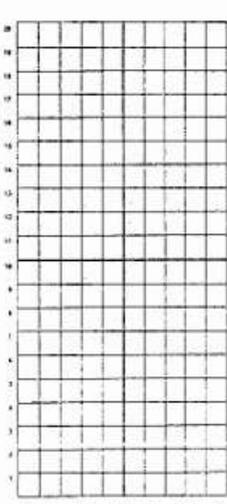
APÊNDICE B: Ficha de campo utilizada para o levantamento fitossociológico.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
 SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
 DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA E MANEJO
 ECOLOGIA FLORESTAL - FITOSSOCIOLOGIA

FICHA PARA LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLOGICO

LOCAL: LATITUDE: RUMO:
 MUNICÍPIO: LONGITUDE: NÚMERO DA PARCELA:
 CLASSE DE SOLO: ALTITUDE: ÁREA DA PARCELA:
 TIPOLOGIA VEGETAL: EXPOSIÇÃO: DATA:
 DECLIVIDADE: RESPONSÁVEL:

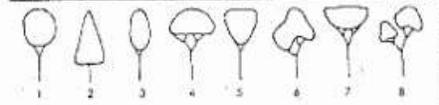
| Nº | ESPÉCIE | PAP (cm) | H (m) | PIM (m) | PS | FF | FC | OBSERVAÇÕES |
|----|---------|----------|-------|---------|----|----|----|-------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | |
| 38 | | | | | | | | |
| 39 | | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | | |
| 41 | | | | | | | | |
| 42 | | | | | | | | |
| 43 | | | | | | | | |
| 44 | | | | | | | | |
| 45 | | | | | | | | |



PS - POSIÇÃO SOCIOLOGICA
 1 - Espaço - ambiente autóctone
 2 - Invasão - espaço do espaço
 3 - Sub-espécies - espaço primitivo

FF - FORMA DO FUSTE
 1 - Reto e cilíndrico
 2 - Levemente torcido ou irregular
 3 - Tordo ou contorcido

LOCALIZAÇÃO DA PARCELA - CROQUI



1 - Globoso
 2 - Cônica
 3 - Elíptica
 4 - Umbeliforme
 5 - Irregular
 6 - Irregular
 7 - Corado
 8 - Anular

REFERÊNCIAS

ARÉVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; MONTOYA VILCAHUAMÁN, L. J. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**, Embrapa Florestas, Colombo, 2002. 41 p.

BALBINOT, R. et al. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 5 , 2003, n. 1, p. 59- 68

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono: estudo de viabilidade no sul do estado do Paraná, Brasil**. 79 f. (Dissertação – Mestrado em engenharia florestal), Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004.

BERTOLINO, M.L. **A questão ambiental: florestas e biodiversidade**. In: Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, I., 2007, Taubaté, Anais, Taubaté: Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas, 2007. p. 245-252.

BOELTER, C.R. & FONSECA, C.R. **Abundância, riqueza e composição de epífitos vasculares em Floresta com Araucária e monoculturas arbóreas**. In: Congresso de Ecologia do Brasil, VIII, 2007, Caxambu. Anais, Caxambu: Sociedade de Ecologia do Brasil 2007. p.1- 2.

BRACK, P. **As monoculturas arbóreas e a biodiversidade**. In: <http://www.inga.org.br/docs/monoculturas_e_a_biodiversidade.pdf>. Acesso em: 21 de Julho de 2009.

BRITEZ, R.; FERRETTI, A. R.; FERREIRA, E. A.; OTA, S. N., **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo como oportunidade para conservação *in situ* de biodiversidade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, IV., 2004. Curitiba. Anais, Curitiba: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação 2004. p.652-661.

BUCKERIDGE, M. S. Mudanças climáticas, biodiversidade e sociedade: como a teoria de redes pode ajudar a compreender o presente e planejar o futuro? In: **Revista Multiciência, Campinas**, vol. 8, 2007, p. 87-107.

CAIRNS, M.A., BROWN, S., HELMER, E.H., BAUMGARDNER, G.A., **Root biomass allocation in the world's upland forests**. *Oecologia*, 1997, p. 1–11.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal), UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2003.

CARNEIRO, D. L. **Modelos matemático de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**, 114 f. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais). UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba, 2008

CASAGRANDE, E.F; UMEZAWA, H.A. Projeto Bambu – seqüestro de carbono, tecnologia social e sustentabilidade In: SANQUETTA, C. R. et al. **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.177-185.

CHANG, M. Seqüestro de carbono no Brasil – dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. In: SANQUETTA, et al. **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.15-37.

CHANG, M., SCHAITZA, E. & OLIVEIRA, E. Coopercarbono – Cooperativa de produtores familiares de carbono do Paraná: um serviço ambiental de carbono. In: ZILLIOTO, M. A. **Mudanças Climáticas, Sequestro e Mercado de carbono no Brasil**. Curitiba, Zilioto, M. A. editor, 2009. p. 163 -180.

COELHO, M. C. C. Restauração de mata ciliar pela viabilização de crédito de carbono: uma proposta sócio-ambiental para comunidade de baixa renda, 110 f. (Dissertação – Mestrado em Tecnologia Nuclear), UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, São Paulo, 2007.

CURTIS, J.T., **The vegetation of Wisconsin**. Madison: University of Wisconsin Press. 1959. 657 p.

CURTIS, T.T.; McINTOSCH, R.P., The interrelation of certain analytic phytosociological characters. **Ecology**, v.31, p.434-450, 1950.

DALLA-CORTE, A. P. & SANQUETTA, C. R. **Quantificação do estoque de carbono fixado em reflorestamentos de *Pinus* na área de domínio da Floresta Ombrófila Mista no Paraná**. Cerne, Lavras, v.13,n.1, p.32-39, 2007.

DALLA-CORTE, A. P. **Metodologia para detecção da Elegibilidade, Linha de Base e Monitoramento de projetos de MDL Florestal**, 106 f. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais). UNIVERSIDADE FERDERAL DO PARANÁ. Curitiba, 2005.

DAUBENMIRE, R. **Plant communities: a textbook of synecology**. New York: Harper & Row, 1968. 300p.

DELITTI, W.B.C.; BURGER, D.M.. **Atlantic forests biomass estimates, Brazil**. In The Earth's changing land GCTE-LUCC. Open Science Conference on Global Change, Barcelona, 1998, p. 341.

FEARNSIDE, P.M., Serviços Ambientais como estratégia para o desenvolvimento sustentável na Amazônia. In: **Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Políticas Públicas**, Cortez Ed., São Paulo, 1997, 436 p.

FEARNSIDE, P.M., As Mudanças Climáticas Globais e a Floresta Amazônica. In: BUCKERIDGE, M. S. (Ed) **Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil**, São Carlos, Editora Rima, 2008, p. 131 -150.

FERRETI, A. R. O papel das Unidades de Conservação no combate às mudanças Climáticas e as oportunidades geradas. In: **Unidades de Conservação – ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2006. p.153-162.

FERRETI, A. R.; BRITZ, R. M. **Ecological Restoration, Carbon Sequestration and Biodiversity Conservation: the Experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil**. Journal for Nature Conservation. Elsevier, 2006. p. 1 a 11.

GUERRA, M.P.; SILVEIRA, V.; REIS, M.S. & SCHNEIDER, L. Exploração, Manejo e Conservação da Araucária (*Araucaria angustifolia*). In: **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**, 1. ed. São Paulo: Senac, 2000. p. 85 - 101.

HILLING, E.; SCHNEIDER, V. E.; WEBER C. & TECCHIO R. D. **Resíduos de madeira da indústria madeireira – caracterização e aproveitamento**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVI, 2006, Fortaleza, Anais. Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, São Paulo, 2006.

HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B. & CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Editora da UFPR. Curitiba, 1998. 162p.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Monge**, 2002.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Lista de espécies exóticas invasoras do Paraná**. Folheto, Curitiba, PR, 2007. 4 p.

IAP – Instituto Ambiental do Paraná – **Programa do Estado do Paraná para Espécies Exóticas Invasoras – resumo executivo**. Curitiba, 2008.44p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais técnicos em geociências, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p.

IPCC. **Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry**. 2003.

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Mudança do Clima 2007: **A Base das Ciências Físicas - Sumário para os Formuladores de Políticas**, Disponível em:

<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/relatorio_ipcc/IPCCWGI.pdf

>Acesso em 03 de Agosto de 2009.

KAGEYAMA, P.Y. & GANDARA, F.B. **Biodiversidade e Restauração da Floresta Tropical**. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, XIV., 2002, Rio Claro, Anais. Rio Claro,: Sociedade Botânica de São Paulo, 2002.

KRUG, T. Contribuição do IPCC para o inventário de gases de efeito estufa relacionados ao uso da terra, mudança no uso da terra e floresta. In: SANQUETTA, C.R. et al... **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.63-75.

MARTINS, O.S. **Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP**. Curso de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos. 2004. 137p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981. 450p.

MAY, P. VEIGA, F., CHANG, M. & BOYD, E. Incorporando o desenvolvimento sustentável aos projetos de carbono florestal no Brasil e na Bolívia. In: **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, vol. 13, n. 1, 2005. p. 5 – 50.

MIRANDA, D.L.C. **Modelos matemáticos de estoque de biomassa e carbono em áreas de restauração florestal no sudoeste paulista**, 114 f. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal), UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2008.

MCT – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**, Relatório de referência, Brasília, 2006, 89p.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2002. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000) e Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**. Brasília. 2002.

MUÉLLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H., **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.

OMETTO, J. P & MARTINELLI, L. A. Ciclos Biogeoquímicos. In: BUCKERIDGE, M. S. (Ed) **Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil**, São Carlos, Editora Rima, 2008, p. 29-53.

PARKER, C., MITCHELL, A., TRIVEDI, M. & MARDAS, N. **The Little REDD+ Book**, Global Canopy Programme, John Krebs Field Station, Oxford, 2009. 136 p.

PEDRINI, A. de G. **Educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global no enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas: uma proposta ao Brasil**. In: Fórum Nacional do Meio Ambiente,VI, 2009, Santa Rosa, Anais, p. 05-03.

PINTO E. P. P.; MOUTINHO, P.; RODRIGUES, L.; FRANÇA, O. F. G.; MOREIRA, P. F. & DIETZSCH, L. **Perguntas e respostas sobre o Aquecimento Global**, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM, Belém, 2009. 63p.

POGGIANI, F. Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes. In: **Série Técnica IPEF**, Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, Piracicaba, v.10, n. 29,1996. p. 22 – 35.

PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Ed. Planta. Londrina, 2001. 327p.

REI, F. & CUNHA, K. B. Instrumentos Legais e Regulamentares. In: **Mudança do Clima, Volume II, Mercado de Carbono**, Parte III, C – Ferramentas para viabilização das oportunidades, Cadernos NAE / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, 2005. p. 313- 373.

RENNER, R. M. **Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**, 147 f., (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal), UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2004.

REZENDE B.B. **O mercado de créditos de carbono como incentivo a um modelo energético e climático sustentável**, 100 f., (Monografia – Bacharelado em Ciências Econômicas) UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Florianópolis, 2008.

ROCHA, M.R.L. **Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi – Morretes, PR** 81 p., (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ROCHA, M.T. **Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: uma aplicação do modelo Cert**, 196 f., (Tese – Doutorado em Economia aplicada), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ROCHA, M.T. Mudanças climáticas e mercado de carbono. In: SANQUETTA, C.R. et al. **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.39-53.

SAMPAIO, G., MARENGO, J., NOBRE, C. A atmosfera e as mudanças climáticas. In: BUCKERIDGE, M. S. (Ed) **Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil**, São Carlos, Editora Rima, 2008, p. 5-28.

SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. et al. **As florestas e o carbono**, Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2002 p.119-140.

SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R. Metodologias para a determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. et al. **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.77-93.

SANQUETTA, C.R.; TETTO, A. F. **Pinheiro - do - Paraná: lendas e realidades**. Curitiba: FUPEF, 2000. 112p.

SANQUETTA, C.R.; DALLA CORTE, A.P.; BALBINOT, R.; LEAL, M.C.B.S.; ZILLOTTO, M.A., Proposta metodológica para quantificação e monitoramento do carbono estocado em Florestas Plantadas. In: **Carbono: Ciência e mercado global**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ 2004. p. 240 – 265.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Estabelece e define o mapeamento das Áreas Estratégicas para a Conservação e a Recuperação da Biodiversidade no Estado do Paraná e dá outras providências**. Resolução N° 005 de 28 de Setembro de 2009, Curitiba, Paraná.

SESSEGOLO, G.C., A recuperação de áreas degradadas em Unidades de Conservação. In: **Unidades de Conservação – ações para valorização da biodiversidade**. Curitiba, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2006. p. 25-33.

SCHUMACHER, M. V., WISCHORECK, R., CALDEIRA, M. V. W., WATZLAWICK, L. F., Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. Plantadas no estado do Rio Grande do Sul – Brasil. In: SANQUETTA, C.R.; et al (eds). **As florestas e o carbono**. Curitiba, 2002. p. 141-152.

SHEPHERD, G. I. **FITOPAC I**. Versão Preliminar. Campinas, 1988.

STRUMINSKI, E.M., **Mapeamento da Vegetação do Parque Estadual do Monge, Lapa, PR**, relatório de pesquisa, 1996, 6p.

WATZLAWICK, L.F. KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C.R.; SCHUMACHER, M.V., A fixação de carbono em Florestas Ombrófila Mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C.R. et al. **As florestas e o carbono**. Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2002. p.153-173.

WATZLAWICK, L.F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens de satélite IKONOS II**, 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba, 2003.

WATZLAWICK, L.F. e KIRCHNER, F. F. et al. **Estimativa de biomassa e carbono utilizando imagens de satélite de alta resolução.** SANQUETTA, C.R. et al. **Fixação de Carbono – atualidades, projetos e pesquisas.** Curitiba, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2004. p.133-151.

WEBER, K. S.; BALBINOT, R.; WATZLAWICK, L.F. ; SANQUETTA, C. R. . **Teores de carbono orgânico de seis espécies naturais do ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. Ambiência** (UNICENTRO), Guarapuava: UNICENTRO, v. 2, 2006. p. 167-177.

WYSE, G. C., **Gerenciamento de resíduos da serraria Flosul Indústria e Comércio de Madeiras Ltda.,** 76 F. Monografia (Bacharelado em Administração) Centro Universitário Ritter dos Reis, Porto Alegre, 2007.

ZILLER, S.R. **Espécies exóticas da flora invasoras em Unidades de Conservação.** In: **Unidades de Conservação – ações para valorização da biodiversidade.** Curitiba, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2006. p.34-52.

ZILLER, S.R. **Espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, IV.,2004. Curitiba. Anais, Curitiba: Rede Nacional Pró Unidades de Conservação 2004. p.74-77.