



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Botânica



Programa de Pós-Graduação em:
ECOLOGIA CONSERVAÇÃO E MANEJO DA VIDA SILVESTRE



**ESTUDOS SOBRE A DINÂMICA E OS ESTOQUES DE CARBONO DA MATA
ATLÂNTICA DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE – MINAS GERAIS,
BRASIL.**

Thiago Igor F. Metzker

Orientadora: *Queila de Souza Garcia*
Co-Orientadora: *Tereza Cristina Spósito*

**Dissertação apresentada ao Instituto de
Ciências Biológicas como parte dos requisitos
para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia,
Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela
Universidade Federal de Minas Gerais.**

**Belo Horizonte
Novembro de 2007.**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de ciências Biológicas
Departamento de Botânica

Programa de Pós-Graduação em:
ECOLOGIA CONSERVAÇÃO E MANEJO DA VIDA SILVESTRE

**ESTUDOS SOBRE A DINÂMICA E OS ESTOQUES DE CARBONO DA MATA
ATLÂNTICA DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE – MINAS GERAIS,
BRASIL.**

Thiago Igor F. Metzker

Orientadora: *Queila de Souza Garcia*
Co-Orientadora: *Tereza Cristina Spósito*

Apoio Institucional:



Financiamento:



**Belo Horizonte
Novembro de 2007.**

*“Sou o que sou, no meu universo ínfimo:
Um menino tolo chutando a bola contra o muro!”*

*(in poesias)
Anderson Freitas.*

Dedico a Antônio César Metzker Guerra (in memoriam).

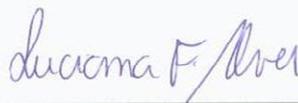
ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
AGRADECIMENTOS	6
AGRADECIMENTOS	7
RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
Área de estudo	22
Coleta de Dados.....	25
Marcação das Parcelas de Monitoramento Permanente (PPM).....	25
Marcação das Árvores, Palmeiras e Lianas	25
Calibração da Fita Diamétrica	27
Calibração do Medidor	28
Censo e Recenseamento	28
Estimativa de Biomassa Vegetal Viva Acima do Solo (BVAS) e Estoques de Carbono (EC).....	29
Mortalidade e Recrutamento	31
Assimetria de curvas.....	31
Análise Estatística	32
Caracterização das Parcelas Permanentes de Monitoramento (PPM).....	33
Lagoa Preta (LP).....	33
Lagoa do Juquita (LJ).....	33
Lagoa Central (LC).....	34
Garapa Torta (GT).....	34
Lagoa do Aníbal (LA)	35
RESULTADOS	36
Densidades e Estrutura Diamétrica (classes diamétricas)	36
Quantificação da Biomassa Vegetal Viva Acima do Solo (BVAS).....	40
Mudança dos Estoques de Biomassa Acima do Solo (BVAS) no período de 2005 a 2006	46
DISCUSSÃO	50
CONSIDERAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DE FLORESTAS TROPICAIS	59
O Efeito estufa e o Aquecimento Global.....	59
A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o Protocolo de Kyoto	61
A Conservação e os Créditos de Carbono	64
BIBLIOGRAFIA	68
ANEXO 1	76
ANEXO 2	77

Dissertação defendida em 05/12/2007, e aprovada pela banca examinadora constituída pelos professores:



Dr. Ary Teixeira de Oliveira Filho



Dra. Luciana Ferreira Alves



Dra. Queila de Souza Garcia (Orientadora)

AGRADECIMENTOS

À Natureza, por ter me dado à oportunidade de me aproximar e aprender a respeitá-la melhor. Às árvores por terem me ensinado mais sobre a paciência e perseverança. Aos bichos por terem me ensinado mais sobre a união.

Em especial a minha Família que suporta a ausência em muitos momentos, respeitando minha opção acadêmica. Pai, Maria Alice Ferreira Metzker (mãe), Leonardo, Fabrício e Frederico, meu muito obrigado. A todos meus familiares (D. Alice minha avó, tios, tias e primos), também agradeço por todo o apoio.

À Tereza Spósito pela confiança, oportunidades e todo conhecimento repassado ao longo desses anos de convivência. À orientadora Queila Garcia por ter acreditado nesta proposta. Ao projeto TEAM pela infra-estrutura e financiamento deste trabalho. Ao Departamento de Botânica por ter-me “acolhido” durante todo o trabalho. Ao Prof. João Renato Stehmann por opiniões sempre construtivas e motivadoras. Ao Dr. Marcos Sobral pelas conversas e discussões cotidianas que muito me engrandecem. Às amigas Mara e Mariana, que muito colaboraram no extensivo trabalho de campo, fazendo deste sempre divertido e menos cansativo. À Camilitrix e Carol, “residentes” TEAM que também colaboraram na coleta de dados. Ao diretor, Marcos Vinícius, e amigos do Parque Estadual do Rio Doce (Ivanildo, Naná, Tião, Seu Waldemar, porteiros e demais funcionários) que deram contribuições imprescindíveis para a coleta de dados deste trabalho. Ao Geraldo Adriano dos Santos (Canela) por todo apoio e conhecimento repassado. Pelo seu exemplo de vida e batalha que sempre me inspiraram.

À Marcela. Minha companheira de várias jornadas. Pelos muitos cuidados e ensinamentos. Pela paciência e atenção durante a Leishi e vários outros contratemplos

durante estes 5 anos de convivência aqui. Por seu carinho e colo que muito me acalmam perante a cidade.

A toda a comunidade da ECMVS que sempre produzem discussões construtivas sobre os trabalhos. Pelo apoio institucional que dá força ao trabalho.

Aos companheiros de residência em Belo Horizonte. Ao amigo Sapo (Anderson), poeta e revisor gramatical deste trabalho. Pela desconstrução das informações e por sempre lembrar que existem outras possibilidades para a escolha dos caminhos a se seguir. Pelo silêncio essencial. Ao amigo Fino (Ricardo) pela ajuda e correção do abstract deste trabalho, além da mochila e jaqueta! Ao Muskito (Edgar) pela criação e domínio do Photoshop, que muito contribuíram durante os congressos e eventos de divulgação do trabalho. Ao Lois pelas discussões filosóficas e pelas competitivas partidas de sinuca. Aos amigos da República Manicômio de Ouro Preto (Lagartão, Jacaré, P. Nenhuma, ET, Faraó, Shumaker e Escrotão), por sempre estarem presentes. Ao companheiro Perna (Duarte), articulador dos melhores alívios, durante os momentos de tensão deste trabalho. Mesmo à distância um grande colaborador por sua tão marcada presença espiritual. Ao grande mestre Gilberto Pedralli (*in memoriam*), por todo conhecimento e o incentivo dado no início da vida acadêmica. A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a finalização deste estudo (Suma, Sing, Rampa, Lorenzi, Genebaldo, Capra...).

A todos os outros não citados aqui.

Meu muito obrigado!

RESUMO

Existe hoje grande controvérsia sobre as conseqüências das mudanças climáticas globais na estrutura e na dinâmica das florestas tropicais. Esses ambientes estocam até 40% de todo o carbono que, através de queimadas, pode ser liberado para a atmosfera aumentando o poder estufa dessa camada. O monitoramento a longo prazo destes ecossistemas vem sendo usado como uma estratégia para responder questões como: Existem mudanças a longo prazo nos padrões da estrutura florestal? Como funciona a dinâmica de crescimento florestal? Em longo prazo a floresta está emitindo ou sequestrando carbono para a atmosfera? Através desses dados, estratégias conservacionistas poderão manejar, com antecipação, estes ambientes de forma a manter sua diversidade e estrutura. O estudo foi realizado no Parque Estadual do Rio Doce (36.000 ha), o maior remanescente de Mata Atlântica contínua do estado de Minas Gerais. Tal bioma, representado por um mosaico florestal, se distribui no sentido litoral-interior abrangendo toda a costa do país. Além de uma importância na história da colonização brasileira este bioma possui uma alta diversidade e um alto grau de endemismo sendo considerado um dos *Hot-Spots* mundiais. Para o estudo, foram usados cinco parcelas permanentes de monitoramento, de 1 ha (10.000 m²), onde todas as árvores com DAP \geq 10 cm foram marcadas e são medidas anualmente. Estas parcelas representam a heterogeneidade do mosaico da Mata Atlântica abrangendo áreas de floresta primária e secundária. No total foram marcados 2755 indivíduos sendo a densidade média encontrada nas parcelas de 517 \pm 80 (DP). Somente nas áreas primárias foram encontradas palmeiras que variaram de 25 a 85 indivíduos por hectare. A estrutura diamétrica corresponde ao padrão florestal de *J* invertido e foi semelhante entre as parcelas. A classe de 10-20 cm contribuiu em média com 72,17% do total de indivíduos. O maior diâmetro medido foi de 110 cm. Em média, a taxa de recrutamento

(1,75) foi maior que a taxa de mortalidade (1,14) nas parcelas. Contudo o diâmetro médio das árvores mortas é maior quando comparadas ao dos recrutadas. As árvores do PERD cresceram em média 0,1 cm.ano⁻¹. É importante salientar que as árvores maiores de 40 cm de DAP cresceram mais, em média 0,2 cm.ano⁻¹. Assim sendo o crescimento interno da comunidade compensou as altas perdas da mortalidade resultando ainda em um delta positivo de crescimento. Os valores de biomassa seca diferiram entre os estágios sucessionais e mesmo dentro das parcelas. Esses valores variaram de 224 Mg.ha⁻¹ (área secundária) a 306 Mg.ha⁻¹ nas áreas de floresta primária. Portanto como exercício de simulação linear pode-se especular que no PERD existem cerca de 3 milhões de megagramas de carbono estocado. Um fato relevante é que essa comunidade apresentou um incremento líquido de 1,2 megagrama de carbono por hectare, anualmente, isso quer dizer que essa floresta está funcionando como sumidouro (*sink*) de carbono. Após os resultados lançados pelo IPCC em 2007, a preocupação pela conservação das florestas se intensificou, visto a necessidade de se manter os estoques de carbono nestes ambientes. Os dados gerados fornecem subsídios para o entendimento da dinâmica da comunidade florestal que, quando comparadas às outras florestas do mundo, tendências poderão ser identificadas. Além disso, os dados poderão ser usados para que a conservação destas florestas também seja elegível para os projetos de MDL, no âmbito do Protocolo de Kyoto, onde os recursos financeiros alocados possam ser aplicados exclusivamente na conservação destes ambientes.

ABSTRACT

Currently there is a great controversy regarding global climatic change in tropical rainforest dynamic and structure. These environments contain up to 40% of all carbon which can be released on the atmosphere through forest burndown, increasing the power of greenhouse effects. Tropical forest long-term monitoring is an important strategy to answer some issues such as: Are there long term changes in structure patterns in tropical forests? How does forest growth dynamics work? In long term analysis, is the rainforest functions as a source or carbon sink? Through this data conservation strategies will be able to handle, in advance, these environments in a way to maintain their diversity and structure. The study area is the Rio Doce State Park (36.000 ha), the largest Atlantic Rainforest remainder in Minas Gerais State. Such biome, represented as a forest mosaic, distributes itself in a coast-continent direction, embracing the whole country coast. Besides having a major importance in Brazilian colonial history, this biome has a high diversity and a high degree of endemism, being considered one of the world's hotspots. For this study five 1 ha permanent monitoring plots were used, (10.000 m²), where all trees DAP \geq 10 cm have been marked and are measured annually. These portions represent the Atlantic rainforest mosaic's heterogeneity, embracing primary and secondary rainforest areas. 2,755 individuals have been marked in sum, where the average density found in those portions is of 517 \pm 80 (SD) per hectare. Only in primary areas palm trees have been found, varying from 25 to 85 individuals per hectare. The diametric structure corresponds to the inverted J forest pattern and it was similar among the plots. The 10-20 cm diameter class contributed with an average 72,17% of total individuals. The largest diameter measured was of 110 cm. In average, the recruitment rates (1,75) was greater than mortality (1,14) in the plots. However, the average diameter of died trees is larger than the recruits. The PERD trees grew 0.1 cm.year⁻¹ in

average. It's important to notice that trees larger than 40 cm DAP had grown higher, $0.2 \text{ cm}\cdot\text{year}^{-1}$. Therefore, the high mortality losses were compensated by the community ingrowth, still resulting in a positive delta growth. The dry biomass values differed between the successive stages and even inside the plots. These values vary from $224 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (secondary area) to $306 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ in primary forest areas. Therefore as a linear simulation exercise, there could be about 3 millions Mgs of stored carbon in the PERD. An important fact is that this community presented a liquid adding of 1,2 carbon Mgs per hectare annually, which means the forest is working as a carbon sink. After the released results by IPPC 2007 the concern of forest conservation have intensified due to the need of maintaining carbon stocks in these environments. Data generated by this study supply subsidies for understanding forest community dynamics and when compared to other world forests, global tendencies can be identified. Besides, data can be used so that these rainforest conservations can also be elective for CDM projects in the range of Kyoto Protocol, where financial resources allocated can be applied exclusively in these environments' conservation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa de cobertura vegetal e uso do solo do Parque Estadual do Rio Doce (Hirsch 2003).

FIGURA 2: Estrutura geral da Parcela Permanente de Monitoramento (PPM), com 25 sub-parcelas e a direção do caminhamento.

FIGURA 3: Detalhe da marcação das árvores: Tubo de PVC graduado, tinta (POM a 1,30 m), prego e placa (1,60 m).

FIGURA 4: Histogramas de distribuição diamétrica para as cinco PPMs de estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. (A) – Lagoa Preta; (B) – Lagoa do Juquita; (C) – Lagoa Central; (D) – Garapa Torta; (E) – Lagoa do Aníbal. Distribuição de “J” invertido, todos com assimetria positiva à direita de tendência unimodal.

FIGURA 5: Diagrama de contorno de distribuição espacial da biomassa seca (árvores + palmeiras) nas 25 sub-parcelas. (A) – Parcela da Lagoa Preta. (B) – Parcela da Lagoa da Juquita. Ambas pertencem a fisionomia de floresta primária plana, Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

FIGURA 6: Diagrama de contorno de distribuição espacial da biomassa seca (árvores + palmeiras). (C) – Parcela da Garapa Torta; (D) – Parcela da Lagoa do Aníbal; (E) Parcela da Lagoa Central. (C) e (D) pertencentes à fisionomia de floresta secundária de encosta e (E) pertencente à fisionomia de floresta primária de encosta. Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

FIGURA 7: Relação entre a inclinação do terreno (declividade) e a biomassa nos sub-plots das cinco PPMs em estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG

FIGURA 8: BOX PLOT para distribuição do crescimento nas 5 parcelas em estudo de setembro de 2005 a setembro de 2006. LP e LJ (Lagoa Preta e Lagoa do Juquita – floresta primária plana); LC (Lagoa Central – floresta primária de encosta); LA e GT (Lagoa do Aníbal e Garapa Torta – floresta secundária de encosta). Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. ▭ Mediana; · Outliers; ▭ Extremos.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Equações alométricas usadas nas estimativas de biomassa vegetal seca* ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para as parcelas do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG, baseadas no DAP (Diâmetro a Altura do Peito).

TABELA 2: Parcelas Permanentes de Monitoramento (PPM) em estudo. Fitofisionomia e tipo de topografia em cada PPM. Densidades de árvores, palmeiras e lianas dadas em número de indivíduos. Todas as PPM com coeficiente de assimetria de Pearson > 0 indicando assimetria positiva a direita. Dados de densidade em 2005 no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

TABELA 3: Contribuição por classe diamétrica da densidade de indivíduos arbóreos (árvores + palmeiras) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG, em 2005.

TABELA 4: Valores de biomassa seca e total do carbono estocado (última coluna) para as cinco parcelas em estudo, calculados a partir da equação de Higuchi (1998 - atualizadas). Dados em quilograma por hectare. Contribuição de cada compartimento para a biomassa total (árvores, palmeiras e lianas) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG.

TABELA 5: Dados da contribuição de biomassa seca (árvores + palmeiras) por classe diamétrica nas 5 diferentes parcelas em estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. Dados referentes a setembro de 2005. Biomassa seca dada em quilograma por classe diamétrica. O valor total se refere ao valor em quilograma por hectare.

TABELA 6: Quantificação da biomassa viva acima do solo (BVAS) nas 5 parcelas de estudo em 2005 e 2006 no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. Número de indivíduos recrutados e mortos durante o intervalo do censo. M (taxas de mortalidade) e R (taxas de recrutamento). Saldo líquido: (biomassa total de 2005 – biomassa das mortas (2006) + biomassa dos recruta (2006) + biomassa do incremento diamétrico (2006)). Teor de carbono sendo 50% da biomassa seca (Higuchi 1994). Inclui todos os indivíduos da parcela (árvores, palmeiras e lianas).

TABELA 7: Fitofisionomias do PERD. Tamanho da área correspondente e a média de carbono estocado. FES Avançado (Floresta Estacional Semi-Decidual Avançado); FES Regeneração (Floresta Estacional Semi-Decidual em Regeneração); SI (Sem Informação). Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria MG.

TABELA 8: Quilogramas de carbono sequestrado por ano nas áreas de floresta do PERD. Cotação do carbono de \$10 dólares a Mg em média.

TABELA 9: Valores de biomassa seca para as cinco parcelas em estudo. Biomassa de árvores calculadas a partir da equação de CHAVE 2005. Biomassa de Palmeiras: Nascimento & Laurance 2002. Biomassa de Lianas: Gerwing 2000. Dados em quilogramas por hectare. Contribuição para a biomassa total (árvores, palmeiras e lianas) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG.

TABELA 10: Valores médios de incremento anual em carbono para algumas espécies representantes da flora do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG. Valores médios em toneladas por espécie referentes aos anos de 2005 a 2006. Carbono calculado a partir das equações de Higuchi (1994) corrigidas pelo fator de densidade médio das espécies.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas;
CO₂ – Dióxido de carbono;
CH₄ – Metano;
GEE – Gases de Efeito Estufa;
N₂O – Óxido Nitroso;
PFCs – Perfluorcarbonatos;
HFCs – Hidrofluorcarbonatos;
PPM – Parcelas de Monitoramento Permanente;
PERD – Parque Estadual do Rio Doce;
DAP – Diâmetro a altura do Peito;
POM – Ponto de Medição;
RIO-92 – A RIO-92, ECO-92. Cúpula ou Cimeira da Terra são nomes pelos quais é conhecida a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD);
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente;
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia;
IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)
MDL – Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (CDM – Clean Development Mechanism)
INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais;
VOCs - Volatile Organic Compounds
PIB – Produto Interno Bruto;
IEF – Instituto Estadual de Florestas;
PVC - Poli Cloreto de Vinila (Usado para a fabricação de canos de PVC);
BVAS – Biomassa Seca Acima do Solo;
EC – Estoques de Carbono
M – Referente à taxa de mortalidade;
R – Referente à taxa de recrutamento;
No – Número inicial de indivíduos;
As – Coeficiente de Assimetria de Pearson;
LP – Lagoa Preta;
LJ – Lagoa do Juquita;
LC – Lagoa Central;
GT – Garapa Torta;
LA – Lagoa do Aníbal;
RAINFOR – The Amazon Forest Inventory Network;
LBA – Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazônia;
BDFFP – Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais.

ESTUDOS SOBRE A DINÂMICA E OS ESTOQUES DE CARBONO DA MATA
ATLÂNTICA DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE – MINAS GERAIS,
BRASIL.

INTRODUÇÃO

Na última década, a percepção humana a respeito dos ciclos naturais climáticos da Terra vem se diferenciando. Eventos climáticos extremos acontecem no planeta de forma natural desde o seu surgimento, caracterizados pelas mais recentes eras glaciais (pleistoceno) até os numerosos períodos secos (como nos trópicos do velho mundo), durante os últimos 60 milhões de anos (Haffer 2002). Dentro da escala de tempo geológica, essas mudanças nos ciclos climáticos da Terra são naturais e acompanham flutuações orbitais, como os ciclos de Milankovitch¹ (precessão, obliquidade e excentricidade), que de certa forma podem trazer produtos evolutivos diversos através do isolamento de populações, afetando, assim, a diversidade biológica.

Entretanto, a preocupação hoje está voltada para a velocidade e a intensidade com que ocorrem as mudanças no sistema climático da Terra a partir da Revolução Industrial do século XVIII (Yu 2004). Durante a “Cúpula da Terra”, ou ECO-92 como ficou conhecida, uma convenção sobre as mudanças climáticas foi assinada por representantes de mais de 154 países do mundo, além da Comunidade Européia. Esta convenção (CQNUMC) declara uma preocupação internacional sobre as conseqüências dos altos índices de GEE na atmosfera para a economia, o meio ambiente (ecossistemas) e para a humanidade.

As Florestas Tropicais são responsáveis por manter milhões de toneladas de carbono estocados em seus reservatórios, armazenando cerca de 40% de todo o carbono que reside na vegetação terrestre (Dixon *et al.* 1994, Malhi & Grace 2000). Nos ciclos naturais essa biomassa vegetal, estocada através dos processos de fotossíntese, assegura

¹ Precessão: Variação no tempo da distancia entre a Terra e o Sol; Obliquidade: Variação no tempo da inclinação do eixo da Terra; Excentricidade: Mudança da órbita elíptica da Terra no tempo. (Silva 2007).

um balanço na ciclagem do carbono mantendo trocas dinâmicas com a atmosfera. Esta dinâmica é controlada pelo balanço das taxas de mortalidade e recrutamento – *turnover*, importante componente da produção primária (NPP) (Phillips *et al.* 2004). Recentes estudos sugerem que a rotatividade (*turnover*) das florestas tropicais, bem como as taxas de crescimento e de aumento da biomassa, vêm sofrendo uma aceleração nas últimas décadas devido à fertilização dessas florestas pelo aumento de CO₂ na atmosfera (Phillips & Gentry 1994, Baker *et al.* 2004, Laurance *et al.* 2004, Lewis *et al.* 2004, Phillips *et al.* 2004, Lewis 2006). Contudo, Feeley *et al.* (2007) demonstra um desaceleramento nas taxas de crescimento das árvores para as florestas do Panamá e da Malásia correlacionada principalmente a diminuição da precipitação e aumento da temperatura diária mínima.

A acelerada mudança dos padrões dinâmicos das florestas pode acarretar sérias implicações para a biodiversidade e para a economia do planeta. Existe uma complexa interligação entre os fatores bióticos e abióticos que ainda são pouco conhecidos, mas que já estão sofrendo mudanças. A perda de biomassa nas formações florestais (conseqüentemente perda de biodiversidade), por exemplo, também pode afetar o regime natural dos ciclos hidrológicos. Através de experimentos realizados na Amazônia pelo LBA (*Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazônia*) – Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia, sabe-se hoje que as florestas tropicais têm um importante papel no controle do regime das chuvas (Artaxo *et al.* 2005). As florestas produzem compostos orgânicos voláteis² (VOCs) que ficam suspensos na atmosfera. Ao mesmo tempo, através da evapotranspiração, a floresta lança vapor de água na atmosfera. Quando as massas de ar, que chegam dos

² A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) define Compostos Orgânicos Voláteis² (VOCs) como qualquer composto orgânico capaz de reagir fotoquimicamente na atmosfera.

oceanos, se encontram com esses vapores produzidos pela floresta, há uma grande saturação atmosférica. Desta forma, os VOCs funcionam como núcleos de condensação destes vapores de água, tornando possível a formação de nuvens densas e, conseqüentemente, de chuvas. Estas promovem uma retroalimentação, um controle necessário do ciclo hidrológico nas florestas. É importante salientar que, neste processo, tanto os VOCs bem como parte do volume dos vapores de água são produzidos na floresta, e a perda de biomassa florestal (conseqüente perda da diversidade biológica) pelas mudanças no uso da terra implica na diminuição das concentrações e da diversidade de tais compostos. Sem estes, o ar, mesmo saturado de vapor, teria pouca capacidade para formar as nuvens e as chuvas regionais. Portanto, sem a devida recarga de água para o sistema florestal, todo o ciclo hídrico pode ficar comprometido e, com isso, levar a floresta para futuros processos de desertificação³. Além disso, tais florestas abrigam 50% de todas as espécies do mundo, sendo consideradas ambientes megadiversos (Gentry 1992, Heywood & Watson 1995, Mittermeier *et al.* 1997). Portanto, qualquer tipo de modificação nessas áreas pode acarretar graves conseqüências à biodiversidade, ao ciclo natural do carbono e às taxas de pluviosidade, o que pode comprometer a economia e o bem-estar da humanidade.

A Mata Atlântica, representada por um mosaico de florestas tropicais que se distribuem no sentido litoral-interior brasileiro, possui uma alta biodiversidade e alto grau de endemismo, representando uma elevada riqueza biológica que, juntamente com seu grande nível de ameaça, foi apontada como um dos *hotspots* mundiais (Myers *et al.* 2000, Mittermeier *et al.* 2004). Esse bioma é de grande importância, pois abriga 60% da população brasileira, sendo responsável por quase 70% do PIB nacional (CI-Brasil *et al.*

³ Conforme a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, a desertificação foi definida como sendo a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas resultantes de fatores diversos, tais como as variações climáticas e as atividades humanas.

apud Rocha *et al.* 2006). Além disso, a Mata Atlântica hoje está reduzida a menos de 8% de sua cobertura natural (Fundação S.O.S. Mata Atlântica *et al.* 1998), congregando um histórico de ocupação desordenada desde o litoral até o interior do Brasil, com sucessivos impactos resultantes de diferentes ciclos de exploração (Rocha *et al.* 2006), como o ouro, cana-de-açúcar, café e madeira. Além disso, estes remanescentes ainda hoje estão susceptíveis a fortes pressões econômicas e sociais advindas de um modelo de desenvolvimento que pouco considera as questões ambientais (Spósito & Stehmann 2006). Toda essa pressão resulta hoje em um bioma extremamente fragmentado, com remanescentes florestais de pouca conectividade, composto por uma matriz de núcleos urbanos entremeada por pastos e plantações de eucalipto.

Ao contrário da Amazônia, pouco se sabe sobre a quantidade e a distribuição espacial dos estoques de carbono na Mata Atlântica. Os conhecimentos sobre esses estoques são importantes para cálculos de produtividade primária (Chambers *et al.* 2001, Stephenson & Mantgem 2005, Keeling & Phillips 2007) e para as modelagens climáticas, pois servem de base para a quantificação das emissões e suas trocas com a atmosfera durante os anos. Através das taxas de desmatamento, por exemplo, pode-se quantificar a taxa de carbono emitida para a atmosfera e assim prever o que o aumento desta concentração fará com as temperaturas médias. Sabe-se que existe um grau de incerteza do futuro cenário climático do planeta e em particular do Brasil (Marengo 2006). Nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste do Brasil a previsibilidade (*skill*) dos modelos de previsão climática é baixa quando comparada a áreas da Amazônia (Marengo 2006). Lacunas de dados de biomassa e estoques de carbono para o sudeste brasileiro, sobretudo para a Mata Atlântica, podem aumentar as incertezas durante as modelagens climáticas realizadas pelo IPCC para essas regiões. Tanto para os países desenvolvidos como para os em desenvolvimento existe a forte necessidade de saber o que acontece em seus

territórios em relação à dinâmica do carbono frente às mudanças climáticas, para que *a posteriori* estes dados preencham as lacunas existentes nas modelagens climáticas. Portanto, torna-se evidente a importância de estudos de quantificação dos estoques de carbono nas florestas tropicais (Malhi & Grace 2000, Malhi *et al.* 2002). Com isso, o objetivo geral deste trabalho se concentra em quantificar a biomassa vegetal acima do solo e analisar as mudanças dos estoques de carbono nos diferentes estágios sucessionais, através de uma metodologia padronizada no Parque Estadual do Rio Doce - MG. Como objetivos específicos o enfoque foi analisar a dinâmica destes diferentes estágios florestais em relação à contribuição das classes diamétricas (estrutura), as taxas de crescimento, as de recrutamento e as taxas de mortalidade. O presente estudo consiste na primeira iniciativa de um rigoroso monitoramento anual da dinâmica e de estudos de biomassa para a Mata Atlântica do estado de Minas Gerais. Estimativas confiáveis desses estoques são essenciais para se quantificar o carbono emitido ou sequestrado, no tempo e no espaço, para que, no âmbito do Protocolo de Kyoto e das mudanças climáticas, decisões efetivas e políticas públicas possam ser criadas tendo em vista um adequado manejo e a conservação desses ambientes florestais tropicais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), maior remanescente de floresta contínua do bioma da Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. O PERD, localizado no trecho médio da bacia do Rio Doce, possui uma área de 35.976,43 ha de floresta nativa em vários estágios de sucessão, entremeada por um sistema lacustre com cerca de 130 lagos nos mais variados estágios de sucessão (Seeliger *et al.* 2002), representando 6% da área total do parque (IEF 1994).

O PERD foi criado pelo decreto 1.119 no ano de 1944 por iniciativa do Arcebispo de Mariana Dom Helvécio Gomes de Oliveira, que desde a década de 30 lutava pelas causas ambientais da região. Localizado entre os meridianos 42°38'30``-48°28'18``W, e os paralelos 19°48'18``-19°29'24``S, tem sua área dividida entre os municípios de Timóteo (14,1%), de Marliéria (83,3%) e de Dionísio (2,6%) (Silva 2001). A sede do parque se encontra a 30 km de Timóteo, 150 km de Governador Valadares e 250 km de Belo Horizonte – MG (Hirsch 1995), e pode ser acessada através das BR 381 e BR 262 até São José do Goiabal.

Em 1967, ocorreu um grande incêndio próximo ao Campo de Pouso, no período de julho a setembro, queimando 9.000 hectares do PERD (Silva 2001). Após esse período, apenas incêndios de pequenas proporções ocorreram não havendo registros de incêndios florestais de maiores dimensões. Fato que possibilitou um processo de regeneração natural, ampliando assim a heterogeneidade da paisagem. Hoje, o PERD é constituído de partes de florestas secundárias intercaladas por trechos com características ainda primárias. Considerando-se o modelo e o nível de intervenção humana na região, que

resultou na destruição de extensas áreas da cobertura vegetal original, o PERD assume uma posição de destaque na preservação dos recursos naturais regionais (Lopes *et al.* 2002). Outros impactos recorrentes na área do PERD foram, no passado, o corte seletivo de madeira, a exploração do palmito doce (*Euterpe edulis*) e a caça de animais silvestres.

A vegetação do PERD é classificada como Floresta Estacional Semidecidual

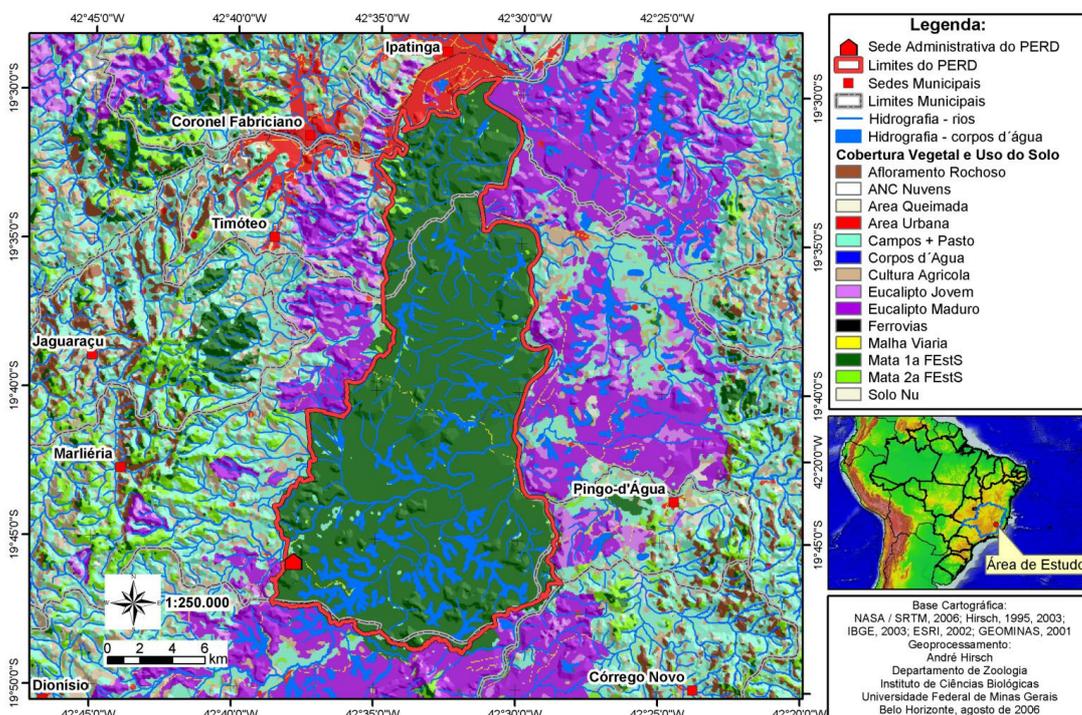


Fig. 3: Mapa de cobertura vegetal e uso do solo da região do Parque Estadual do Rio Doce, segundo Hirsch (2003).

FIGURA 1: Mapa de cobertura vegetal e uso do solo do Parque Estadual do Rio Doce (Hirsch 2003).

Submontana com uma estação seca de quatro a cinco meses (Veloso 1991). No plano de manejo do PERD, o mapa de cobertura vegetal apresentado classifica a vegetação como Floresta Tropical Semi-Decídua e classifica-o em até 10 tipologias vegetais baseadas em aspectos fisionômicos, sendo elas: mata alta primária com epífitas vasculares, mata alta, mata média alta com bambuzóides e graminóides, mata média secundária com bambuzóides e graminóides, mata baixa com solo exposto, arvoredo com "scrub" e

árvores baixas, campo sujo, samambaial, taboal e campo curti-ervoso parcialmente submerso (Gilhus 1986). Como espécies comuns do estrato arbóreo superior do PERD pode-se citar, *Pterygota brasiliensis* (pau-rei), *Cariniana legalis* (jequitibá), *Cariniana estrellensis* (jequitibá), *Lecythis pisonis* (sapucaia), *Platymenia foliolosa* (vinhático), *Joanesia princeps* (cutieira), *Virola gardneri* (bicuíba), *Dalbergia nigra* (jacarandá) e *Luehea divaricata* (açoita-cavalo). De um modo geral, a cobertura vegetal do PERD é representada por um mosaico de tipologias vegetais que se diferenciam não só pelos estágios sucessionais existentes, mas como também pela topografia e disponibilidade hídrica. A matriz que compõe o entorno do PERD é formada por pequenos enclaves (fragmentos) de mata, rodeados por pastagens, áreas cultivadas e extensas áreas de florestas plantadas com eucalipto.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw – Tropical Quente Semi-úmido. A temperatura média anual situa-se na casa dos 22°C ($\pm 2,2$) com a precipitação média anual de 1.478,8 mm (CETEC 1981). A estação chuvosa estende-se entre os meses de outubro a abril e as chuvas ocorrentes nesses meses correspondem a cerca de 84,5% da precipitação anual média. A estação seca dura em média cinco meses, estando compreendida entre maio e setembro, com apenas 134,9 mm (9,1%) da precipitação acumulada (Guilhuis 1986).

Os solos do PERD são do tipo latossolo vermelho-amarelo que, de maneira geral, é ácido e com baixa fertilidade natural, características comuns aos solos da região do Vale do Rio Doce, especialmente os de encosta (Teixeira *et al.* 1989). O PERD está situado em uma região com relevo de contornos suaves, na forma de colinas, planícies e vales planos sedimentares, com altitude variando de 230 a 515 metros. Cerca de 21% da área

do PERD corresponde à classe de relevo plano, 39% de relevo ondulado a montanhoso e 34% de fortemente ondulado a montanhoso (CETEC 1981).

Coleta de Dados

Marcação das Parcelas de Monitoramento Permanente (PPM)

Para a coleta de dados foram demarcadas 5 parcelas permanentes de monitoramento (PPM) de um hectare (10.000 m²) cada. A escolha da localização das parcelas foi baseada em critérios para atender demandas de logística, homogeneidade de tipos fitofisionômicos, tipos de solo e de inclinação do terreno em todas as PPM (Phillips & Baker 2002). Para a demarcação das parcelas foram usadas inicialmente duas linhas-base de 100 m cada, sendo uma perpendicular a outra representando eixos-base X e Y. Para o correto direcionamento, uma bússola foi usada juntamente com trenas de 50 m. Canos de PVC cortados à altura de 1,50 m foram colocados a cada 20 m dessas linhas-base para que o restante das linhas e sub-plots pudessem ser demarcados. A partir dessa linha-base, a PPM foi esquadriado em 25 sub-plots de 20 X 20 m (FIGURA 2), favorecendo uma melhor visualização dos indivíduos. Os sub-plots foram sinalizados com fitas coloridas em cada vértice e circundados com cordas de polipropileno. A área de um hectare das parcelas foi validada com o uso de GPS de alta precisão, realizado por pesquisadores da *Conservation International/Washington/DC*.

Marcação das Árvores, Palmeiras e Lianas

Para a amostragem, todas as árvores, palmeiras e lianas com DAP (Diâmetro a Altura do Peito) maior ou igual a 10 cm foram marcadas e medidas. O POM (Ponto de Medição) é o ponto da árvore ou liana, onde foram medidos seus respectivos diâmetros.

De um modo geral, o POM é marcado a 1,30 m com a ajuda de um cano PVC graduado a 1,60 m e 1,30 m para evitar erros como alturas individuais dos marcadores de campo (Clark *et al.* 2000). Porém, em indivíduos que apresentaram raízes tabulares, sapopemas ou raízes escora, o POM ficou a 50 cm acima da raiz mais alta. Esta correção é válida, pois é comum em inventários florestais no Brasil, observar que todos os indivíduos arbóreos têm seus DAPs medidos a 1,30 m. Tais dados, quando inseridos em equações alométricas para os cálculos de biomassa, projetam superestimativas aumentando o erro padrão desses cálculos (Clark & Clark 2000, Clark *et al.* 2000, Clark 2002, Chave *et al.* 2004). Para o caso de árvores que possuíam muitas deformidades no local de medida (POM), foi utilizada uma escada de até 12 m para que o melhor local da árvore pudesse ser escolhido para realizar as medidas de diâmetro. As árvores inclinadas ou prostadas tiveram o DAP medido conforme a mesma metodologia acima, porém a distância da base foi medida pelo lado da inclinação para que obtivesse a distância verdadeira. O local do POM foi pintado com tinta amarela, e foi ainda anotada sua altura na planilha de campo. Este procedimento garante que a medida seja realizada no mesmo ponto

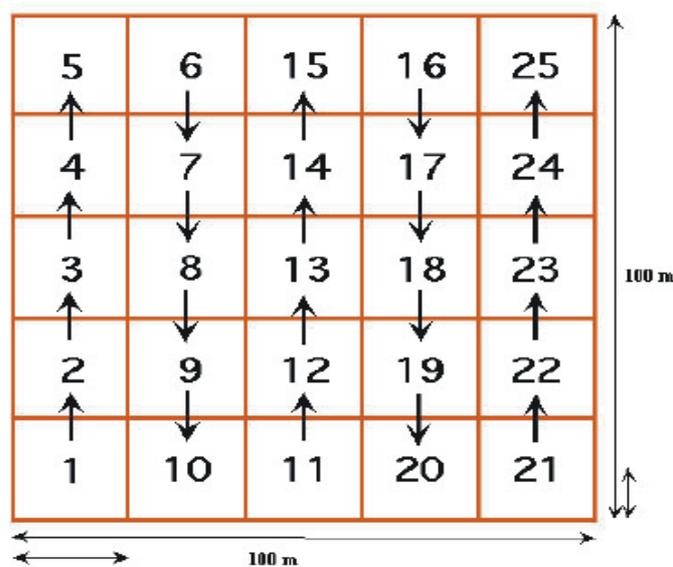


FIGURA 2: Estrutura geral da Parcela Permanente de Monitoramento (PPM), com 25 sub-parcelas e a direção do caminhamento.

durante os recenseamentos seguintes. As árvores e lianas com $DAP \geq 10$ cm foram marcadas com pregos e etiquetas de alumínio, numeradas em ordem crescente de acordo com o caminhamento dentro da PPM (FIGURA 3), a 1,60 m, sempre a 30 cm do POM para que a marca do prego não causasse influência, como deformidades, no ponto de medida. Todas as medidas foram realizadas com fita diamétrica (*Diameter Tape – Forest Suppliers*).



FIGURA 3: Detalhe da marcação das árvores: Tubo de PVC graduado, tinta (POM a 1,30 m), prego e placa (1,60 m).

Calibração da Fita Diamétrica

A fita diamétrica pode sofrer estiramento com o processo de medição ou mesmo vir com pequenos defeitos de fábrica. Levando em consideração que a taxa de crescimento anual do estrato arbóreo em uma floresta é de $\sim 0,25$ cm/ano (Schaaf *et al.* 2005), pequenos erros de medição podem ser cruciais para um bom desenvolvimento dos resultados. Para evitar esse tipo de erro, a fita diamétrica foi calibrada com o auxílio de uma régua de alumínio antes de cada censo, em cada um das PPMs, permitindo uma maior precisão das medidas.

Calibração do Medidor

Erros na leitura da fita diamétrica, a posição desta perante a árvore, bem como o lado de leitura da fita, podem ser comuns durante o censo, prejudicando o processamento dos dados. Portanto, antes de cada censo é necessário calibrar também o medidor. No primeiro dia de censo são feitas todas as medidas possíveis em uma área. Passado um dia, o mesmo medidor voltou à mesma área e remediou todas as árvores medidas anteriormente. Um bom medidor é aquele que obtém no mínimo 70% de acerto nas medidas, sendo que 90% delas com menos de 1 mm de erro. Caso estes parâmetros não sejam atingidos, repete-se o procedimento, até mesmo com outros medidores, de forma que se atinja a precisão necessária.

Censo e Recenseamento

A amostragem consistiu nos dados do primeiro censo realizado em setembro de 2005 e do re-censo realizado em setembro de 2006. Ambas as campanhas tiveram suas medidas realizadas dentro de um mesmo intervalo de tempo nas cinco PPMs. As campanhas de medição em campo foram realizadas durante a estação seca para uma melhor logística de deslocamento nos acessos de terra e para evitar a influência da chuva nas medidas de diâmetros, período em que as cascas das árvores podem ficar saturadas de água influenciando/falseando os dados de crescimento. Durante o re-censo, todas as novas árvores e lianas que atingiram o limite de inclusão ($DAP \geq 10$ cm) ingressaram na amostragem seguindo a mesma metodologia de marcação. Indivíduos marcados no primeiro censo e que durante o re-censo não apresentavam atividade vegetativa ou que não eram encontrados depois de minuciosa varredura nas PPMs, foram considerados mortos.

Estimativa de Biomassa Vegetal Viva Acima do Solo (BVAS) e Estoques de Carbono (EC)

As estimativas de biomassa viva acima do solo (BVAS), conseqüentemente dos estoques de carbono (EC), podem ser obtidas por dois métodos. O primeiro, baseado em amostragem destrutiva (método direto), tem como procedimento cortar e pesar separadamente (raízes, tronco e folhas) todas as árvores de uma determinada área. Para a realidade da Mata Atlântica, esse método é praticamente inviável de ser realizado, pois, devido ao seu alto processo de fragmentação, os remanescentes florestais, em sua maioria, estão localizados em áreas de unidades de conservação como parques nacionais e estaduais. Trabalhos que utilizaram esse método baseiam-se em poucas e pequenas parcelas, tendenciosamente escolhidas (Higuchi 2004). O segundo método (método indireto) consiste em realizar estimativas de biomassa através de medições de variáveis em campo sem a necessidade de derrubada de árvore. Diâmetros a altura do peito, altura total das árvores e densidade das madeiras são parâmetros geralmente utilizados, em equações alométricas previamente desenvolvidas, para a estimativa de biomassa. Tal método possui a vantagem de utilizar um maior número de árvores e conseqüentemente uma maior área, melhorando a representatividade de ambientes.

Chave *et al.* (2004), Higuchi (2004), Phillips *et al.* (2002), Clark (2002), Clark *et al.* (2001), Sheil (1995) apresentam erros que podem acontecer durante as medições de diâmetro e alturas das árvores e que nem sempre são mencionados. No presente estudo, foram evitados erros recorrentes, como medidas de DAP nas deformidades ou nas sapopemas, bem como a influência da altura do medidor (Clark *et al.* 2001), (ver “Marcação das árvores e lianas”).

Para estimativa de biomassa fresca acima do solo das árvores foi usada a equação alométrica desenvolvida por Higuchi (1998) (TABELA 1), de simples entrada tendo como variável o DAP. Para o cálculo da biomassa seca foi usada a concentração de água de 40% para todas as árvores, de acordo com as recomendações de Higuchi & Carvalho (1994). A escolha da equação de simples entrada (somente DAP) é devida à incerteza das alturas totais das árvores medidas em campo. Quando são inseridas alturas imprecisas na equação alométrica de dupla entrada, tende-se a aumentar o erro das estimativas quando comparadas com a não inclusão dessas alturas (N. Higuchi, comunicação pessoal). Modelos de equações alométricas, com apenas uma variável independente (DAP), apresentam resultados tão consistentes quanto os modelos que utilizavam também a altura (Higuchi 1998), pois a relação DAP e altura é forte e dá forma a todo o modelo. Para futuras comparações dos resultados gerados, foi construída uma tabela com os dados de biomassa seca por hectare, usando-se a equação pan-tropical de Chave *et. al* (2005) (ANEXO 1, TABELA 9). Para aumentar a precisão das estimativas de biomassa das árvores, foi usado um fator de correção para densidade das espécies da Mata Atlântica do PERD de 1,03. Para tal foram usados dados da literatura (Brown, 1997; Fearnside 1997; Lorenzi, 1998; Lorenzi, 1999, L. F. Alves, comunicação pessoal), a partir dos quais foram levantadas densidades das madeiras do PERD em nível de espécies, gêneros e famílias. Foi gerado então um fator de correção para que a estimativa de biomassa seca não fosse subestimada pelo modelo (N. Higuchi, comunicação pessoal).

Visando uma compartimentação e melhor estimativa da biomassa seca total, a biomassa das palmeiras foi calculada separadamente em cada PPM, através da equação de Nascimento & Laurance (2002). A biomassa seca de lianas também foi calculada em separado usando a equação de Gerwing *et al.* (2000). Ambas as equações foram

indicadas para cálculos de biomassa para a Mata Atlântica em um *workshop*, realizado por especialistas na área em 2006 (Vieira *et al.* 2007– *em preparação*).

TABELA 1 – Equações alométricas usadas nas estimativas de biomassa vegetal seca* (Kg.ha⁻¹) para as parcelas do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG, baseadas no DAP (Diâmetro a Altura do Peito).

Forma de Vida	Equação
Árvores ^a	EXP(-1,45+2,53*ln(DAP))*p
Árvores ^b	p*EXP(-1,499+2,148*ln(DAP)+0,207*(ln(DAP))^2-0,0281*(ln(DAP))^3)
Palmeiras ^c	EXP((5,7236+0,9285*ln(DAP^2))*1,05001)/10^3
Lianas ^d	EXP(0,07+2,17*(ln(DAP)))

*Na primeira equação o resultado é dado em PF (peso fresco) e posteriormente convertido em PS (peso seco), retirando-se 40% referente à água (Higuchi & Carvalho 1994).

^a Higuchi 1998 (atualizada)

^b Chave *et al.* 2005

^c Nascimento & Laurance 2002

^d Gerwing *et al.* 2000.

Mortalidade e Recrutamento

Para a análise e comparação entre as parcelas, taxas de mortalidade (M) e recrutamento (R) foram calculadas segundo as equações abaixo (Sheil 1995):

$$M = \left\{ 1 - \left[\frac{(N_0 - m)}{N_0} \right]^{\frac{1}{t}} \right\} \times 100 \quad R = \left\{ \left[\frac{(N_0 + r)}{N_0} \right]^{\frac{1}{t}} - 1 \right\} \times 100$$

onde N_0 é igual ao número de indivíduos no tempo zero; m é o número de indivíduos mortos entre o intervalo e r sendo o número de indivíduos recrutados no mesmo intervalo de tempo.

Assimetria de curvas

Para a análise de assimetria das curvas nas distribuições diamétricas, foi usado o coeficiente de assimetria (A_s) de Pearson. Esse coeficiente indica a direção da curva em uma distribuição de valores, podendo ser:

Se $As < 0 \Rightarrow$ Distribuição assimétrica negativa

Se $As = 0 \Rightarrow$ Distribuição simétrica

Se $As > 0 \Rightarrow$ Distribuição assimétrica positiva

De acordo com a fórmula:

$$As = \frac{\bar{X} - Mo}{S}$$

Onde: As = Coeficiente de assimetria de Pearson

\bar{X} = Média aritmética da amostra

Mo = Moda da amostra

S = Desvio padrão da amostra

Análise Estatística

Para a análise dos dados foram usados testes de aderência à normalidade Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, processados no *software* STATISTICA 6.0 (Hill & Lewicki 2007). Esses testes comparam as probabilidades empíricas de uma variável com as probabilidades teóricas estimadas pela função de distribuição em teste (Filho 2004). Assumindo o não ajuste da curva normal, foram usadas correlações de Spearman e como medida de tendência central a mediana, pois seu valor é menos influenciado pelos valores extremos. Quando os resultados apresentaram distribuição normal, foram usadas regressões (GLM) e como medida de tendência central a média. Análises descritivas dos valores de biomassa, área basal, diâmetro, estoques de carbono e incremento diamétrico foram realizadas através de histogramas, *box plot* e diagramas de contorno. Foram ainda analisadas variações desses parâmetros entre as classes de diâmetro em cada PPM e entre estas (PPMs) nos diferentes tipos fitofisionômicos.

Caracterização das Parcelas Permanentes de Monitoramento (PPM)

Lagoa Preta (LP)

A parcela da Lagoa Preta possui topografia representativamente plana (inclinação média $-2,6^\circ$), representada por prováveis áreas de paleoleito (antigo leito do Rio Doce). Sua vegetação é característica de matas altas primárias com poucas alterações antrópicas. A parcela possui árvores acima de 30 m de altura com grande variação de espécies. As espécies mais representativas dessa área são: *Senefeldera verticilata* (sucanga), *Cariniana legalis* (jequitibá), *Lecythis pisonis* (sapucaia), *Joanesia principes* (cutieira), *Anaxagorea dolichocarpa*, *Euterpe edulis* (palmito), entre outras. A grande presença de epífitas vasculares é uma característica marcante que distingue esta parcela das demais (Silva 2001). A estrutura dessa fitofisionomia vegetal está relacionada principalmente à sua baixa inclinação, à proximidade do Rio Doce e de diversas lagoas, promovendo uma maior permanência e concentração de umidade nessa área.

Lagoa do Juquita (LJ)

A parcela da Lagoa do Juquita possui topografia completamente plana, assemelhando-se à parcela LP. A vegetação da parcela LJ é caracterizada por matas altas primárias com poucas alterações antrópicas, apesar de se localizar próxima a bairros da cidade de Timóteo (Macuco). Tal formação vegetal também possui árvores acima de 30 m de altura com grande variação de espécies. As espécies mais representativas da área são: *Sparatosperma leucanthum* (cinco folhas), *Neoraputia alba* (arapoca), *Andradea floribunda* (maria pobre), *Lecythis pisonis* (sapucaia), *Sorocea guilleminiana* (folha de serra), *Astrocaryum aculeatissimum* (brejaúba), entre outras. Essa parcela está localizada mais ao norte do PERD, direção esta mais preservada de todo o parque,

porém ainda sub-amostrada pelos pesquisadores devido a dificuldades de acesso. Por essa parcela passa o Ribeirão do Turvo, o qual também promove uma maior concentração de umidade à área, que, junto ao baixo impacto antrópico, caracteriza uma comunidade bem estruturada.

Lagoa Central (LC)

A parcela da Lagoa Central é caracterizada por uma estrutura semelhante a da LP, porém possui altura média menor (25 m), sendo uma área de encosta com inclinação bem acentuada, chegando certos lugares a -22° , sendo a média $-19,6^\circ$. É caracterizada também por uma mata primária semi-decídua de encosta, com uma alta diversidade de espécies, sendo as principais: *Virola bicuhyba* (bicuíba), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Euterpe edulis* (palmito), *Sorocea guilleminiana* (folha de serra), *Neoraputia alba* (arapoca), espécies de Lauraceae (canelas), entre outras. Na vertente superior dessa parcela é comum a presença de gramíneas e lianas de pequeno diâmetro, tornando o sub-bosque mais denso. Na parte inferior da encosta, a densidade de *Astrocaryum aculeatissimum* (brejaúba) é alta, formando grandes touceiras de tal espécie.

Garapa Torta (GT)

Garapa Torta é uma parcela caracterizada por uma vegetação secundária com histórico de fogo ocorrido em 1967 (Silva 2001). Possui encosta de declividade mediana, tendo $-15,6^\circ$ de inclinação média. É comum na parcela a presença de murundus (tipo de micro-relevo em forma de pequena elevação, geralmente arredondado, muitas vezes apresentando solo e vegetação diferentes da área circundante, com atividade de térmitas). A altura do estrato arbóreo varia de 18 a 25 m, com indivíduos emergentes no dossel como testemunho da floresta original. É comum a presença de Cyperaceae

(*Rhinchospora sp.*), cipós e bambus em alta densidade no sub-bosque, tornando-o denso. Espécies arbóreas representantes dessa parcela são: *Anadenanthera peregrina* (angico), *Mabea fistulifera* (canudo de pito), *Bixa arborea* (urucum), *Pouteria sp.*, *Casearia arborea* (espeto), *Astronium graveolens* (gonçalo-alves), entre outras.

Lagoa do Aníbal (LA)

A parcela Lagoa do Aníbal (LA) é a que possui encosta mais íngreme, chegando a -28° , com média de $-21,3^\circ$ de inclinação. Considerada como floresta estacional secundária, apresenta altura média do estrato superior variando de 15 a 20m, porém ainda com algumas espécies emergentes e predomínio de *Plathymenia foliolosa* em algumas sub-parcelas. O sub-bosque também se apresenta denso com alta densidade de lianas, bambus e graminóides. É normal encontrar pequenas clareiras em meio à vegetação. Espécies mais comuns da área são: *Plathymenia foliolosa* (vinhático), *Senefeldera verticilata* (sucanga), *Anadenanthera peregrina* (angico), *Bixa arborea* (urucum), *Joanesia principes* (cutieira).

RESULTADOS

No total foram marcados e medidos 2.755 indivíduos, sendo 2.583 árvores (93,75%), 141 palmeiras (5,11%) e 31 lianas (1,12%) nas cinco PPMs em estudo em 2005. Em 2006 foram encontrados 2.769 indivíduos, sendo 2.595 árvores (93,71%) com 42 recrutas (1,51%), 143 palmeiras (5,16%) e 31 lianas (1,11%) totalizando uma área de amostragem de cinco hectares (50.000 m²). Para todas as PPMs em estudo a média de indivíduos arbóreos encontrados foi de 517 (± 80), 28 (± 35) de palmeiras e 6 (± 5) indivíduos de lianas por hectare. A classe diamétrica que mais contribuiu para a densidade total dos indivíduos, nas cinco PPMs, foi a de 10-20 cm com 72,17% (1.966 indivíduos). A classe diamétrica das árvores grandes (DAP \geq 30 cm) contribuiu com 12,29% (335 indivíduos) (FIGURA 4).

Densidades e Estrutura Diamétrica (classes diamétricas)

Nas parcelas em estudo as densidades de árvores variaram de acordo com os tipos fitofisionômicos da floresta. A maior densidade de indivíduos encontrada foi na parcela LP com 613 (93,5%) árvores, 31 (4,73%) palmeiras e 11 (1,67%) lianas, e a menor densidade foi encontrada na PPM Garapa Torta, caracterizada por floresta secundária de topografia também íngreme, composta por 415 (100%) árvores (TABELA 2). A densidade de palmeiras foi maior na PPM LJ (85) seguida da parcela LP (31), ambas áreas primárias. Nas áreas de floresta secundária não foram encontrados representantes deste grupo. As áreas de floresta primária apresentaram ainda maiores densidades de grossas lianas quando comparadas às áreas secundárias. Na PPM da Lagoa Central (LC) foram encontrados 12 indivíduos, enquanto na GT (floresta secundária) nenhuma liana foi marcada. Contudo, nas áreas de floresta secundária, onde a dinâmica de clareiras é

TABELA 2: Parcelas Permanentes de Monitoramento (PPM) em estudo. Fitofisionomia e tipo de topografia em cada PPM. Densidades de árvores, palmeiras e lianas dadas em número de indivíduos. Todas as PPM com coeficiente de assimetria de Pearson > 0 indicando assimetria positiva a direita. Dados de densidade em 2005 no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

PARCELA	FITOFISIONOMIA	TOPOGRAFIA	ÁRVORES	PALMEIRAS	LIANAS	MEDIANA DIAM.	MAX. DIAM.	PEARSON
Lagoa Preta	Floresta Primária	Plana	613	31	11	13,4	87,6	0,63
Lagoa do Juquita	Floresta Primária	Plana	541	85	5	14,9	110	0,76
Lagoa Central	Floresta Primária	Encosta	456	25	12	16,5	81,9	0,94
Lagoa do Aníbal	Floresta Secundária	Encosta	558	0	3	14,7	63	0,9
Garapa Torta	Floresta Secundária	Encosta	415	0	0	13,9	81,3	0,73
TOTAL			2583	141	31			

mais intensa, a densidade de finas lianas é muito maior que nas áreas de floresta primária (observação pessoal).

Em todas as PPMs o coeficiente de assimetria de Pearson revelou tendência unimodal de assimetria positiva (FIGURA 4). O valor de “As” para todas as parcelas foi sempre maior que 0,63 ($As > 0,63$). Essa assimetria das curvas confirma a tendência diamétrica de florestas tropicais apresentarem a forma de *J* invertido de cauda longa à direita (encontrada em todas as parcelas do estudo). Nas áreas de floresta secundária (GT e LA) a contribuição da classe diamétrica de 10-20 chegou a 80% e 77% do total de indivíduos, respectivamente, sendo que as menores contribuições para essa classe foram das áreas primárias (LP, LJ e LC) com 74%, 68% e 60%, respectivamente (TABELA 3). A densidade de indivíduos na classe diamétrica das árvores grandes (maiores que 30 cm de DAP) foi maior nas áreas de floresta primária. LP e LJ concentram 11,4% e 13,5% do total de indivíduos nessa classe, enquanto as áreas de floresta secundária GT e LA possuem 8,4% e 8,9% dos indivíduos (TABELA 3). Os maiores diâmetros registrados foram encontrados nas áreas de floresta primária planas. Na parcela LJ foi registrado o maior diâmetro pertencente a um indivíduo de *Andradea floribunda* com 110 cm (medido a 5,25 m – sem deformidades).

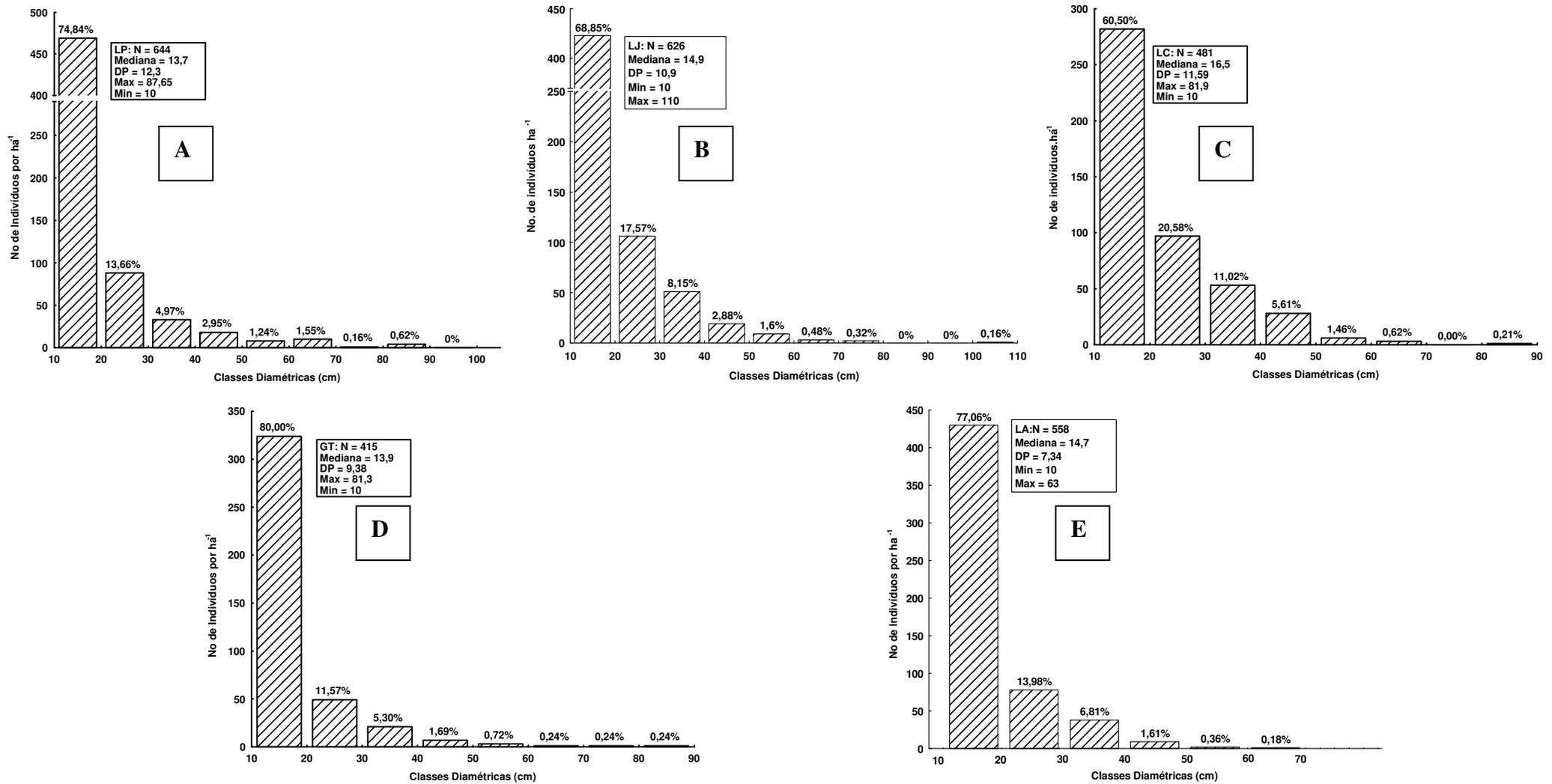


FIGURA 4: Histogramas de distribuição diamétrica para as cinco PPMs de estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. (A) – Lagoa Preta; (B) – Lagoa do Juquita; (C) – Lagoa Central; (D) – Garapa Torta; (E) – Lagoa do Aníbal. Distribuição de “J” invertido, todos com assimetria positiva à direita de tendência unimodal.

TABELA 3: Contribuição por classe diamétrica da densidade de indivíduos arbóreos (árvores + palmeiras) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG, em 2005.

CLASSES DIAMÉTRICAS	LP		LJ		LC		LA		GT		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
10 l- 20	482	74,84%	431	68,85%	291	60,50%	430	77,06%	332	80,00%	1966	72,17
20 l- 30	88	13,66%	110	17,57%	99	20,58%	78	13,98%	48	11,57%	423	15,53
30 l- 40	32	4,97%	51	8,15%	53	11,02%	38	6,81%	22	5,30%	196	7,20
40 l- 50	19	2,95%	18	2,88%	27	5,61%	9	1,61%	7	1,69%	80	2,94
50 l- 60	8	1,24%	10	1,60%	7	1,46%	2	0,36%	3	0,72%	30	1,10
60 l- 70	10	1,55%	3	0,48%	3	0,62%	1	0,18%	1	0,24%	18	0,66
70 l- 80	1	0,16%	2	0,32%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,24%	4	0,15
80 l- 90	4	0,62%	0	0,00%	1	0,21%	0	0,00%	1	0,24%	6	0,22
90 l- 100	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00
100 l- 110	0	0,00%	1	0,16%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,04
TOTAL DE INDIVDUOS	644	100	626	100	481	100	558	100	415	100	2.724	100

Quantificação da Biomassa Vegetal Viva Acima do Solo (BVAS)

A quantificação da biomassa vegetal seca foi baseada em uma área total de cinco hectares, divididos em diferentes estágios sucessionais. A média da biomassa seca para árvores, palmeiras e lianas, encontrada nas cinco parcelas em estudo, foi de 227.238,94 ($\pm 76.684,6$) $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Para a biomassa total, a contribuição das árvores foi de 98,9% ($\pm 0,8$), das palmeiras 0,5% ($\pm 0,7$) e das lianas 0,6% ($\pm 0,6$) (TABELA 4). Ao contrário do resultado da densidade de indivíduos, a classe diamétrica que mais contribuiu para a biomassa foi a de 30-40, com 19,59% do total (TABELA 5). A classe de 10-20 cm contribuiu para o total da biomassa com apenas 18,74%. As árvores grandes (com diâmetro maior que 30 cm) constituem o compartimento que mais estoca biomassa seca, sendo responsável por 63,45% da biomassa total.

Entre as PPMs de estudo a parcela LP, floresta primária, foi a que apresentou o maior valor de biomassa seca, com 310.176,25 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. O menor valor obtido foi para a parcela GT, floresta secundária de encosta, com 134.954,54 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (TABELA 4). A classe diamétrica que mais contribuiu para a biomassa seca variou entre as PPMs. Nas parcelas LA e GT a classe de 10-20 cm tem a maior contribuição para a biomassa seca, enquanto as parcelas LJ e LC a classe de 30-40 cm e a parcela LP tem a classe de 60-70 cm de maior contribuição (TABELA 5). É interessante ressaltar que a classe diamétrica das árvores grandes ($\text{DAP} \geq 30$ cm) estoca a maior parte da biomassa do sistema florestal (63,4%), mesmo apresentando um menor número de indivíduos. Na TABELA 5 encontram-se os valores discriminados dessa biomassa por classe diamétrica para cada parcela de estudo.

TABELA 4: Valores de biomassa seca e total do carbono estocado para as cinco parcelas em estudo, calculados a partir da equação de Higuchi (1998 - atualizada). Dados em quilogramas por hectare. Contribuição para a biomassa total (árvores, palmeiras e lianas) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG.

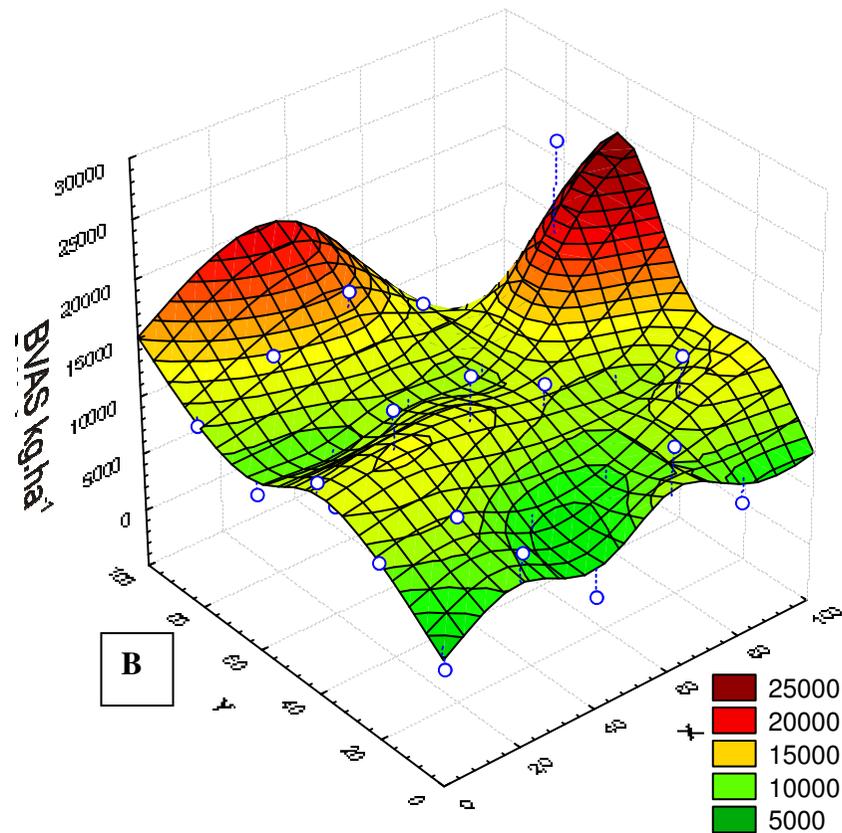
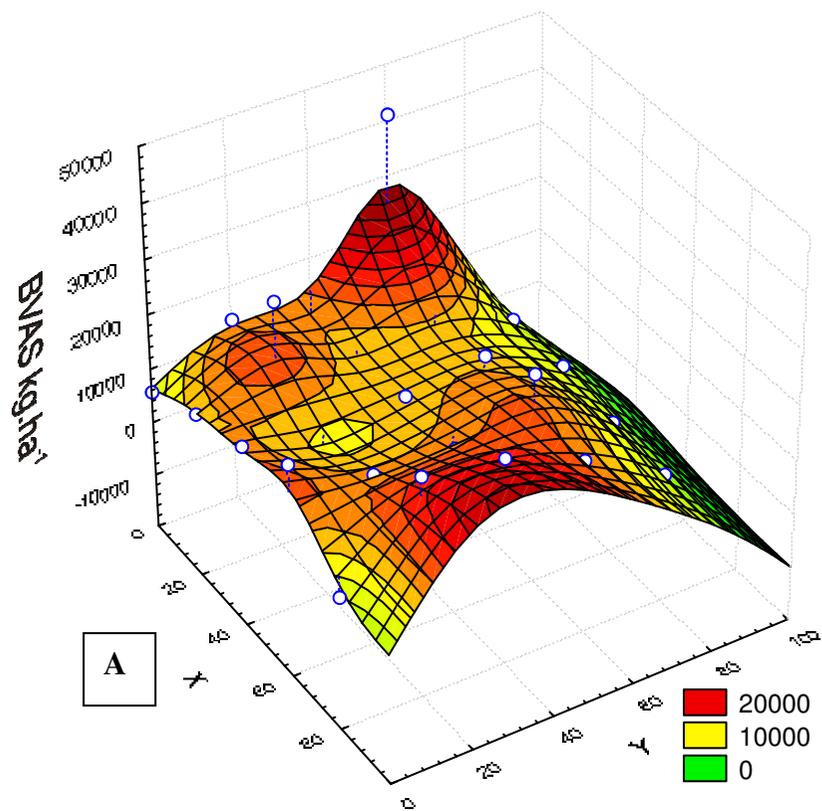
PARCELAS	N	kg.ha ⁻¹		N	kg.ha ⁻¹		N	kg.ha ⁻¹		kg.ha ⁻¹	
		ÁRVORES	%		PALMEIRAS	%		LIANAS	%	TOTAL	TOTAL CARBONO
LP	613	306.268,84	98,74	31	1.299,86	0,42	11	2.607,55	0,84	310.176,25	147.798,98
LJ	541	268.655,19	98,00	85	4.432,32	1,62	5	1.041,90	0,38	274.129,42	130.622,67
LC	456	254.755,06	98,14	25	1.082,10	0,42	12	3.735,56	1,44	259.572,72	123.686,40
LA	558	156.751,92	99,61	0	0	0	3	609,86	0,39	157.361,79	74.982,89
GT	415	134.954,54	100,00	0	0	0	0	0	0,00	134.954,54	64.305,84
MÉDIA	517	224.277,11	98,9	28	1.362,86	0,5	6	1.598,98	0,6	227.238,94	108.279,36
DESV. PAD.	80	74.429,72	0,883	35	1.817,91	0,7	5	1.535,22	0,6	76.684,44	36.540,14

TABELA 5: Dados da contribuição de biomassa seca (árvores + palmeiras) por classe diamétrica nas 5 diferentes parcelas em estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. Dados referentes a setembro de 2005. Biomassa seca dada em quilos por classe diamétrica. O valor total se refere ao valor em quilos por hectare.

CLASSES DIAMÉTRICAS	LP			LJ			LC			LA			GT			TOTAL		
	N	BIOMASSA	%	N	BIOMASSA	%												
10 1- 20	482	47.223,94	15,35%	431	45.610,999	16,70%	291	32.886,140	12,85%	430	49.734,735	31,73%	332	36.014,624	26,69%	1966	211.470,43	18,74%
20 1- 30	88	41.948,84	13,64%	110	50.490,773	18,49%	99	48.260,661	18,86%	78	36.529,803	23,30%	48	23.661,638	17,53%	423	200.891,71	17,81%
30 1- 40	32	36.913,57	12,00%	51	55.880,480	20,46%	53	61.872,383	24,18%	38	41.727,186	26,62%	22	24.614,760	18,24%	196	221.008,38	19,59%
40 1- 50	19	41.923,92	13,63%	18	35.202,187	12,89%	27	61.609,300	24,08%	9	17.468,672	11,14%	7	17.084,908	12,66%	80	173.288,99	15,36%
50 1- 60	8	30.441,49	9,90%	10	33.190,151	12,15%	7	24.492,535	9,57%	2	6.120,309	3,90%	3	10.135,789	7,51%	30	104.380,28	9,25%
60 1- 70	10	53.974,30	17,55%	3	14.777,856	5,41%	3	16.672,995	6,52%	1	5.171,221	3,30%	1	6.461,900	4,79%	18	97.058,27	8,60%
70 1- 80	1	8.992,51	2,92%	2	16.752,189	6,13%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	1	7.122,882	5,28%	4	32.867,58	2,91%
80 1- 90	4	46.150,13	15,00%	0	0,000	0,00%	1	10.043,145	3,93%	0	0,000	0,00%	1	9.858,040	7,30%	6	66.051,32	5,85%
90 1- 100	0	0,00	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,00	0,00%
100 1- 110	0	0,00	0,00%	1	21.182,878	7,76%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	0	0,000	0,00%	1	21.182,88	1,88%
TOTAL	644	307.568,70	100,00%	626	273.087,51	100,00%	481	255.837,16	100,00%	558	156.751,92	100,00%	415	134.954,54	100,00%	2724	1.128.199,83	100,00%

A distribuição da biomassa seca apresenta grande variação espacial tanto dentro como entre as parcelas (FIGURA 5 e 6). Na LP, entre as 25 sub-parcelas, os valores de biomassa variaram de 2 a 41 Mg (amplitude de 39 Mg), enquanto que na parcela LA essa variação foi menor, de 2 a 11 Mg (amplitude de 9 Mg). Na PPM LP a densidade de árvores das sub-parcelas não foi significativamente correlacionada à biomassa seca ($N=25$, $r_s = -0,035$, $p > 0,05$). Na PPM LJ, esta relação foi significativa ($N=25$, $r_s = 0,402$, $p < 0,05$). Contudo, nas demais parcelas (LC, GT e LA), a correlação da densidade com a biomassa seca foi fortemente significativa, indicando uma distribuição mais homogênea da biomassa entre os indivíduos dessas últimas parcelas.

Em todas as parcelas do estudo, verificou-se uma tendência para maiores valores de biomassa vegetal acima do solo nas áreas planas (FIGURA 5 e 6), enquanto que nas áreas de encosta tais valores tendem a diminuir. Percebe-se ainda que nas áreas de floresta plana, LP e LJ, (FIGURA 5), a biomassa se distribui de forma mais heterogênea pela parcela, apresentando assim maior diversidade de valores de biomassa. Nas áreas de floresta de encosta esses valores são menores nas sub-parcelas e se distribuem de forma mais homogênea pela mesma. As FIGURAS 5 e 6 representam esta tendência onde os picos de valores de biomassa se concentram nas áreas planas das parcelas. Embora não significativa ($p=0,08$, $r^2=0,264$), a relação entre os valores de biomassa *versus* a inclinação do terreno sugere esta tendência negativa.



FUGURA 5: Diagrama de contorno de distribuição espacial da biomassa seca (árvores + palmeiras) nas 25 sub-parcelas. (A) – Parcela da Lagoa Preta. (B) – Parcela da Lagoa da Juquita. Ambas pertencem a fisionomia de floresta primária plana, Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

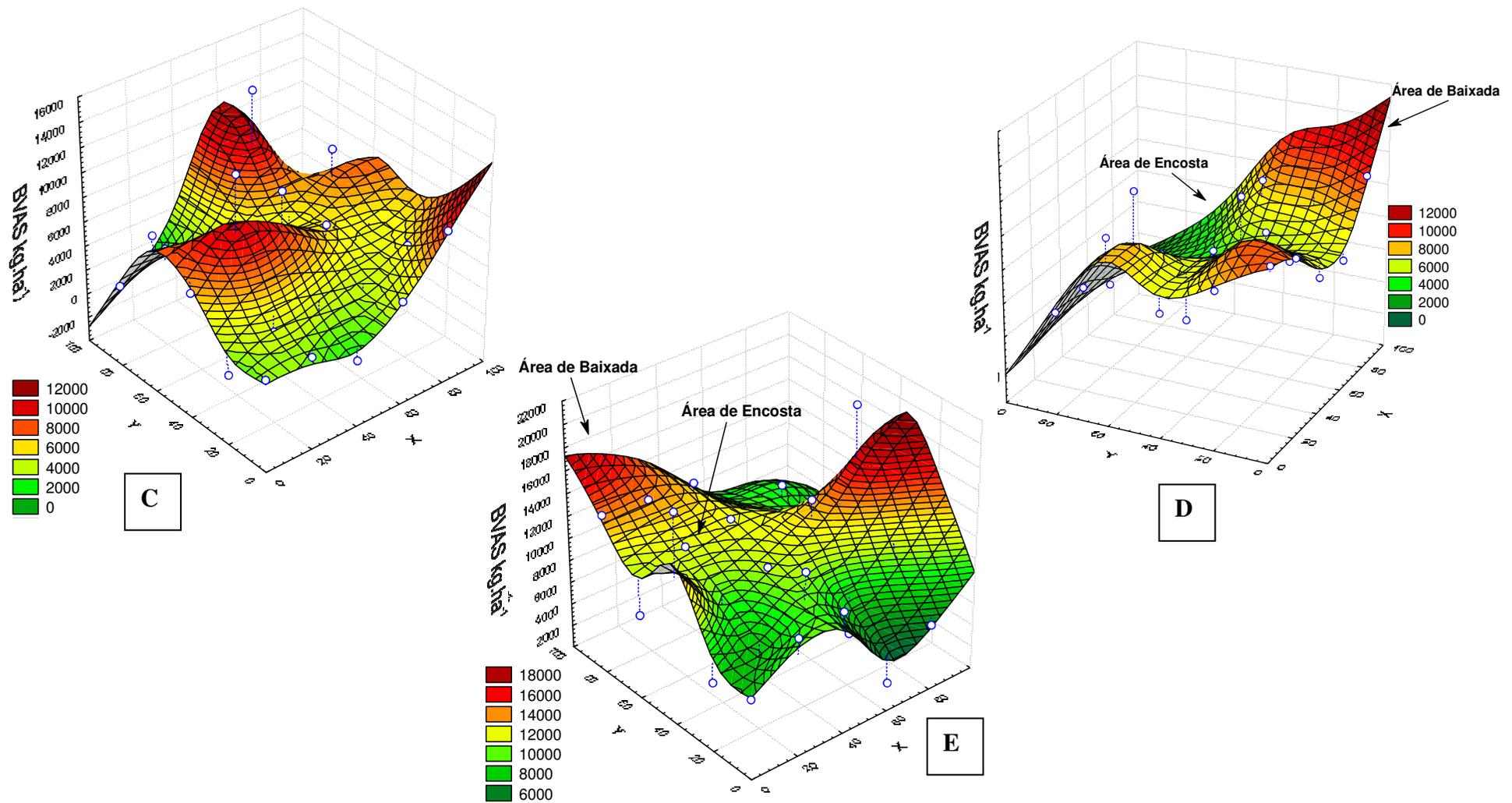


FIGURA 6: Diagrama de contorno de distribuição espacial da biomassa seca (árvores + palmeiras). (C) – Parcela da Garapa Torta; (D) – Parcela da Lagoa do Aníbal; (E) Parcela da Lagoa Central. (C) e (D) pertencentes à fisionomia de floresta secundária de encosta e (E) pertencente à fisionomia de floresta primária de encosta. Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

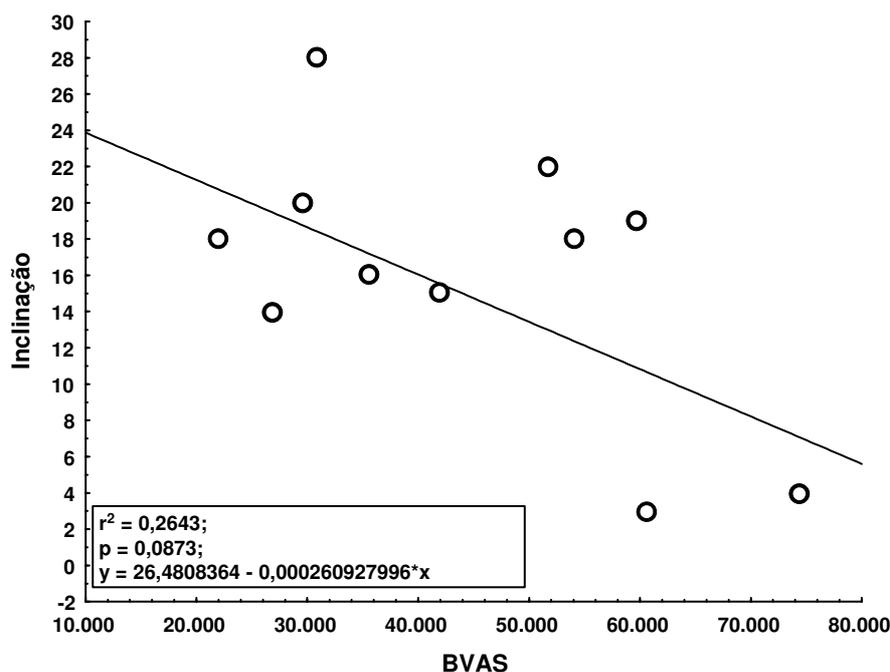


FIGURA 7: Diagrama de dispersão entre a inclinação do terreno (declividade) e a biomassa nos sub-plots das cinco PPMs em estudo no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

Mudança dos Estoques de Biomassa Acima do Solo (BVAS) no período de 2005 a 2006

No ano de 2005 foram medidos 2.724 indivíduos (árvores + palmeiras), enquanto em 2006, no balanço geral houve um incremento de 14 indivíduos. Baseado nesse aumento foi realizada uma análise nas taxas de incremento diamétrico, mortalidade e recrutamento de BVAS para as parcelas do PERD. Na análise de distribuição dos incrementos diamétricos verificou-se não-normalidade para todas as PPMs ($D > 0,20$).

Considerando todas as parcelas, constatou-se que a mediana do incremento diamétrico foi igual a $0,1 \text{ cm.ano}^{-1}$ (média de $0,17 \pm 0,07$). Além disso, observou-se que na dinâmica desse crescimento muitos indivíduos apresentaram incrementos negativos, acrescentando uma leve tendência bimodal à curva de distribuição. Neste caso, 59,7% dos indivíduos apresentaram crescimento positivo ($\geq 0,1 \text{ cm}$), 33,3%, crescimento nulo ($= 0$), e 6,9%, crescimento negativo ($\leq -0,1 \text{ cm}$). Na parcela LA (floresta secundária de

encosta) foi registrada maior porcentagem de incremento negativo (13,82%), enquanto que nas demais parcelas as taxas de crescimento se distribuíram de forma mais homogênia em torno da média.

Na análise geral, a mediana de crescimento em diâmetro variou pouco entre as parcelas do estudo (FIGURA 8). A parcela GT apresentou o maior valor de crescimento mediano ($0,3 \text{ cm.ano}^{-1}$), enquanto a parcela LA não apresentou crescimento mediano no período de 2005 a 2006. Nas outras parcelas o valor foi igual a $0,1 \text{ cm.ano}^{-1}$. Os valores de crescimento em cada parcela variaram também entre as classes diamétricas, onde indivíduos maiores que 40 cm, para todas as PPMs, cresceram medianamente $0,2 \text{ cm.ano}$. A classe diamétrica de 80-90 cm na parcela LP cresceu medianamente $0,5 \text{ cm}$ no ano.

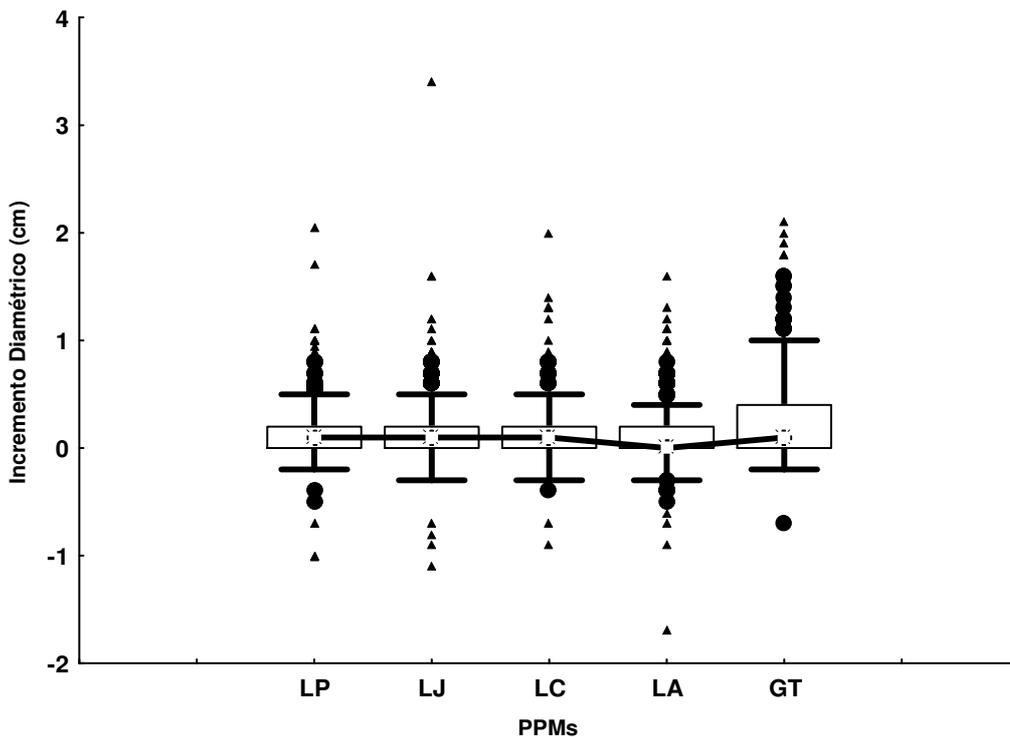


FIGURA 8: BOX PLOT para distribuição do incremento nas 5 parcelas em estudo de setembro de 2005 a setembro de 2006. LP e LJ (Lagoa Preta e Lagoa do Juquita – floresta primária plana); LC (Lagoa Central – floresta primária de encosta); LA e GT (Lagoa do Aníbal e Garapa Torta – floresta secundária de encosta). Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG. Mediana; Outliers; Extremos.

As taxas médias de mortalidade e recrutamento das parcelas foram de 1,14% ($\pm 0,28$) e 1,75% ($\pm 0,85$) respectivamente (TABELA 6). A maior taxa de mortalidade encontrada foi de 1,55% (9 indivíduos) na parcela LP, seguida de 1,28% (8) na LJ, ambas florestas primárias planas. As maiores taxas de recrutamento foram de 2,89% (12 indivíduos) na parcela GT, seguida de 2,29% (11) na LC. Contudo, o diâmetro médio das árvores mortas ($18,6 \pm 6$ cm) foi maior do que a média do diâmetro dos recrutados ($10,1 \pm 0,1$ cm). Nas 5 parcelas de estudo o valor médio da biomassa morta foi de $2.203 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (± 1.925), enquanto que o da biomassa recrutada foi de apenas $514 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (± 199), indicando que recrutamento e aumento de biomassa não são necessariamente relacionados.

No período de setembro 2005 a setembro de 2006, levando-se em consideração o incremento das árvores vivas, o balanço total da mudança de estoque de BVAS foi positivo, apontando um incremento nas parcelas e conseqüentemente a toda a comunidade vegetal do PERD (TABELA 6). Portanto, para o cálculo do saldo líquido das parcelas, foi somado o incremento diamétrico (crescimento interno – *ingrowth*) à biomassa dos recrutados, e subtraída a biomassa dos indivíduos mortos. No total, o incremento geral nas parcelas do PERD foi em média de $2.453,98 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 2.056,42$) de biomassa seca. A parcela que obteve o maior incremento líquido de biomassa foi a GT (floresta secundária de encosta), com $4.936,90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, seguida da parcela LP (floresta primária plana), com $3.417,21 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (TABELA 6). Em relação aos estoques de carbono do PERD, foram seqüestrados em média $1.231,99 \text{ kg} \cdot \text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$ ($\pm 1.028,21$) de carbono. Tal resultado mostra que a comunidade da Mata Atlântica do PERD possui um balanço positivo na captação do carbono. Em outras palavras, ela seqüestra uma quantidade maior de carbono do que aquela emitida durante sua dinâmica natural.

TABELA 6: Quantificação da biomassa viva acima do solo (BVAS) nas 5 parcelas de estudo em 2005 e 2006. Número de indivíduos recrutados e mortos durante o intervalo do censo. M (taxas de mortalidade) e R (taxas de recrutamento). Saldo líquido: (biomassa total de 2005 – biomassa das mortas (2006) + biomassa dos recrutados (2006) + biomassa do incremento diamétrico (2006)). Teor de carbono sendo 50% da biomassa seca (Higuchi 1994). Incluindo todos os indivíduos da parcela (árvores, palmeiras e lianas). Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria – MG.

PARCELAS	BIOMASSA		M (%)	N		N	BIOMASSA	SALDO	SALDO LÍQUIDO
	N TOTAL	TOTAL (kg.ha ⁻¹) 2005		TOTAL	MORTAS		RECRUTAS	(kg.ha ⁻¹) 2006	LÍQUIDO
								(kg.ha ⁻¹)	(kg.ha ⁻¹)
LP	655	310.176,25	1,55	9	1,71	11	313.593,46	3.417,21	1.708,60
LJ	631	274.129,42	1,28	8	0,96	6	274.682,72	553,30	276,65
LC	493	259.572,72	0,83	4	2,29	11	262.874,63	3.301,91	1.650,96
LA	558	157.361,79	1,08	6	0,90	5	157.472,35	110,56	55,28
GT	415	134.954,54	0,96	4	2,89	12	139.891,44	4.936,90	2.468,45
MÉDIA	550,4	227.238,94	1,14	6,2	1,75	9,0	229.702,92	2.463,98	1.231,99
DESV. PAD.	98,9	76.684,44	0,28	2,3	0,85	3,2	76.558,02	2.056,42	1.028,21

DISCUSSÃO

As PPMs avaliadas neste estudo mostram que o Parque Estadual do Rio Doce apresenta uma heterogeneidade do mosaico de Mata Atlântica e podem representar outros fragmentos florestais deste bioma encontrados em Minas Gerais. Estes resultados, advindos de uma criteriosa base de dados, contribuirão para futuras extrapolações em análises florestais para o estado de Minas Gerais.

A densidade média de árvores por hectare encontrada nas PPMs de floresta primária do PERD (635 ± 12) é maior quando comparada com a de floresta secundária (486 ± 101). Estudos realizados em outras florestas tropicais obtiveram valores de densidade inferiores aos das áreas primárias do PERD. Em duas áreas de floresta tropical na Guiana Francesa foram obtidos valores médios de aproximadamente 500 árvores por hectare (Chave *et al.* 2001). A densidade média de indivíduos em PPMs na Amazônia Central variou de 325 (± 51) (Nascimento & Laurance 2002) a 518 (Castilho *et al.* 2006) indivíduos arbóreos por hectare. Vieira *et al.* (2004) registraram densidades de 460, 466 e 626 em Rio Branco (Acre), Santarém (Pará) e Manaus (Amazonas), respectivamente. A partir destes dados pode-se constatar que a região amazônica de Manaus (Vieira *et al.* 2004) é a que mais se aproxima da densidade de indivíduos da floresta primária do PERD. Entretanto, a densidade média de palmeiras (58 ± 38) e de lianas (8 ± 4) foi baixa, quando comparada com outros estudos, como em PPMs de floresta tropical primária na Costa Rica, que obtiveram valores de densidade de árvores de 462 (± 47) e 504 (± 22), enquanto a densidade de palmeiras foi de 120,3 e a de lianas 10,6 por hectare (Clark & Clark 2000).

Os dados obtidos neste estudo mostram que nas áreas de floresta primária tanto os valores de densidade como os de biomassa são em geral maiores do que os das parcelas de área secundária do PERD. Para as parcelas LP (644) e LJ (626), a topografia plana, juntamente com o menor grau de impacto antrópico, podem ter sido determinantes para a ocorrência destes altos valores. Os menores valores de densidade e biomassa seca para a parcela GT (415) podem estar relacionados à topografia de encosta (que dificulta a fixação de plântulas) e ao histórico de fogo ocorrido nessa área em 1967. Características semelhantes foram observadas em estudos na Amazônia (Chochrane & Schulze 1999).

A estrutura diamétrica das parcelas deste estudo apresentou o padrão *J* invertido com padrões unimodais de cauda longa à direita (assimetria positiva). A maior densidade de indivíduos, em todas as parcelas, concentra-se na primeira classe de diâmetro (10-20 cm), diminuindo subseqüentemente nas outras classes, fato corroborado por outros estudos realizados em florestas tropicais (Nascimento & Laurance 2002, Chave *et. al* 2003, Vieira *et. al* 2004, Shaaf 2005, Castilho *et. al* 2006). Nas áreas de floresta primária (FIG. 4 A, B e C) a densidade de indivíduos decresce de maneira mais homogênea quando comparada à das áreas de floresta secundária (FIG. 4 D e E), devido ao menor número de indivíduos nas maiores classes diamétricas. Esse fato reflete uma maior estabilidade nas áreas de floresta primária, que normalmente é interrompida apenas pelo ciclo natural de abertura de clareiras.

O valor de BVAS apresentou grande variação entre as parcelas estando relacionado, principalmente, aos diferentes estágios sucessionais, à densidade de árvores e à topografia de cada parcela. As diferenças dos valores de BVAS mostram a heterogeneidade da distribuição espacial da biomassa no PERD, que pode ser extrapolado para o bioma Mata Atlântica. As áreas de floresta primária (LP, LJ e LC),

com média de 281 Mg.ha⁻¹ (± 26), apresentaram os maiores valores de biomassa total seca e conseqüentemente maiores valores de estoques de carbono, quando comparadas às áreas de floresta secundária (LA e GT), com média de 146 Mg.ha⁻¹ (± 15). Este fato deve-se à existência de uma maior densidade de árvores de maiores diâmetros nas áreas primárias, que são consideradas importantes captadores de carbono (Clark & Clark 1996). As áreas planas possuem maior estabilidade de terreno, o que favorece uma fixação mais homogênea destes indivíduos. As árvores grandes, mesmo tendo menor densidade, são responsáveis por cerca de 63% da biomassa total. A classe diamétrica de 10-20 cm, que concentra o maior número de indivíduos, contribuiu com apenas 18,74% para o total da biomassa.

Baker *et al.* (2004), em uma compilação de 59 parcelas florestais amazônicas, encontraram valores de biomassa seca variando desde 117 (em *Chore I*- Bolívia) até 392 Mg.ha⁻¹ (Jarí-Brasil). Vieira *et al.* (2004) quantificaram 360 Mg.ha⁻¹ em Manaus, 190 Mg.ha⁻¹ em Rio Branco e 281 Mg.ha⁻¹ em Santarém. Malhi e colaboradores (2006) elaboraram um mapa da distribuição de biomassa para a Amazônia baseado em 227 parcelas de monitoramento e registraram valores de 200 a 350 Mg.ha⁻¹. Para a Costa Rica, Clark & Clark (2000) encontraram baixos valores de biomassa seca, variando de 161 a 186 Mg.ha⁻¹. Em um dos poucos estudos realizados no bioma Mata Atlântica, Jesus & Rolim (2005) estimaram uma média de 290 ($\pm 117,9$) Mg.ha⁻¹ para uma Mata de Tabuleiro no estado do Espírito Santo.

Considerando-se apenas as PPMs primárias do PERD, no ano de 2005, a BVAS média foi de 281 (± 26) Mg.ha⁻¹. Estes valores são menores que os valores médios encontrados para a Amazônia e maiores que os obtidos na Costa Rica. Contudo, esta comparação entre diferentes sítios de estudo deve ser cautelosa, uma vez que muitos fatores podem

influenciar as estimativas de biomassa (Clark *et al.* 2001), como medidas de diâmetro acima de sapopemas, alturas estimadas e escolha da equação alométrica.

Na área de floresta primária LP, a BVAS não foi correlacionada à densidade de indivíduos da parcela, enquanto nas outras quatro PPMs a correlação foi significativa. Este resultado pode ser explicado parcialmente pela grande variação dos valores de BVAS dentro das sub-parcelas (amplitude de 39) da PPM (LP), além da alta densidade de árvores grandes nesta PPM. Árvores grandes possuem altos valores de biomassa e, portanto, quando são inseridos seus diâmetros na equação, devido ao comportamento exponencial da curva do modelo alométrico, resultará em um alto valor de BVAS. Apesar de nas outras parcelas de floresta primária (LJ e LC) a densidade de árvores grandes também ser alta, a amplitude dos valores é menor (23 e 19 respectivamente), favorecendo para que a correlação seja significativa. Nas parcelas de floresta secundária, esta relação foi fortemente significativa, pois os valores de BVAS estão melhor distribuídos entre os indivíduos e não concentrados em poucos, fazendo com que a relação biomassa \times densidade de indivíduos seja mais realista. Este fato pode ainda ser comprovado pela distribuição da biomassa pelas classes diamétricas, onde a contribuição das maiores classes nas parcelas LA e GT é pequena quando comparada à das áreas de floresta primária (LP, LJ e LC).

A distribuição espacial da BVAS variou em cada parcela, refletindo a heterogeneidade desta variável em uma comunidade vegetal. Nas áreas de floresta primária plana (LP e LJ), observou-se alta diversidade de valores de biomassa com distribuição mais heterogênea desta no terreno, sendo intercalada por picos de biomassa nas sub-parcelas que apresentam árvores grandes. Isto se deve ao fato de que nas áreas primárias planas há maior estabilidade de terreno o que pode favorecer a fixação e o incremento contínuo

dos indivíduos. Nas áreas planas (LP e LJ) foram obtidos valores de biomassa de até 41 Mg por sub-parcela e nas áreas de floresta de encosta (GT e LA) estes valores não ultrapassaram 13 Mg. A tendência, apesar de não significativa ($p=0,08$), de maiores valores de biomassa em áreas planas, quando comparadas às áreas de encosta, pode estar relacionada à grande variação dos dados de biomassa dentro das sub-parcelas. Estudos realizados na Guiana Francesa (Chave *et. al* (2003), e na Costa Rica (Clark & Clark 2000), também não encontraram valores significativos para a relação declividade *versus* BVAS, apesar de terem observado tendências para tal relação.

Para a análise dos incrementos diamétricos e das mudanças nos estoques de BVAS e EC nos anos de 2005 e 2006, assume-se que os valores obtidos são de um ano. Sanquetta *et al.* (2001) afirmam que as mudanças na vegetação, apesar de lentas, ocorrem de forma visível mesmo em um período de apenas um ano. É interessante salientar que os valores obtidos para o PERD em um ano são similares aos valores encontrados em estudos de monitoramento de longo prazo na Amazônia e na Costa Rica. Na análise de incremento diamétrico, foram observados crescimentos negativos, ou seja, árvores que diminuíram de diâmetro de um censo para outro. Para a análise geral, foram considerados tais incrementos negativos, pois, segundo Clark *et al.* (2001) e Shaaf (2005), ao ignorá-los estar-se-á superestimando os valores dos incrementos, uma vez que a diminuição do diâmetro pode realmente acontecer pela queda ou apodrecimento de parte da casca da árvore, ou pela variação da concentração de água na mesma.

Fatores como água (pluviosidade), luminosidade e nutrientes, podem também influenciar nas taxas de crescimento das árvores (Baker *et al.* 2003). A mediana do crescimento de todas as PPMs no PERD foi igual a $0,1 \text{ cm.ano}^{-1}$. O crescimento observado no PERD é similar aos valores encontrados para a Amazônia Central

(Chambers *et al.* 2001) e menor quando comparado com os estudos de floresta tropical no sul do Brasil e na Costa Rica. Chambers *et al.* (2001) relatam que as árvores na Amazônia Central crescem devagar, com média de $0,11 \text{ cm.ano}^{-1}$. Em outras áreas da Amazônia foram observadas taxas de crescimento superiores ao do PERD. No Acre (Selhorst *et al.* 2003) e no Pará, em um monitoramento de oito anos (Carvalho *et al.* 2004), foram observadas taxas de crescimento de $0,39 \text{ cm.ano}^{-1}$ e de $0,37 \text{ cm.ano}^{-1}$, respectivamente. Em uma floresta ombrófila mista (secundária avançada) no Paraná, Schaff (2005), em um estudo de 21 anos, encontrou taxas de crescimento mediano de $0,25 \text{ cm.ano}^{-1}$, enquanto Figueiredo (2006), na mesma fisionomia no Paraná, registrou um incremento médio de $0,19 \text{ cm.ano}^{-1}$.

Entre as parcelas do presente estudo, GT (floresta secundária) apresentou os maiores valores de incremento. Estes resultados podem estar relacionados à presença de um maior número de espécies pioneiras, que possuem um crescimento mais rápido quando comparadas às espécies de estágios mais maduros de floresta (Baker *et al.* 2003). Considerando-se apenas as áreas de floresta primária (LP, LJ e LC), os indivíduos de maiores classes diamétricas tenderam a crescer mais ($0,2 \text{ cm.ano}^{-1}$) quando comparados aos indivíduos das menores classes, fato que pode estar relacionado ao baixo número de espécies pioneiras encontrado nessas áreas. Gomide (1997) no Amapá, Pulz (1998) em Minas Gerais e Schaff (2005) no Paraná também encontraram resultados semelhantes.

Deste modo, nas áreas primárias, o pressuposto de que as árvores jovens (menores classes diamétricas) deveriam apresentar incrementos maiores nem sempre é verdadeiro, pois os indivíduos jovens gastam mais recursos para se manterem na comunidade do que na produção de material lenhoso (Schaff 2005). Segundo este autor muitos dos indivíduos incluídos na categoria “jovens” devido ao tamanho podem ser, na verdade,

“velhos” cronologicamente, pois podem se manter nessas condições por anos. Enquanto isso, os indivíduos de maiores diâmetros possuem uma vantagem competitiva pela luz e nutrientes, pois suas copas se encontram estabelecidas a mais tempo no dossel (Schaff 2005), capturando grandes quantidades de energia solar e dispondo de recursos suficientes para o incremento lenhoso.

As taxas de mortalidade e recrutamento encontradas nas parcelas do PERD estão dentro dos valores encontrados para florestas tropicais (Philips & Gentry 1994). A taxa de recrutamento, na média geral para o PERD, foi maior que a taxa de mortalidade, indicando um saldo positivo de ganho por recrutamento. Em uma análise usual desta dinâmica, é recorrente uma falsa percepção por acreditar que uma maior taxa de recrutamento, em relação à mortalidade, produzirá um balanço positivo. Recrutamento e mortalidade concentram-se basicamente na densidade de indivíduos, uma questão apenas de espaço disponível (Shaaf 2005). Porém, quando a análise de recrutas e mortas se volta para a biomassa, o valor da biomassa morta é maior em relação ao valor da biomassa recrutada. A biomassa das árvores mortas é significativamente maior quando comparada à das árvores que recrutaram no ano de 2006. Indivíduos que recrutaram, possuem diâmetros médios menores comparados ao diâmetro das mortas. Portanto, no PERD, o ganho em incremento diamétrico das árvores que permaneceram vivas (*ingrowth*) compensou a perda de biomassa das árvores que morreram, gerando assim um delta positivo de incremento de biomassa anual.

A parcela GT apresentou a maior taxa de recrutamento e de incremento que estão relacionadas à presença de um grande número de espécies pioneiras. Por ser uma parcela de floresta secundária, ocorre uma maior entrada de luz no seu interior, que gera condições ambientais de luminosidade e flutuação de temperatura favoráveis à

germinação das sementes de espécies pioneiras (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1994). Esta PPM também apresentou altas taxas de mortalidade nas menores classes diamétricas e o menor diâmetro médio das árvores mortas (12,2 cm), comparada à média geral das PPMs (18,62 cm). Este fato reflete que essa parcela está em processo de regeneração pós-distúrbio, que geralmente cria oportunidades para o recrutamento de espécies pioneiras a partir de sementes. Este padrão também foi descrito por alguns autores que observaram altas taxas de mortalidade nas menores classes, em áreas de florestas tropicais em estado de regeneração (Gentry & Terborgh 1990, Oliveira-Filho *et al.* 1997).

Baseado na análise das taxas de crescimento, da mortalidade e do recrutamento nas parcelas do PERD, a mudança nos estoques de BVAS e de EC apresentou um balanço líquido positivo. Apesar da alta biomassa referente às árvores mortas, o crescimento interno da comunidade compensou essas perdas, incrementando carbono a uma taxa de 1,2 Mg.ha.ano⁻¹. Para a Amazônia, Phillips *et al.* (1998) encontraram uma média de 0,97 Mg.ha.ano⁻¹ de carbono, baseada em 97 parcelas permanentes. Higuchi (2004) encontrou um valor de incremento líquido de carbono idêntico ao do PERD, em Manaus (Amazônia Central), em um monitoramento de 1986 a 2000. Chave *et al.* (2001) encontraram altos valores de incremento líquido, variando de 2,8 a 3,2 Mg.ha.ano⁻¹ de biomassa seca em duas áreas de floresta tropical na Guiana Francesa. Levando-se em consideração que a concentração de carbono é 50% da biomassa seca (Higuchi & Carvalho 1994), os valores de incremento na Guiana Francesa são de 1,4 a 1,6 Mg.ha.ano⁻¹. Esses valores indicam que a comunidade arbórea do PERD, com taxa de incremento líquido no sistema de 1,2 Mg.ha.ano⁻¹, está em um processo de equilíbrio dinâmico de trocas gasosas com a atmosfera, onde a floresta se encontra em fase de

crescimento e continuará assim até atingir sua capacidade máxima de suporte (Higuchi *et al.* 2004).

Os padrões da dinâmica florestal e sua interface com a atmosfera apresentam grande complexidade que não pode ser estimada apenas com estudos pontuais a curto prazo. O monitoramento a longo prazo resultará em um banco de dados para subsidiar decisões e políticas públicas, de forma que um adequado manejo de áreas florestais tropicais seja realizado frente ao novo cenário que as mudanças climáticas vêm revelando ao mundo.

CONSIDERAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO DE FLORESTAS TROPICAIS

O Efeito estufa e o Aquecimento Global

O efeito estufa é um processo natural no planeta que dependeu de milhões de anos e diversas condições naturais para se formar. É uma camada constituída por gases, chamados gases de efeito estufa (GEE). O dióxido de carbono (CO_2) é o gás que mais contribui para o aquecimento do planeta, representando cerca de 55% do total das emissões mundiais de gases de efeito estufa (MCT 1999). O tempo de sua permanência na atmosfera é alto, o que acarreta impactos no clima ao longo de séculos. Outros gases ainda compõem essa camada, como o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFCs), os perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Esses gases, ao contrário do CO_2 , possuem baixas concentrações na atmosfera, porém eles têm maior capacidade de reter calor: o CH_4 (metano), por exemplo, pode reter até 21 vezes mais calor que o CO_2 .

O aumento exacerbado desses gases na atmosfera causa um aumento proporcional do potencial estufa da atmosfera. As concentrações atmosféricas globais de tais gases aumentaram significativamente em consequência da atividade humana desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais. Até a Revolução Industrial no século XVIII, os índices de gás carbônico (CO_2) na atmosfera não ultrapassavam 280 ppm (partes por milhão). Contudo, em 2005, tais valores chegaram a 379 ppm. O metano (CH_4) passou de índices pré-industriais de 715 ppm para 1732 ppm em 2005 (IPCC 2007). Neste contexto, é importante salientar que esses valores ultrapassam em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos, determinados com base em testemunhos de gelo de milhares de anos (IPCC 2007). Esses aumentos das concentrações globais de

CO₂ são conseqüências sobretudo da queima descontrolada de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e de mudanças no uso da terra (desmatamento), enquanto que os aumentos de metano e óxido nitroso são provenientes da agricultura extensiva (IPCC 2007).

O aquecimento global, fenômeno decorrente da elevação das temperaturas médias devido ao aumento da concentração de GEE na atmosfera (hoje um fato), constitui a mais séria ameaça ao bem-estar humano e aos ecossistemas naturais no século que se aproxima. Segundo IPCC (2007), a temperatura média da Terra subiu pelo menos 0,6°C no último século. Para projeções futuras o IPCC utiliza cenários baseados em dados de emissões dos países, relatados em inventários anuais, acrescidos de variáveis como taxas de crescimento econômico e populacional mundial. Dentro de um cenário otimista (um mundo futuro de baixas emissões com reduções da intensidade material e com tecnologias limpas e eficientes – B1), o IPCC (2007) projeta um aumento de temperatura média de 1,8°C (1,1°C a 2,9°C). Para um cenário pessimista (um mundo de crescimento econômico muito rápido com intenso uso de combustíveis fósseis – A1FI), o IPCC projeta um aumento de 4,0°C (2,4°C a 6,4°C) nas temperaturas médias globais, representando o maior aumento de temperaturas registrado desde o aparecimento da civilização na Terra.

Tal aumento de temperaturas médias resulta em mudanças permanentes no clima imprimindo novos padrões no regime dos ventos, na pluviosidade e na circulação dos oceanos, o que acarreta profundas modificações nas condições de vida na Terra (IPCC 2001, Soares & Oliveira 2002). Mudanças climáticas potencializam o efeito do desmatamento da Amazônia e de outros biomas, conduzindo a perdas de biodiversidade

bem como à diminuição dos níveis de precipitação na bacia amazônica, o que afeta diretamente todo o ciclo global do carbono.

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas e o Protocolo de Kyoto

No contexto da Convenção, o qual reconhece que “a mudança do clima da Terra e seus efeitos negativos são uma preocupação comum da humanidade” (MCT 1999), dois princípios básicos foram implementados. O primeiro, princípio da precaução, criado para evitar pretextos principalmente políticos, estabelece: “[...] a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para que os países posterguem a adoção de medidas para prever, evitar ou minimizar as causas da mudança do clima e mitigar seus efeitos negativos” (Moreira & Schwartzman 2000). Esse princípio esclarece aos países que, por falta de tecnologias ou qualquer outro motivo, a mudança do clima existe, e que, por precaução, é preciso tomar atitudes efetivas. O segundo princípio, o qual foi a base para o estabelecimento de compromissos dos países, é o da responsabilidade comum, porém diferenciada. Tal princípio tem uma lógica histórica. Os países desenvolvidos possuem a maior parcela de emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, desde tempos passados (Revolução Industrial) até os dias atuais. As emissões decorrentes de países subdesenvolvidos ainda permanecem relativamente baixas, sendo que essa parcela de emissão tenderá a aumentar para que esses países satisfaçam suas necessidades sociais e de pleno desenvolvimento. O segundo princípio causou ainda certo desconforto entre as nações desenvolvidas, pois inicialmente a responsabilidade das mudanças climáticas seria de todas as nações do planeta, e assim os compromissos seriam igualmente divididos. Porém, se os países subdesenvolvidos tivessem que pagar esta “conta” igualmente dividida com as outras partes já desenvolvidas, seus processos

de desenvolvimento, bem como, suas necessidades sociais seriam seriamente comprometidos, uma vez que o processo de desenvolvimento de qualquer nação ainda é à base do consumo de combustíveis fósseis, como o petróleo.

Perante o princípio da “responsabilidade comum, porém diferenciada”, o mundo foi dividido em dois grandes grupos, sendo o primeiro dos países desenvolvidos denominado “Países do Anexo I”, e o segundo, “grupo de países não citados pelo Anexo I” (países subdesenvolvidos). De acordo com a Convenção, todos os países que a ratificassem assumiriam o compromisso de elaborar e publicar periodicamente inventários de emissões antrópicas de gases considerados de efeito estufa; formular e implementar programas nacionais que incluam medidas para mitigar a mudança do clima; promover, cooperar e transferir tecnologias que reduzam ou previnam as emissões de gases de efeito estufa (MCT 1999). Ressalta-se que apenas os países pertencentes ao Anexo I têm a obrigatoriedade de estabelecer medidas de redução de emissões (princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada). Os países subdesenvolvidos também possuem responsabilidades perante a Convenção, porém, sem a obrigação de estabelecer metas de redução de emissões, pois desta forma podem continuar seus processos de desenvolvimento sem grandes comprometimentos.

Desta maneira, os países do Anexo I, de acordo com o Art. 4. 2 (a) e (b) da CQNUMC, assumem o compromisso de implementar medidas para a mitigação de gases de efeito estufa, para que seus níveis de emissão de GEE, em 2000, estejam próximos dos níveis de emissão do ano de 1990.

No mês de dezembro do ano de 1997, em Kyoto, Japão, durante a III Conferência das Partes da Convenção, foi adotado um protocolo à Convenção sobre Mudança do Clima.

Este protocolo (Protocolo de Kyoto) decide no seu Artigo 3 que os países pertencentes ao Anexo I da Convenção assumiriam o compromisso de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, pelo menos 5% abaixo dos níveis de emissão do ano de 1990. Essa redução teria que ocorrer durante o primeiro período proposto pelo Protocolo de Kyoto, definido como sendo entre 2008 a 2012, comprovada através de inventários nacionais.

Portanto, a grande proposta que acompanhava o Protocolo de Kyoto era a possibilidade de utilizar Mecanismos de Flexibilidade. Mecanismos estes criados com o intuito de que os países do Anexo I atinjam eficientemente os compromissos de redução de emissões, dentro da realidade de cada país, não prejudicando suas economias internas, mas também sem se esquecer dos compromissos firmados na CQNUMC. Um dos mecanismos de flexibilidade é o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Essa proposta consiste na possibilidade de países do Anexo I financiarem projetos nos países subdesenvolvidos, gerando certificados de redução de emissão. Tais certificados seriam de propriedade dos financiadores do projeto e entrariam na contabilidade dos compromissos de redução de emissão de cada país. Ainda existem questões para se avaliar que tipos de projetos serão aceitos como projetos de MDL. Porém, alguns pressupostos já foram bem definidos, refletindo no intenso comércio de carbono. Nos primeiros nove meses de 2006 já se negociava cerca de 22 bilhões de dólares em créditos de carbono, enquanto em 2005 o comércio ficou em 10 bilhões de dólares. Estimativas mostram que a demanda por créditos de carbono em 2012 deve ser de US\$ 30 bilhões por ano (Izique, & Marques 2007). Assim, o MDL veio como uma proposta inovadora para apoiar os países desenvolvidos a cumprirem suas metas de redução, além de oferecer uma grande oportunidade para os países subdesenvolvidos implementarem projetos de captação de carbono.

A Conservação e os Créditos de Carbono

Muitas incertezas rodeiam os pesquisadores, e mesmo a sociedade, sobre o que acontecerá com a dinâmica das florestas tropicais frente às mudanças climáticas. Estudos de monitoramento a longo prazo na Amazônia já revelaram que taxas mais altas de mortalidade e recrutamento aconteceram na 2^a metade do último século (Phillips & Gentry 1994), as quais podem estar relacionadas a aumentos de temperatura e anomalias dos níveis de precipitação. Para o bioma Mata Atlântica, essas incertezas são ainda maiores, pois monitoramentos da dinâmica e da biodiversidade são ainda recentes. O claro preenchimento de lacunas de dados biológicos sobre a dinâmica desse bioma está relacionado a um planejamento estratégico do monitoramento. Perguntas, como “porque”, “o que”, “aonde” e “como” (Yoccoz *et al.* 2003), são essenciais para que os recursos financeiros alocados sejam extremamente bem aplicados. Tais resultados também precisam estar conectados às necessidades e realidades de cada país, uma vez que a resposta do monitoramento se volte para a conservação e o manejo das problemáticas locais.

Como exemplo, pode-se citar a atual tendência de atribuir valores e cobrar por alguns serviços ambientais prestados na Amazônia. Através de pesquisas a longo prazo, sabe-se que a referida floresta tem um papel fundamental na formação de nuvens e conseqüentemente das chuvas regionais e até mesmo continentais. A floresta descarrega parte da massa de ar que chega do oceano Atlântico, através dos ventos alísios, com altos índices de precipitação (ver VOCs na introdução), diminuindo a velocidade de entrada dessa massa de ar no continente (Marengo *et al.* 2004). Essa massa continua então seu caminho ao oeste até se encontrar com a parede formada pelos Andes, que a direciona para o sul do continente. Isso quer dizer que parte das chuvas e da umidade

das regiões sul e sudeste do Brasil, além de outras áreas do continente, é fornecida pelo vapor de água originado na Amazônia. Com o desmatamento, a dinâmica de tal ciclo pode se alterar, fazendo com que essa massa de ar adentre o continente ainda com muita velocidade, o que pode trazer sérias conseqüências para os países que dependem deste processo. Pelos motivos acima citados, o Governo do Amazonas procura hoje formas de remuneração por esses serviços ambientais prestados pela floresta a todo continente (Fonseca 2007). Esta pode ser uma forma de assegurar a preservação desses ambientes, visto que o benefício gerado pela conservação é em prol de todo o continente e mesmo de todo o globo.

A Mata Atlântica ainda possui poucos dados referentes à sua interação com a atmosfera. Contudo, através de dados iniciais do monitoramento, percebe-se que outros benefícios são fornecidos por esse bioma. Estudos recentes sugerem que para uma boa amostragem e quantificação de biomassa, são necessárias cerca de cinco parcelas de um hectare (Clark & Clark 2000, Chave *et. al* 2004). Nascimento & Laurance (2002) recomendam de três a quatro parcelas de um hectare como sendo suficiente para uma boa estimativa de biomassa com extrapolações desta em maiores áreas na Amazônia. Portanto, na abordagem do presente estudo, usando cinco parcelas permanentes de monitoramento de um hectare cada, assume-se que tal amostragem é representativa para os diferentes estágios sucessionais e conseqüentemente para a comunidade florestal do PERD.

Como exercício de simulação linear, pode-se postular que na área do PERD, por exemplo, a comunidade florestal hoje mantém grandes quantidades de carbono estocado. O PERD possui uma área de floresta em estado avançado de ~25 mil hectares (TABELA 7) e de floresta em estado de regeneração de ~7 mil hectares (Hirsch – comunicação pessoal). Através dos dados gerados no presente estudo, a média de

carbono estocado nas áreas de floresta avançada é de 134 Mg.ha⁻¹, enquanto que o estoque da floresta em regeneração é de 69 Mg.ha⁻¹. Portanto, no total, calcula-se que o PERD mantém, em seu estoque arbóreo, cerca de 3,8 milhões de Mg de CO₂.

TABELA 7: Fitofisionomias do PERD. Tamanho da área correspondente e a média de carbono estocado. FES Avançado (Floresta Estacional Semi-Decidual Avançado); FES Regeneração (Floresta Estacional Semi-Decidual em Regeneração); SI (Sem Informação). Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria-MG.

FITOFISIONOMIA	Área (ha)	%	Mg.C.ha	TOTAL C estocado
FES Avançado	24.719,80	67,28%	134 (±12)	3.312.453,20
FES regeneração	7.010,21	19,08%	69 (±7)	483.704,49
Outras	5.008,96	13,64%	SI	-
TOTAL PERD	36.738,97	100,00%		3.796.157,69

Não obstante, o PERD ainda seqüestra carbono da atmosfera a uma taxa média líquida de 1,2 Mg.ha.ano⁻¹ (TABELA 8). Isso quer dizer que, levando em consideração as áreas acima citadas, o PERD possui uma capacidade de incrementar ~38 mil Mg de carbono por ano. Tal valor é referente à quantidade de carbono que a vegetação do PERD retira da atmosfera e agrega ao seu estoque. Isto é caracterizado como seqüestro florestal de carbono. Laurance *et al.* (2007) observou uma aceleração do crescimento das árvores na última década devido à maior fertilização gerada pelo excesso de CO₂ na atmosfera. Portanto, é um bom momento para se aproveitar deste potencial das florestas em prol da humanidade. No âmbito do Protocolo de Kyoto e dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, a uma taxa de \$10 dólares a Mg do carbono, ter-se-ia um montante equivalente a 380 mil dólares por ano para o PERD (levando em consideração apenas o incremento!). Esse recurso poderia ser proveniente dos países signatários do Protocolo de Kyoto, que possuem metas de redução de emissão (países desenvolvidos) e que podem utilizar o MDL para viabilizar tal transação. Este montante poderia ser direcionado exclusivamente a estratégias conservacionistas, como o monitoramento e

pesquisas aplicadas ao manejo, de forma que a manutenção desses ambientes seja garantida. Além disso, esta proposta traria um novo incentivo para diminuição das taxas de desmatamento, pois estaria agregando um novo valor à floresta até então desconsiderado pelos extrativistas florestais. O PERD, pelas potenciais características reveladas por este estudo, seria um dos maiores candidatos ao recebimento destes recursos no estado de Minas Gerais.

TABELA 8: Quilogramas de carbono seqüestrado por ano nas áreas de floresta do PERD. Cotação do carbono de \$10 dólares a Mg em média.

FORMAÇÃO	Área (ha)	%	Mg.C.ha.ano ⁻¹	TOTAL C kg/ano	Valor (Dólar)/ano
Floresta	31.730,01	86,36%	1,2 (±1)	38.076,01	380.760,12
Outras	5.008,96	13,64%	-	-	-

Em caráter de proposta, sugere-se que seja criado para o Estado um termo de referência visando estimar a biomassa vegetal bem como os estoques de carbono, em processos de licenciamento ambiental, nos casos em que ocorra supressão florestal. Por meio desse banco de dados, estratégias serão mais facilmente criadas, e ações frente às mudanças climáticas, mais palpáveis. Na atualidade, esse tipo de programa é uma necessidade, senão uma obrigação dos países que se comprometeram perante à CQNUMC. Áreas preservadas **ainda** não são elegíveis como projetos de MDL, porém, é um bom momento para se repensar tal situação, pois, como comprovado aqui e já apresentado por vários autores, áreas de florestas tropicais, além de resguardarem todo o potencial da biodiversidade, possuem ainda a capacidade de seqüestrar carbono a altas taxas, promovendo um serviço ambiental dificilmente substituível por algum mecanismo criado pelo homem.

BIBLIOGRAFIA

ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.C.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L.I.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazônica*, 35:185-196, 2005.

BAKER, T., SWAINE, M. D., BURSELEM, D. F.R P. Variation in tropical growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. *Urban & Fischer Verlag*. 6(1,2): 21-36. 2003.

BAKER, T., PHILIPS, O. L., MALHI, Y., ALMEIDA, S., ARROYO, L., FIORI, A., ERWIN, T., HIGUCHI, N., KILLEN T. J., LAURANCE, S. J, LAURANCE, W. F., LEWIS, S. L., MONTEAGUDO, A., NEILL, D.A., VARGAS, P. N., PITMAN, N. C. A., SILVA, N. M., MARTÍNEZ, R. V. Increasing biomass in Amazonian forest plots. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 353-365. 2004.

BROWN, S. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FOR THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, *FAO Forestry Paper* 134. 1997.

CARVALHO, J. O. P., SILVA, J. N. M., LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. *Acta Amaz.*, 34(2): 209-217. 2004.

CASTILHO, C. V., MAGNUSSON, W. E., ARAÚJO, R. N. O., LUIZÃO, R. C. C., LUIZÃO, F. J., LIMA, A. P., HIGUCHI, N. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography. *Forest Ecology Management* 234: 85-96. 2006.

CHAMBERS, J. Q, HIGUCHI, N., TRIBUSY, E. S., TRUMBORE, S. E. Carbon sink for a century. *Nature* 410:429. 2001.

CHAVE, J., RIÉRA, B., DUBOIS. Estimation of biomass in a neotropical forest of French Guiana: spatial and temporal variability. *Journal of Tropical Ecology* 17: 79-96. 2001.

CHAVE, J., CONDIT, R., LAO, S., CASPERSEN, J. P., FOSTER, R. B., HUBBELL, S. T. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forests: results from a large census plot in Panamá. *Journal of Ecology*, 91: 240-252. 2003.

CHAVE, J., CONDIT, R., AGUILAR, S., HERNANDEZ, A., LAO, S. & PEREZ, R. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 409-420. 2004.

CHAVE, J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, M.A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, D. ET AL. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99. 2005.

- CETEC / FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. A vegetação do Parque Estadual do Rio Doce. In Programas de Pesquisas Ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce. *Relatório final não publicado*. Belo Horizonte, MG. 1981.
- CLARK D.B. & CLARK D.A. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest. *For. Ecol. Manag.* 80:235–244. 1996.
- CLARK, D.B. & CLARK, D.A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. *Forest Ecology and Management*, 137:185–198. 2000.
- CLARK, D. A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D. W., CHAMBERS, J. Q., THOMLINSON, J. R., NI, J. Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications* 11: 356-370. 2001.
- CLARK, D.B., BROW, S., KICKLGHTER, D. W., CHAMBERS, J., THOMLINSON, J. R., NI, J., HOLLAND, E. A. Net primary production in tropical forest: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*. 11(2): 371-384. 2001.
- CLARK, D.A. Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the long-term plot data. *Ecological Applications*, 12: 3–7. 2002.
- COCHRANE, M. A. & SCHULZE, M. D. Fire as a recurrent event in tropical forests of eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. *Biotropica* 31(1): 2-16. 1999.
- CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL / FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA / FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS / IPÊ / SMA-SP & SEMAD-MG. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2000. In: ROCHA, C. F.D.; BERGALLO, H. G.; ALVES M. A. S.; SLUYS. M. V. *Biologia da Conservação: Essências*. Rima, 582 p. 2006.
- CHAMBERS, J. Q., SANTOS, J., RIBEIRO, R. J. & HIGUCHI, N. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *For. Ecol. Manage.* 152: 73-84. 2001.
- DIXON, R. K., SOLOMON, A. M., BROWN, S., HOUGHMG, R. A., TREXIER, M. C., WISNIEWSKI, J. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science* 263 (5144): 185. 1994.
- FEARNSIDE, P. M. Wood density for estimating forest biomass in Brazilian Amazonia. *Forest Ecol. Mgmt*, 90: 59-87. 1997.
- FIGUEIREDO, F. A., SERPE, E. L., PLODOWSKI, G., SANTOS, D. F., STEPKA, T. F., BECKER, M. Crescimento sazonal em diâmetro de 16 espécies de uma Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brazil. In: *2o. Congresso Latinoamericano IUFRO* La Serena, Chile. Bosques: La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas. La Serena, Chile : IUFRO-INFOR. v. 1. 2006.

FILHO, C., MATZENAUER, A., TRINDADE, K. J. Adjustments of probability distribution functions to global solar radiation in Rio Grande do Sul State. *Pesq. agropec. bras.* 39(12): 1157-1166. 2004.

FONSECA, V. O valor da chuva. *O Eco.* 2007. Disponível em <http://arruda.rits.org.br/oeco/servlet/newstorm.ns.presentation.NavigationServlet?publicationCode=6&pageCode=67&textCode=23276&date=currentDate&contentType=html>
Acesso em: 30/08/2007.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, SISTEMA OPERACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, (CETEC/SOCT). Programa de pesquisas ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce. Belo Horizonte, v. 2, 82 p. 1981.

FUNDAÇÃO S.O.S. MATA ATLÂNTICA / INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas no período de 1990-1995. São Paulo. 1998.

GENTRY, A.H., & TERBORGH, J. Composition and dynamics of the Cocha Cashu "mature" floodplain forest. In Gentry, A.H. (ed.), *Four neotropical rainforests*. Yale University Press, New Haven. P. 542-564. 1990.

GENTRY, A. H. Tropical Forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos* 63:19-28. 1992

GERWING, J. J., & FARIAS, D. L. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. *Journal of Tropical Ecology* 16: 327-336. 2000.

GOMIDE, G. L. A. Estrutura e dinâmica de crescimento de florestas tropicais primárias e secundária no estado do Amapá. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS. Universidade Federal do Paraná. 1997.

GUILHUIS, J. P. Vegetation Survey of the Parque Florestal Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. Mater Thesis. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA / INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS / AGRICULTURAL UNIVERSITY OF WAGENINGEN, Viçosa. 86 p. 1986.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. "Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica". *Estudos Avançados, USP, São Paulo.* 46: 175-208, 2002.

HEYWOOD, V. H. AND WATSON, R. T. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

HIGUCHI, N., CARVALHO, JR., J.A. Biomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Porto Alegre. Anais. Companhia Vale do Rio Doce, Rio de Janeiro, pp. 125±153. 1994.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazônica*, 28(2):153-166. 1998.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J. Q.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; PINTO, A. C. M.; SILVA, R. P.; ROCHA, R. M.; TRIBUZY, E. S. Dinâmica e balanço do carbono da vegetação primária da Amazônia Central. *Floresta*, 34(3): 295-304, 2004.

HILL, T. & LEWICKI, P. STATISTICS Methods and Applications. StatSoft, Tulsa, OK. 2007.

HIRSCH, A. Censo de *Alouatta fusca* Geoffroy, 1812 (PLATTIRRHINI, ATELIDAE) e qualidade do habitat em dois remanescentes de Mata Atlântica em Minas Gerais. Dissertação de mestrado. ECOLOGIA CONSERVAÇÃO E MANEJO DA VIDA SILVESTRE / ECMVS. 149 p. 1995.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS / IEF. Pesquisas prioritárias para o Parque Estadual do Rio Doce, Brasil. Belo Horizonte. 35 p. 1994.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite 1998-1999. *Separata*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). The Scientific Basis. Contribution of Working Group I in the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change. 86 p. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Contribution of Working Group I for the Fourth Assessment Report (AR4), Summary for Policy Makers (SPM), WMO/UNEP, Genebra, Suíça. Intergovernmental Panel on Climate Change 21 p. 2007.

IZINE, C.; MARQUES, F. *Caminhos da Mudança*. Agência FAPESP. 2007. Disponível em: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=3109&bd=1&pg=1&lg=>. Acesso em: 11 de Julho de 2007.

JESUS, R. M. & ROLIM, S. G. Fitossociologia da Floresta Atlântica de Tabuleiro em Linhares (ES). SOCIEDADE DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS / SIF. Viçosa. *Bol. Téc. SIF* 19: 1-149. 2005.

KEELING, H. C., PHILLIPS, O. L. The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16: 618-631. 2007.

LAURANCE, W. F., OLIVEIRA, A. A., LAURANCE, S. G., CONDIT, R., NASCIMENTO, H. E. M. SANCHEZ-THORIN, A. C., *et al.* Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forest. *Nature*, 428, 171-175. 2004.

LAURANCE, W. F., OLIVEIRA, A. A., LAURANCE, S. G., CONDIT, DICK, C. W., ANDRADE, A., R., NASCIMENTO, LOVEJOY, T. E. Altered tree communities in undisturbed Amazonian forest: A consequence of global chance? *Biotropica*, 37(2): 160-162. 2007.

LEWIS, S.L., PHILIPS, O. L., BAKER, T. R., LLOYD, J., MALHI, Y., ALMEIDA, S., HIGUCHI, N., LAURANCE, W. F., NEILL, D.A., SILVA, J. N. M., TERBORGH, J., TORRES LEZAMA, A., VÁSQUEZ MARTINEZ, R., BROWN, S., CHAVE, J., KUEBLER, C., NÚÑEZ VARGAS, P. & VINCENTI, B. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 421-436. 2004.

LEWIS, S.L. Tropical forests and the changing earth system. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 361: 439-450. 2006.

LEITÃO FILHO, H.F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. *Série Técnica IPEF* 35:41-46. 1987.

LOPES, W. P., SILVA, A. F., SOUZA, A. L. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais , Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 16(4): 443-456. 2002.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. V.1 ed. PLANTARUM: Nova Odessa. SP. 352p. 1998.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. V.2 ed. PLANTARUM: Nova Odessa. SP. 352p. 1999.

MALHI, Y. & GRACE, J. Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends Ecol. Evol.* 15:32-337. 2000.

MALHI, Y. (AND 27 OTHERS). An international network to understand the biomass and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). *J. Vegetation Sci.* 13: 439-450. 2002.

MALHI, Y., WOOD, D., BAKER, T. *ET AL.* The Regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Glob. Chan. Biol.*, 12:1-32. 2006.

MARENGO, J. A., SOARES, W. R., NICOLINI, M. SAULO, C. Climatology of Low-Level Jet East of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *J. of Climate*, 17(12): 2261-2280. 2004.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE / MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS / SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE / DCBio. Brasília. 2006.

MITTERMEIER, R. A., GIL, P. R., HOFFMANN, M., PILGRIN, J., BROOKS, T., MITTERMEIER, C. G., LAMOREUX, J., FONSECA, G. A. B. *Hotspots revisited*. CEMEX/Agrupación. México City: Sierra Madre, 390 p. 2004.

MITTERMEIER, R.A., ROBLES-GIL, P., & MITTERMEIER C. G. Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations. CEMEX/Agrupación. México City: Sierra Madre. 1997.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA / MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES (MCT/MRE). Convenção sobre Mudança do Clima. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia 30p. 1999.

MOREIRA, A. G. & SCHWARTZMAN, S. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA / THE WOODS HOLE RESEARCH CENTER / ENVIRONMENTAL DEFENSE. 165 p. 2000.

MYERS N, R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA Y J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858. 2000.

NASCIMENTO, H. E. LAURANCE, W. F. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforest: a landscape-scale study. *Forest Ecol. Mgmt.* 168: 311-321. 2002.

OLIVEIRA-FILHO, A. T., MELLO, J. M., SCOLFORO, J. R. S. Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987–1992). *Plant Ecology*, 131(1): 45-66, 1997.

PHILLIPS, O.L. & GENTRY, A.H. Increasing turnover through time in tropical forests. *Science*, 263: 954-958. 1994.

PHILLIPS, O.L., Y. MALHI, N. HIGUCHI, W.F. LAURANCE, P. NUÑEZ V., R. VÁSQUEZ M., S.G. LAURANCE, L.V. FERRIERA, M. STERN, S. BROWN, AND J. GRACE. Changes in the carbon balance of tropical forest: evidence from long-term plots. *Science* 282: 439-442. 1998.

PHILLIPS O.L. et al. Changes in the biomass of tropical forests: evaluating potential biases. *Ecological Applications* 12: 576–587. 2002.

PHILIPS, O. L., BAKER, ARROYO, L., HIGUCHI, N., KILLEN T. J., LAURANCE, W. F. Patterns and process in Amazonian tree turnover, 1976 a 2001. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359: 381-407. 2004.

PHILLIPS, O. & BAKER, T. Field manual for plot establishment and remeasurement. (version 2002; <http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/>) Acesso em maio de 2006.

PULZ, F. A. Estudo da dinâmica e a modelagem da estrutura diamétrica de uma floresta semidecídua montana na região de Lavras, MG. Lavras, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. 156p. 1998.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil. Aspectos sociológicos e florísticos. HUCITEC. EDUSP, São Paulo. 325 p. 1979.

SANQUETTA, C. R., CUNHA, U. S., WATZLAWICK, L. F., CAMPO, M. L. B. Projeção da distribuição diamétrica de fragmentos de florestas semidecíduas com matriz de transição. *Revista Ciências Exatas e Naturais*. 3(1). 2001.

SCHAAF L. B., FILHO A. F., SANQUETTA C. R., GALVÃO F. Incremento diamétrico e em área basal no período 1979-2000 de espécies arbóreas de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná. *Floresta*. Curitiba, PR, 35(2). 2005.

SEELIGER, U.; CORDAZZO, C.; BARBOSA, F. Os sites e o programa brasileiro de pesquisas ecológicas de longa duração. Belo Horizonte. 184p. 2002.

SELHORST, D., VIEIRA, S. A., BROWN, F. Água e crescimento de uma floresta na Amazônia Sul-Occidental, Acre, Brasil: chuva afeta crescimento, mas nível do lençol freático não. LARGE SCALE BIOSPHERE-ATMOSPHERE EXPERIMENT IN AMAZÔNIA / LBA. VI Brazil Congress of Ecology. 2003.

Sheil, D. Evaluating turnover in tropical forests. *Science* 268: 894. 1995.

SILVA, L. V. C. Diagnostico da cobertura vegetal. Contribuição ao Plano de Manejo. INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS / IEF. PROJETO DOCES MATAS. 53 P. 2001.

Silva, J. G. R. Ciclos orbitais ou ciclos de Milankovitch. Textos de Glossário Geológico Ilustrado (<http://www.unb.br/ig/glossario/>) Acesso 30 de agosto de 2007.

SOARES C. P. B; OLIVEIRA M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26,(5): 533-539. 2002.

SPÓSITO, T. C. & STEHMANN, J. R. Heterogeneidade florística e estrutural de remanescentes florestais da Área de Proteção Ambiental ao sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 20(2): 347-362. 2006

STEPHENSON, N. L., MANTGEM, P. J. *Forest turnover rates follow global and regional patterns of productivity. Ecology Letters*, 8: 524-531. 2005

TEIXEIRA, J L., BARROS, N.F., COSTA, L.M. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce-MG. *Revista Árvore*, 1(13): 34-50. 1989.

VÁZQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. Signal for Seeds to Sense and Respond to Gaps. In *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: ecophysiological processes above and belowground* (M.M. Caldwell & R.W. Pearcy, eds). Academic Press, San Diego. p 209-235. 1994.

VIEIRA, S., CAMARGO, P. B., SELHORST, D., SILVA, R., HUTYRA, L., CHAMBERS, J. Q., BROWN, I. F., HIGUCHI, N., SANTOS, J., WOFSEY, S. C., TRUMBORE, S. E., MARTINELLI, L. A. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. *Oecologia*, 140(3): 468-479. 2004.

VIEIRA, S. A., ALVES, L. V., AIDAR, M., ARAÚJO, L. S. BAKER, T., BATISTA, J. L. F. CAMPOS, M. C., CAMARGO, P. B., CHAVE, J., DELITTI, W. B., HIGUCHI, N., HONÓRIO, E. JOLY, C. A., KELLER, M., MARTINELLI, L. A., MATTOS, E. A., METZKER, T. I. F., PHILLIPS, O., SANTOS, F. A. M., SHIMABUKURO, M. T., SILVEIRA, M., TRUMBORE, S. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of Atlantic Rain Forest. *BIOTA Neotropica Journal. Point of view*. 2007.

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R., LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE. 124p. 1991.

YOCCOZ, N.G., NICHOLS, J.D. & BOULINIER, T. Monitoring of biological diversity – a response to Danielsen et al. *Oryx* 37(4): 410. 2003.

YU, C. M. Seqüestro florestal do carbono no Brasil – Dimensões políticas socioeconômicas e ecológicas. 2004. Doutorado (Meio Ambiente e Desenvolvimento). UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curitiba. 2004.

ROCHA, C. F.D.; BERGALLO, H. G.; ALVES M. A. S.; SLUYS. M. V. Biologia da Conservação: Essências. RIMA, 582 p. 2006.

ANEXO 1

TABELA 9: Valores de biomassa seca para as cinco parcelas em estudo. Biomassa de árvores calculadas a partir da equação de CHAVE 2005. Biomassa de Palmeiras: Nascimento & Laurance 2002. Biomassa de Lianas: Gerwing 2000. Dados em quilogramas por hectare. Contribuição para a biomassa total (árvores, palmeiras e lianas) no Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG.

kg.ha⁻¹				
PARCELAS	ÁRVORES*	PALMEIRAS	LIANAS	TOTAL
LP	468.316,75	1.299,86	2.607,55	472.224,16
LJ	411.906,23	4.432,32	1.041,90	417.380,45
LC	395.532,89	1.082,10	3.735,56	400.350,55
LA	240.777,07	0	609,86	241.386,93
GT	206.458,00	0	0	206.458,00
MÉDIA	344.598,19	1.362,86	1.598,97	347.560,02
DESV. PAD.	114.337,80	1.817,91	1.535,22	116.603,37

ANEXO 2

TABELA 10: Valores médios de incremento anual em carbono para algumas espécies representantes da flora do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria - MG. Valores médios em toneladas por espécie referentes aos anos de 2005 a 2006. Carbono calculado a partir das equações de Higuchi (1994) corrigidas pelo fator de densidade médio das espécies.

FAMÍLIA	GÊNERO	ESPÉCIE	tCO₂.ANO⁻¹
Achariaceae	<i>Carpotroche</i>	<i>brasiliensis</i>	0,0013
Anacardiaceae	<i>Astronium</i>	<i>graveolens</i>	0,0030
Anacardiaceae	<i>Tapirira</i>	<i>guianensis</i>	0,0095
Annonaceae	<i>Anaxagorea</i>	<i>dolichocarpa</i>	0,0002
Annonaceae	<i>Oxandra</i>	<i>martiana</i>	0,0024
Annonaceae	<i>Xylopia</i>	<i>sericea</i>	0,0050
Araliaceae	<i>Schefflera</i>	<i>verticillata</i>	0,0049
Arecaceae	<i>Astrocaryum</i>	<i>aculeatissimum</i>	-0,0009
Arecaceae	<i>Euterpe</i>	<i>edulis</i>	0,0002
Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i>	<i>macrantha</i>	0,0003
Bignoniaceae	<i>Paratecoma</i>	<i>peroba</i>	0,0006
Bignoniaceae	<i>Sparattosperma</i>	<i>leucanthum</i>	0,0131
Bignoniaceae	<i>Tabebuia</i>	<i>serratifolia</i>	0,0019
Bixaceae	<i>Bixa</i>	<i>arborea</i>	0,0001
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>cf. sellowiana</i>	0,0009
Boraginaceae	<i>Cordia</i>	<i>cf. sylvestris</i>	0,0006
Burseraceae	<i>Crepidospermum</i>	<i>atlanticum</i>	0,0050
Burseraceae	<i>Trattinickia</i>	<i>ferruginea</i>	0,0066
Caricaceae	<i>Jacaratia</i>	<i>heptaphylla</i>	0,0112
Celastraceae	<i>Tontelea</i>	<i>leptophylla</i>	0,0009
Chrysobalanaceae	<i>Licania</i>	<i>kunthiana</i>	0,0029
Clusiaceae	<i>Kielmeyra</i>	<i>altissima</i>	0,0015
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>piptocalix</i>	0,0079
Euphorbiaceae	<i>Joannesia</i>	<i>princeps</i>	0,0053
Euphorbiaceae	<i>Mabea</i>	<i>fistulifera</i>	0,0028
Euphorbiaceae	<i>Pera</i>	<i>cf. glabrata</i>	0,0021
Euphorbiaceae	<i>Senefeldera</i>	<i>verticillata</i>	0,0018
Fabaceae	<i>Anadenanthera</i>	<i>peregrina</i>	0,0246
Fabaceae	<i>Anadenanthera</i>	<i>sp</i>	0,0271
Fabaceae	<i>Apuleia</i>	<i>leiocarpa</i>	0,0110
Fabaceae	<i>Dalbergia</i>	<i>nigra</i>	0,0035
Fabaceae	<i>Hymaenea</i>	<i>courbaril</i>	0,0047
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>capitata</i>	0,0062

Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>cylindrica</i>	0,0050
Fabaceae	<i>Inga</i>	<i>thibaudiana</i>	0,0130
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i>	<i>costatus</i>	0,0039
Fabaceae	<i>Machaerium</i>	<i>brasiliense</i>	0,0023
Fabaceae	<i>Melanoxylon</i>	<i>brauna</i>	0,0093
Fabaceae	<i>Plathymenia</i>	<i>foliolosa</i>	0,0040
Fabaceae	<i>Platycyamus</i>	<i>regnelli</i>	0,0076
Fabaceae	<i>Platypodium</i>	<i>elegans</i>	0,0108
Fabaceae	<i>Sclerolobium</i>	<i>rugosum</i>	0,0056
Fabaceae	<i>Swartzia</i>	<i>oblata</i>	0,0036
Fabaceae	<i>Zollernia</i>	<i>glabra</i>	0,0022
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>brachybotra</i>	0,0018
Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>odorifera</i>	0,0020
Lecythidaceae	<i>Lecythis</i>	<i>lurida</i>	0,0007
Lecythidaceae	<i>Lecythis</i>	<i>pisonis</i>	0,0077
Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i>	<i>stipulacea</i>	0,0047
Malvaceae	<i>Eriotheca</i>	<i>cf. globosa</i>	0,0007
Malvaceae	<i>Pterygota</i>	<i>brasiliensis</i>	0,0498
Meliaceae	<i>Guarea</i>	<i>kunthiana</i>	0,0012
Meliaceae	<i>Guarea</i>	<i>macrophylla</i>	0,0000
Meliaceae	<i>Trichilia</i>	<i>silvatica</i>	0,0031
Moraceae	<i>Brosimum</i>	<i>glaziovii</i>	0,0137
Moraceae	<i>Helicostylis</i>	<i>tomentosa</i>	0,0019
Moraceae	<i>Sorocea</i>	<i>guillemianiana</i>	0,0018
Myristicaceae	<i>Virola</i>	<i>bicuhyba</i>	0,0063
Myristicaceae	<i>Virola</i>	<i>gardneri</i>	0,0132
Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>acutata</i>	0,0010
Nyctaginaceae	<i>Andradea</i>	<i>floribunda</i>	0,0187
Nyctaginaceae	<i>Guapira</i>	<i>opposita</i>	0,0017
Olacaceae	<i>Tetrastilydium</i>	<i>grandifolium</i>	0,0048
Picrodendraceae	<i>Paradrypetes</i>	<i>ilicifolia</i>	0,0017
Rubiaceae	<i>Amaioua</i>	<i>guianensis</i>	0,0047
Rutaceae	<i>Dyctioloma</i>	<i>vandellianum</i>	0,0067
Rutaceae	<i>Neoraputia</i>	<i>alba</i>	0,0038
Salicaceae	<i>Casearia</i>	<i>arborea</i>	0,0009
Salicaceae	<i>Casearia</i>	<i>cf. paranaensis</i>	0,0045
Siparunaceae	<i>Siparuna</i>	<i>bifida</i>	0,0018
Urticaceae	<i>Celtis</i>	<i>ortocanthos</i>	0,0066
Urticaceae	<i>Coussapoa</i>	<i>microcarpa</i>	0,0021
Urticaceae	<i>Pourouma</i>	<i>guianensis</i>	0,0037

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)