

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CAROLINA YUMI SHIMAMOTO

**ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO E ACÚMULO DE BIOMASSA EM
ESPÉCIES ARBÓREAS, COMO SUBSÍDIO A PROJETOS DE
RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA**

CURITIBA

2012

CAROLINA YUMI SHIMAMOTO

**ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO E ACÚMULO DE BIOMASSA EM
ESPÉCIES ARBÓREAS, COMO SUBSÍDIO A PROJETOS DE
RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação, no Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia C. M. Marques

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo C. Botosso

CURITIBA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



PARECER

Os abaixo-assinados, membros da banca examinadora da defesa da dissertação de mestrado, a que se submeteu **Carolina Yumi Shimamoto** para fins de adquirir o título de Mestre em Ecologia e Conservação, são de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do trabalho de conclusão do candidato.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

Curitiba, 16 de fevereiro de 2012.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dra. Márcia C. Mendes Marques
Orientadora e Presidente

Prof. Dr. Juliano Moraes de Oliveira
Membro

Prof. Dr. Marcelo Herrera
Membro

Visto:

Prof.^a Dra. Lucélia Donatti
Coordenadora do PPG-ECO



Ah, as árvores!!! Anos e anos estudando sua morfologia, anatomia, fisiologia... às vezes as tornando gente ao tentar descobrir porque se comportam dessa ou de outra forma... ou porque de estarem aqui e não lá... Tão independentes ao realizar a fantástica fotossíntese! E, além disso, realizam diversos serviços para o ecossistema e para o homem... que também faz parte deste ecossistema, apesar de muitas vezes não se lembrar disso... e o pior, não respeitar... Enfim, mesmo estando à disposição todas essas informações sobre as árvores, ainda se ouve muito por aí: “Árvores, pra que servem?” “São todas iguais!” Como é triste a ignorância, mas isso me motiva ainda mais a estudar essa “entidade” e mostrar que NÃO, elas não são iguais, e que são fundamentais para o equilíbrio desse mundinho em que vivemos!

À Deus e a minha querida mãe a quem tudo devo.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Márcia C. M. Marques, pela oportunidade, confiança, apoio, dedicação e inúmeros ensinamentos que me fizeram crescer muito durante estes dois anos.

Ao meu co-orientador, Paulo C. Botosso, pelos ensinamentos, coletas de campo e por me apresentar à dendrocronologia.

À toda equipe da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), ao Ricardo Britez, Reginaldo, Robson e à equipe de guarda-parques pela enorme colaboração, em especial ao Carlinhos, Vando, Toninho, Carlinhos (Morro da Mina), Jandir e Pontes.

À Embrapa Floresta, pelo apoio estrutural, em especial à Tiélidy pela amizade e por ajudar com as medidas de densidade da madeira.

À CAPES pela concessão da bolsa, através do REUNI.

Aos membros da banca, professores Juliano Morales, Marcelo Errera e Patricia Soffiatti.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, pela amizade, dicas e ensinamentos. À Valéria, da secretaria, ao Luiz Fernando (pelas conversas agradáveis no fim da tarde), Valéria Muschner (pelos momentos de descontração) e ao Mauricio Moura (pelas dicas com a estatística).

Ao Prof. André Padial pela grande ajuda com a estatística.

Aos amigos da PPGECO em especial: Gabi, Talita, Guto, Halina, Marcão, Camila, Sandra.

A todos que me auxiliaram no trabalho de campo em especial Fernando Andreacci pelas coletas de dendrocronologia. E também não posso deixar de agradecer pelos momentos agradáveis em todas as horas, principalmente, nas de muita chuva ou de sol escaldante a Jana, Ana, Fer Fernandes, Fabiano e Tiago (os colibris).

A todos do Laboratório de Ecologia Vegetal por serem a minha família em Curitiba. Em especial Fernanda Cardoso pela amizade e grande ajuda com a prática no início deste trabalho. Ao Vinicius Marcilio pela amizade e os vários momentos de descontração com seus diversos repertórios musicais inacreditáveis.

A todos os meus queridos amigos que estiveram presentes por esses anos compartilhando altos e baixos e tornando a vida mais fácil: Felipe por me ouvir e me aconselhar em diversos momentos, Jana pelo carinho e amizade, Fabiano, que além de um grande amigo, muito me ajudou nas coletas de campo e também paciência ao me ensinar uma nova habilidade! Ao Samuel, Ana Giordani, Cris Granda e Cris Hiert, Léo (Baiano), Gabriel, Andressa, Aline Danieli e muitos outros que não pude citar mas que também foram muito importantes.

Ao Edimar pela amizade e pelas aventuras na Curitiba noturna!

Aos meus amigos de Londrina: Ângela, Lya, Luis, Cátia, Dani, Maurício. Ao Prof. José Marcelo pelos conselhos e incentivo em fazer o mestrado na UFPR.

À Fernanda Fernandes, irmã de coração, amiga e parceira de todas as horas, por ter me aturado durante esses anos e feito a minha vida em Curitiba mais fácil.

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram no decorrer desses anos e que, com certeza, foram fundamentais a minha formação como pessoa e como profissional.

E para as pessoas mais importantes da minha vida, meus queridos pais e a minha irmã, fico sem palavras ao agradecer, pelo grande amor, apoio, incentivo e compreensão que sempre me deram, além de serem meu alicerce. Agradeço principalmente a minha mãe que sempre esteve ao meu lado, pelo seu imenso amor, pois tudo o que sou devo a ela! Agradeço também a todos os meus familiares por sempre me apoiarem e me auxiliarem em tudo.

A Deus, por tudo à que tem me proporcionado, a vida, a saúde, a capacidade intelectual para a realização deste trabalho.

Arigatou gozaimassu!

RESUMO

As florestas têm um papel importante no seqüestro de carbono, contribuindo na redução da concentração de CO₂ na atmosfera, aumentado pelas atividades antrópicas. Como o carbono representa 50% da biomassa seca de uma árvore, estimativas de biomassa na floresta tropical são importantes para entender a dinâmica do estoque de nutrientes e a contribuição de reflorestamentos na redução das emissões de gás carbônico na atmosfera. No presente estudo analisamos, por 12 meses, o crescimento radial em circunferência do tronco e o acúmulo de biomassa em onze espécies arbóreas da Floresta Atlântica, visando avaliar se espécies pioneiras e não pioneiras diferem nas estimativas de seqüestro de carbono. Espécies pioneiras apresentaram maior incremento radial anual que as espécies não pioneiras, o que esteve fortemente relacionado com o aumento da precipitação e temperatura, no verão. Os grupos também diferiram quanto ao acúmulo de biomassa sendo que as espécies não pioneiras acumularam quase o dobro (410,13 Kg) que as pioneiras (225,32 Kg). Para as espécies pioneiras, fatores como a cobertura do dossel e a densidade de indivíduos da floresta tiveram relação com o acúmulo de biomassa. A idade foi um fator importante para explicar a biomassa, indicando que, com o tempo, o acúmulo de biomassa apresenta diferenças entre os grupos. Essas diferenças observadas no crescimento e acúmulo de biomassa dos diferentes grupos ecológicos sugerem que, em um projeto de restauração, espécies pioneiras contribuam mais com estoque de carbono nos primeiros anos enquanto que as não pioneiras nas etapas posteriores da sucessão. Portanto, projetos de restauração devem levar em consideração a proporção de pioneiras e não pioneiras, a fim de garantir o seqüestro de carbono no futuro.

Palavras-chave: grupos ecológicos, clima, carbono, densidade da madeira.

ABSTRACT

Forests play an important role in the ecosystem balance, by sequestering carbon, helping to reduce the atmospheric CO₂, enhanced by human activities. Carbon represents 50% of tree dry biomass, thus, biomass estimative in tropical forests is important for understanding the dynamics of nutrient stocks and the contribution of restored forests in reducing emissions in the atmosphere. In the present study we examined, for 12 months, the radial growth and biomass accumulation in 11 tree species of the Atlantic Forest in order to assess whether non-pioneer and pioneer species differ in estimates of carbon sequestration. Pioneer species had higher annual radial increment than non-pioneer species, which was strongly associated with increased rainfall and temperature in the summer. The groups also differed in the biomass accumulation and the non-pioneer species accumulated almost twice (410.13 kg) than pioneer species (225.32 kg). For the pioneer species, factors such as canopy cover and density of individuals were related to forest biomass accumulation. Plant age was an important factor to explain the biomass, indicating that over time the accumulation of biomass presents differences between groups. These differences in the growth increment and biomass accumulation in different groups suggest that in an ecological restoration project, pioneer species contribute more to carbon stock in the first years while the non-pioneer species contribute in the later stages of succession. Therefore, restoration projects should take into consideration the proportion of pioneer and non-pioneer groups in order to guarantee the carbon sequestration in the future.

Keywords: ecological groups, climate, carbon, wood specific density.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE GUARAQUEÇABA, PARANÁ, BRASIL. EM DESTAQUE A RESERVA NATURAL MORRO DA MINA E RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA. (FONTE: [HTTP://WWW.SAFARITOUR.COM.BR/IMAGES/MAPA-G.JPG](http://www.safaritour.com.br/images/mapa-g.jpg), ADAPTADO).....22
- FIGURA 2 - CLIMOGRAMA DAS ÁREAS DE ESTUDO EM ANTONINA, PARANÁ, BRASIL (FONTE: IAPAR, 2011).....22
- FIGURA 3 - FAIXA DENDROMÉTRICA DE AÇO INOXIDÁVEL, COM PRECISÃO NA LEITURA DE 0,2 MM, INSTALADA NO TRONCO DE UM DOS INDIVÍDUOS ESTUDADOS.....26
- FIGURA 4 - INCREMENTO EM CAP ACUMULADO (MM), DURANTE UM PERÍODO DE 12 MESES, EM ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA, NO SUL DO BRASIL. A) ESPÉCIES PIONEIRAS. B) ESPÉCIES NÃO PIONEIRAS.....29
- FIGURA 5 - REGIME CLIMÁTICO (A) E INCREMENTO ACUMULADO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PIONEIRAS (B) E NÃO PIONEIRAS (C), NO PERÍODO DE ESTUDO, NA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.....30
- FIGURA 6 - INCREMENTO MÉDIO ACUMULADO (\pm EP) DE ESPÉCIES ARBÓREAS PIONEIRAS (QUADRADOS BRANCOS) E NÃO PIONEIRAS (QUADRADOS PRETOS), DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO, NA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.....32
- FIGURA 7 - RELAÇÃO ENTRE BIOMASSA TOTAL E IDADE DOS INDIVÍDUOS, PARA (A) ESPÉCIES PIONEIRAS ($F=26,46$; $P=0,00$) E (B) NÃO PIONEIRAS ($F=223,41$; $P=0,00$), NA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.....35
- FIGURA 8 - RELAÇÃO ENTRE BIOMASSA TOTAL E IDADE PARA ESPÉCIES PIONEIRAS E NÃO PIONEIRAS ($F=6,85$; $P=0,01$) NA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.....36

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 - LISTA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NESTE ESTUDO APRESENTANDO GRUPO ECOLÓGICO, ESPÉCIE, FAMÍLIA, NUMERO DE INDIVÍDUOS AMOSTRADOS E DE RAIOS COLETADOS DAS 11 ESPÉCIES ARBÓREAS ESTUDADAS NA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.25
- TABELA 2 - ANOVA FATORIAL PARA INCREMENTO ACUMULADO EM RELAÇÃO A GRUPO ECOLÓGICO (GE), TEMPO (MESES) E INTERAÇÃO, PARA AS ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL.....32
- TABELA 3 - BIOMASSA ANUAL ACUMULADA, BIOMASSA TOTAL, ALTURA MÉDIA (\pm DP), DENSIDADE ESPECÍFICA DA MADEIRA, DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP MÉDIO \pm DP) E IDADE (MIN-MÁX) DAS 11 ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA ATLÂNTICA, SUL DO BRASIL. LETRAS DISTINTAS INDICAM DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS DAS VARIÁVEIS ENTRE O GRUPO DE ESPÉCIES.....33

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	20
3.2 ESCOLHA DAS ESPÉCIES.....	23
3.3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA VEGETAÇÃO.....	23
3.4 MEDIDAS ALOMÉTRICAS, DENDROCRONOLOGIA E DENSIDADE DA MADEIRA.....	24
3.5 INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E ACÚMULO DE BIOMASSA.....	26
3.6 ANÁLISE DOS DADOS.....	27
4 RESULTADOS	28
4.1 INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO.....	28
4.2 ACÚMULO DE BIOMASSA.....	32
5 DISCUSSÃO	36
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica faz parte do patrimônio histórico e cultural do Brasil (TONHASCA JÚNIOR, 2004), sendo um dos mais ricos conjuntos de ecossistemas em termos de diversidade biológica do planeta (CAPOBIANCO, 2001). É considerada um dos 25 *hotspots* de conservação do mundo, principalmente por concentrar mais de 20.000 espécies de plantas vasculares (representando 2,7% do total do planeta) e 1361 espécies de vertebrados (2,1 % do total) (MYERS *et al.*, 2000).

Originalmente, a Floresta Atlântica cobria cerca de 150 milhões de hectares e era umas das maiores florestas tropicais das Américas, sob condições ambientais altamente heterogêneas (CÂMARA, 2005). Atualmente restam apenas 11,7% do seu total original distribuídos em aproximadamente 246 fragmentos (RIBEIRO *et al.*, 2009), em 16 estados brasileiros, principalmente em áreas de relevo acidentado das regiões Sul e Sudeste do país (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA - INPE, 2011). O maior destes fragmentos é representado pela Serra do Mar com 1.109.546 ha de florestas contínuas que abrangem os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, além do Estado do Paraná que abriga o segundo maior fragmento de 508.571 ha (RIBEIRO *et al.*, 2009). Um exemplo de remanescente importante da Floresta Atlântica no Paraná encontra-se na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, com 313 mil ha de florestas, estuários, baías, ilhas, mangues e planícies (FERRETI e BRITZ, 2006).

Com a degradação contínua da Floresta Atlântica são também afetados inúmeros serviços ecossistêmicos gerados por este bioma, como a regulação do microclima, a fixação de carbono, controle da erosão, ciclagem de nutrientes,

tratamento de resíduos e o turismo ecológico (TONHASCA JÚNIOR, 2004). A fixação de carbono é considerada um importante serviço ambiental desempenhado pelas florestas (SANQUETA e BALBINOT, 2004), pois pela atividade fotossintética, contribuem na redução da concentração de CO₂ na atmosfera, assimilando cerca de 3040 g C.m⁻².ano⁻¹ (MALHI *et al.* 1999). No geral, as florestas tropicais contêm grandes reservas de carbono, representando cerca de 59% do *pool* global (DIXON, 1994; SAUGIER, 2001) e qualquer alteração no balanço dos fluxos de carbono na biomassa da floresta tem conseqüências potencialmente importantes para o ciclo de carbono global, para a biodiversidade tropical e para o efeito estufa (FEARNSIDE, 2004). Sendo assim, com a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, a concentração destes gases do efeito estufa, principalmente o CO₂ na atmosfera, tem aumentado desde a Revolução Industrial, a uma taxa média de 0,4% por ano (IPPC, 2001).

As conseqüências da intensificação de emissões de gases do efeito estufa é a variação do clima no mundo (UNFCCC, 2003). O excesso de aquecimento pode distorcer os padrões naturais do clima, causando grandes mudanças na estrutura e função dos ecossistemas. Devido ao impacto negativo do aquecimento aos sistemas terrestres, a sua eficiência em manter a captação do carbono em excesso pelas emissões antrópicas é reduzida (FRIEDLINGSTEIN *et al.*, 2006). Em decorrência disso, a resiliência de muitos ecossistemas pode ser ultrapassada por perturbações associadas às mudanças climáticas como, por exemplo, enchentes, secas, incêndios e acidificação do oceano. Além disso, há também o risco de extinção de cerca de 20-30% de espécies vegetais e animais com o aumento da temperatura. Os efeitos dessas mudanças climáticas causam conseqüências predominantemente negativas à biodiversidade e aos bens e serviços dos ecossistemas (IPCC, 2007).

Diante da importância das florestas tropicais como sumidouros de carbono, se fazem necessárias estimativas de biomassa, pois como o carbono representa cerca de 50% da biomassa seca de uma árvore (BROWN e LUGO, 1992; MALHI *et al.*, 2004) estas estimativas poderão responder perguntas sobre a dinâmica do estoque de nutrientes e a contribuição do desflorestamento nas emissões de gás carbônico na atmosfera (BROWN *et al.*, 1995). Além disso, permite avaliar por meio da capacidade de armazenamento do carbono, a qualidade das condições ambientais como clima, solo e disponibilidade de nutrientes (CHAVE *et al.*, 2001).

A biomassa das florestas é obtida do balanço entre a produtividade primária e a respiração pelas plantas (WOODWELL e WHITTAKER, 1968) e está concentrada em 70-80% acima do solo (CHAPIN *et al.*, 2002). Nas florestas tropicais as variações climáticas têm impactos significativos nas taxas de crescimento e de acumulação de carbono, indicando a forte influência das mudanças climáticas globais na sua produtividade (CLARK e CLARK, 1994). Além de fatores climáticos, o crescimento das espécies pode ser afetado por fatores edáficos, topográficos e também por competição (LAMPRECHT, 1990), alterando as taxas de acúmulo de biomassa em diferentes gradientes (ALVES *et al.*, 2010).

Para Floresta Atlântica, estimativas de biomassa tanto acima quanto abaixo do solo ainda são escassas em comparação a outras florestas como a Floresta Amazônica (KINDEL *et al.*, 1999; ALVES *et al.*, 2010; LINDNER, 2010). Além disso, em diversas áreas de estudo a maioria dos trabalhos tiveram o intuito de estimar a biomassa florestal (utilizando-se de métodos diretos ou indiretos) das comunidades de plantas (SILVER *et al.*, 2000; TIEPOLO *et al.*, 2002; FERRETTI e BRITTEZ, 2006; MELO e DURIGAN, 2006; VIEIRA *et al.*, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2009) não se

preocupando em compreender as possíveis diferenças de estoque de carbono dentro de grupos ecológicos distintos.

Em florestas tropicais sucessionais, grupos ecológicos, foram definidos a fim de facilitar a análise ecológica da estrutura e riqueza de espécies das florestas tropicais (SWAINE e WHITMORE, 1988). A classificação em grupos sucessionais é baseada em diversos critérios, que abrangem características biológicas e ecológicas comuns entre as espécies, sendo o principal fator de diferenciação no comportamento das espécies a radiação solar (LAMPRECHT, 1990). De acordo com condições climáticas e edáficas do ambiente, Budowski (1965), propôs para a classificação das espécies, a divisão em quatro grupos ecológicos: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. Com relação ao nível de exigência de luz Lamprecht (1990) descreveu três grupos ecológicos, em que classificou as espécies como heliófilas, esciófilas e parcialmente esciófilas. A diferenciação em apenas dois grupos ecológicos (pioneiras e não pioneiras), as quais diferem em sua autoecologia e exigências ambientais foi proposta por Swaine e Whitmore (1988). As espécies pioneiras são intolerantes à sombra, suas sementes germinam apenas sob luz solar plena, apresentam madeira de baixa densidade, possuem ciclo de vida curto (20-30 anos) e crescimento rápido, principalmente em altura. As espécies não pioneiras são tolerantes à sombra (por isso são encontradas facilmente sob o dossel de mata fechada), longevas, apresentam crescimento lento e uma madeira bastante densa (SWAINE e WHITMORE, 1988; BAKER *et al.* 2003; WORBES *et al.* 2003). O reconhecimento destes grupos ecológicos facilita a compreensão das comunidades (LIEBERMAN, 1985; CHAZDON, 2010; BAKER *et al.*, 2003), o que tem sido utilizado como um parâmetro importante para a elaboração de projetos de restauração com base em trajetórias sucessionais (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Relacionada com a quantidade de biomassa acumulada ao longo do tempo, o crescimento consiste na alongação e no aumento da espessura das raízes, tronco e galhos, provocando mudanças no peso, tamanho e forma das árvores (HUSCH *et al.*, 1982). É variável entre e dentro das espécies arbóreas de acordo com a idade e as estações do ano, sendo influenciado por fatores edáficos e topográficos (LAMPRECHT, 1990). O crescimento das plantas pode ser afetado pela competição entre os indivíduos de uma mesma ou de outra espécie. A densidade e a distância entre os indivíduos podem influenciar no crescimento e sobrevivência das plantas (HUBBELL *et al.*, 1990), devido à competição estabelecida frente recursos limitantes, como água, luz e nutrientes (BILLINGS, 1952; CAMPOS, 1970; WOBES *et al.*, 2003). Entre os fatores abióticos, a luz é um importante fator que influencia no crescimento das plantas, pois está intimamente ligada aos processos fotossintéticos e por isso considerado determinante nos processos ecológicos e fisiológicos dos vegetais de uma floresta (DENSLOW *et al.*, 1990; NICOTRA *et al.*, 1999). Sua variação está relacionada principalmente à complexidade estrutural do dossel e sua deciduidade, influenciando na distribuição espacial de luz no subosque (NICOTRA *et al.*, 1999; BIANCHINI *et al.*, 2001).

No geral, as taxas de crescimento das árvores variam de acordo com seu estágio de desenvolvimento, apresentando altas taxas de crescimento quando juvenil, sofrendo posteriormente uma diminuição com a maturidade e senescência da planta (ZIMMERMANN e BROWN, 1971). O crescimento das árvores reflete a variação em estratégias de vida, determina limites de distribuição das espécies e controlam o balanço de carbono na comunidade (BAKER *et al.* 2003). Este crescimento tem relação direta com a formação de anéis de crescimento que é resultante das mudanças na atividade cambial por diversos fatores como a

fenologia, temperatura, fotoperíodo, precipitação e ritmos endógenos que consequentemente controlam a formação dos tecidos xilêmáticos (FAHN *et al.*, 1981; BOTOSSO e TOMAZELLO, 2001; CALLADO *et al.*, 2001).

No anel de crescimento podem ser observados dois componentes, o lenho inicial e o tardio. O lenho inicial é caracterizado por células maiores com parede menos espessas devido à alta atividade fisiológica no início do período de crescimento vegetativo. O lenho tardio apresenta paredes celulares mais espessas e de cavidades menores, pela diminuição da atividade fisiológica que geralmente ocorre no outono, próximo ao fim do período vegetativo (BOTOSSO e MATTOS, 2002). Para as árvores que crescem em florestas de clima temperado a formação dos anéis de crescimento, geralmente, representa o seu incremento anual, permitindo a datação precisa das populações florestais e a determinação das taxas de crescimento (MOZETO *et al.* 1988). Porém, essa distinção clara dos anéis de crescimento é dificultada em árvores de florestas tropicais, principalmente, por essas regiões não apresentarem uma sazonalidade climática bem definida (WORBES, 1985; PUMIJUMNONG *et al.* 1995; TOMAZELLO FILHO *et al.* 2001). Contudo, estudos recentes têm demonstrado a formação dos anéis de crescimento anuais em espécies tropicais e subtropicais, resultantes de um ritmo de crescimento intermitente das árvores (WORBES, 1999; BOTOSSO e TOMAZELLO FILHO, 2001; CALLADO *et al.*, 2001; MATTOS *et al.*, 2004; LISI *et al.*, 2008).

Com a constante conversão de áreas florestais em campos agrícolas ou de pastagem (MEA, 2005) houve uma perda de cerca de 2,6 milhões de hectares de floresta nos últimos dez anos no Brasil (FRA, 2010). Cada vez mais florestas secundárias dão lugar a estas áreas desmatadas, sendo com isso consideradas importantes sumidouros de carbono e constituindo um componente cada vez mais

representativo nas paisagens tropicais (GRAU *et al.*, 2003; CHAZDON, 2008; MYSTER *et al.*, 2008; BREUGEL *et al.*, 2011). Devido a isso, estimativas confiáveis de biomassa auxiliam na compreensão do balanço global de carbono e permitem planejar a mitigação das emissões de CO₂ através de manejo florestal e reflorestamentos (BREUGEL *et al.*, 2011). Portanto, iniciativas de conservação e/ou restauração são necessárias visto que ainda há um grande número de áreas florestais tropicais com níveis muito baixos de proteção e espécies ameaçadas (SCHMITT *et al.*, 2009, BORGIO *et al.*, 2011) e a recuperação de uma floresta pode levar mais de mil anos (LIEBSCH *et al.*, 2008).

Neste contexto a restauração ecológica vem como uma atividade que tenta auxiliar e acelerar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído tanto por agentes naturais quanto por atividades humanas diretas ou indiretas. É considerada uma atividade intencional que visa à recuperação de um ecossistema no que diz respeito a sua saúde, integridade e sustentabilidade (SER, 2004). A restauração pode facilitar ou catalisar a sucessão florestal, devido a mudanças das condições microclimáticas, aumento da complexidade estrutural da vegetação e desenvolvimento da serapilheira e de húmus (PARROTTA *et al.*, 1997). Além disso, as ações de restauração contribuem para o aumento da biodiversidade e serviços ecossistêmicos em 44 e 25%, respectivamente (BENAYAS *et al.*, 2009), embora nem sempre as florestas restauradas atinjam a composição e estrutura da cobertura florestal original (CHAZDON, 2008).

Devido à importância das florestas no sequestro de carbono (SANQUETA e BALBINOT, 2004) os incentivos para aumentar os estoques na vegetação proporcionaram um grande impulso para a restauração florestal (CHAZDON, 2008).

Levando em consideração que as taxas de incremento em biomassa são altamente variáveis entre espécies (MELO e DURIGAN 2006; CHAZDON, 2008), cada vez mais projetos de restauração favorecem espécies pioneiras visando um acúmulo rápido de biomassa (CHAZDON, 2008).

Portanto, modelos distintos de restauração poderiam influenciar no seqüestro de carbono e acúmulo de biomassa, tanto pela composição de espécies quanto a densidade das espécies escolhidas. Por isso se faz necessário estimar o crescimento e o acúmulo de biomassa de espécies pioneiras e não pioneiras, a fim de verificar as suas possíveis relações com variáveis relacionadas ao clima, idade, cobertura do dossel e densidade de indivíduos para assim subsidiar a escolha de melhores modelos de restauração da Floresta Atlântica.

2 OBJETIVO

No presente estudo foram analisados, por 12 meses, o crescimento em circunferência à altura do peito (CAP) e o acúmulo de biomassa em onze espécies arbóreas, em Antonina, Paraná, visando avaliar alguns dos fatores que influenciam nas estimativas de sequestro de carbono na Floresta Atlântica. Espécies pertencentes a dois grupos ecológicos distintos – pioneiras e não pioneiras – e diferentes idades, foram comparadas, buscando-se testar as seguintes hipóteses: 1) os grupos ecológicos diferem no incremento em CAP ao longo do tempo; 2) o incremento em CAP dos dois grupos é relacionado com variação do clima (precipitação e temperatura), idade do indivíduo, cobertura do dossel e densidade da floresta; 3) grupos ecológicos diferem em relação ao acúmulo de biomassa; e 4) este acúmulo é relacionado com a idade do indivíduo, cobertura do dossel e densidade

da floresta. Os resultados foram discutidos no sentido de subsidiar a escolha de melhores modelos de restauração da Floresta Atlântica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Reserva Natural Rio Cachoeira (25°19'15"S e 45°42'24"W) com 8.600 ha e na Reserva Natural Morro da Mina (25°21'16"S e 48°46'17"W) com 3.300 ha, ambas inseridas na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba, em Antonina, litoral do Estado do Paraná (FIGURA 1). As reservas estão inseridas no bioma Floresta Atlântica e a vegetação classificada como Floresta Ombrófila Densa (VELOSO *et al.*, 1991), nas sub-formações Submontana, de Terras Baixas e Aluvial.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico com temperatura média anual, para um período de 21 anos, de 21,4°C e precipitação anual de 2.778 mm, sem estação seca definida e geadas pouco freqüentes (FERRETI e BRITZ, 2005; IAPAR, 2011; FIGURA 2).

As principais classes de solo encontradas nas reservas são Neossolos, Gleissolos, Cambissolos e Argissolos (FERRETI e BRITZ, 2005), mas o presente estudo foi desenvolvido apenas em áreas de Cambissolo, que é caracterizado pela presença de material mineral, podendo ser drenado, raso a profundo, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (EMBRAPA, 1999).

As reservas são propriedades da Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), que em parceria com a *The Nature Conservancy*

(TNC) implementou três projetos de sequestro de carbono na Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba. Em 2000 iniciou projetos de restauração na Floresta Atlântica (Projeto de Restauração da Floresta Atlântica; Projeto de Ação Contra o Aquecimento Global em Guaraqueçaba e Projeto Piloto de Reflorestamento em Antonina) que objetivou restaurar, em 40 anos, mais de 2 mil hectares de áreas degradadas por pastagens de búfalos, além de formações vegetacionais em estágios iniciais de sucessão (FERRETI e BRITZ, 2005). Essa iniciativa resultou em áreas com diferentes estratégias de restauração (regeneração natural, plantio de mudas e enriquecimento em capoeiras) com espaçamentos variados (2,0x1,5m; 2,0x2,0m; 3,0x2,0m) em intervalos de tempo de 2 a 10 anos e em diferentes situações de solo, relevo, tipo de pastagem e manejo (FERRETTI e BRITZ, 2006; BRUEL *et al.*, 2010).

Além das áreas de restauração, as reservas compreendem áreas de florestas secundárias, que apresentam valores crescentes de diversidade, equabilidade e volume, de acordo com o tempo após o abandono (LIEBSCH *et al.*, 2007). A riqueza de árvores engloba cerca de 306 espécies distribuídas em 68 famílias, sendo as mais importantes Myrtaceae, Fabaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Rubiaceae e Moraceae (BORGO *et al.*, 2011).

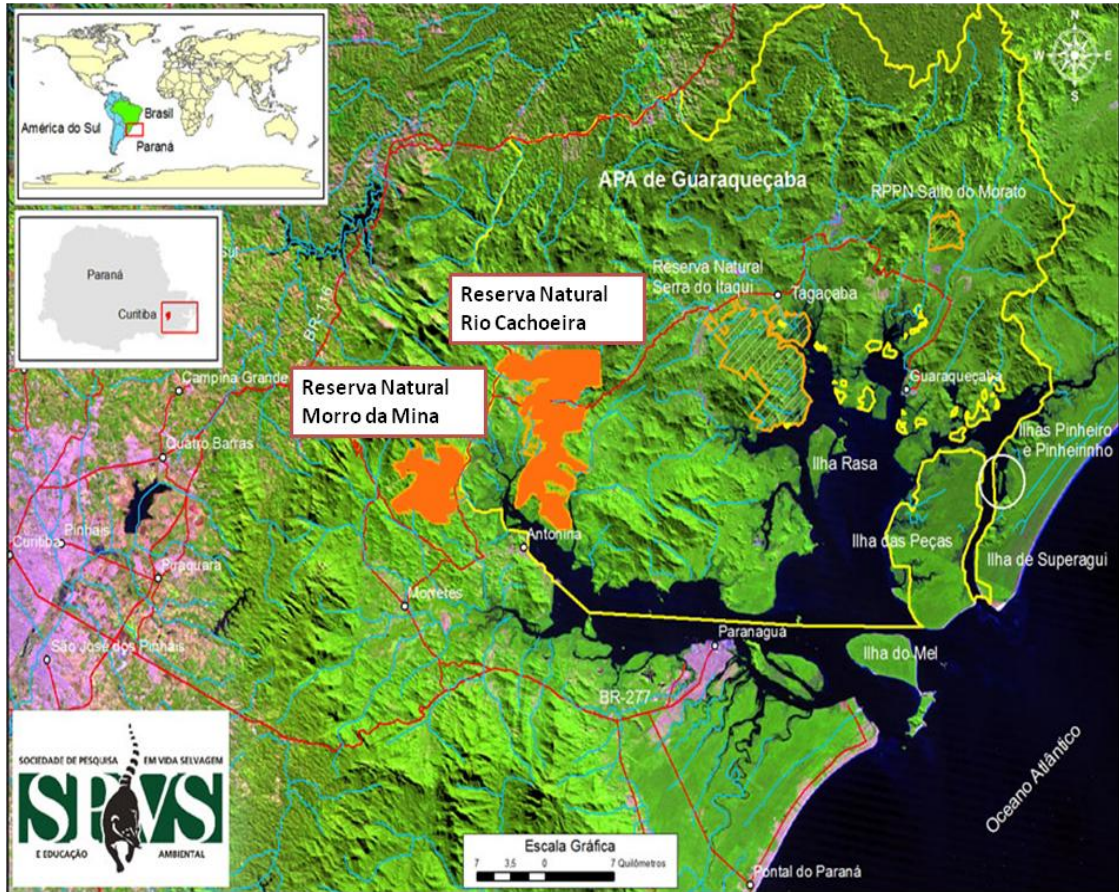


Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. Em destaque a Reserva Natural Morro da Mina e Reserva Natural Rio Cachoeira. (Fonte: <http://www.safaritour.com.br/images/mapa-g.jpg>, adaptado.)

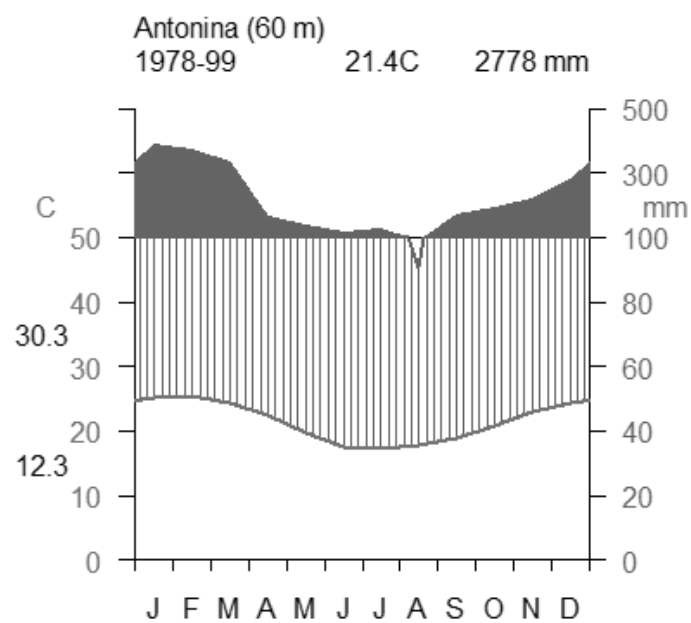


Figura 2. Climograma das áreas de estudo em Antonina, Paraná, Brasil (Fonte: IAPAR, 2011).

3.2 ESCOLHA DAS ESPÉCIES

Foram selecionadas para o estudo 11 espécies arbóreas ocorrendo naturalmente em áreas de planície e encosta da Floresta Atlântica, sendo seis pioneiras e cinco não pioneiras (TABELA 1). Por ocasião desta seleção foram priorizadas as espécies com potencial dendrocronológico pela presença de anéis de crescimento para análise e que compreendessem os dois grupos ecológicos, objetos deste estudo. Foram marcados 6 a 19 indivíduos para cada espécie (total 112 indivíduos, TABELA 1), de forma a garantir a inclusão de árvores em diferentes classes diamétricas e com facilidade no acesso para o monitoramento do crescimento em circunferência do tronco. Os indivíduos selecionados estavam distribuídos em áreas de restauração (7 a 11 anos) e em florestas secundárias avançadas (20 a 60 anos).

3.3 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA VEGETAÇÃO

Para cada um dos 112 indivíduos avaliados, foi realizada uma caracterização da vegetação em um raio de 10m de diâmetro, a partir da base de cada indivíduo. Nesta área circular foram realizadas leituras da cobertura do dossel com um densiômetro esférico convexo de Lemmon (LEMMON, 1954) em oito pontos distribuídos dentro da parcela. Também nesta área, foi feita uma estimativa da densidade de indivíduos da comunidade, através da contagem de todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm.

3.4 MEDIDAS ALOMÉTRICAS, DENDROCRONOLOGIA E DENSIDADE DA MADEIRA

Para cada indivíduo marcado foram obtidas medidas do DAP e altura total, no início do experimento. As coletas para a análise dendrocronológica foram feitas pelo método não destrutivo, obtendo-se amostras de madeira (séries temporais radiais de incremento) com 5mm de diâmetro, no sentido casca-medula com auxílio de um trado de incremento. Foram coletadas cinco amostras radiais do lenho de 5 a 18 indivíduos das espécies avaliadas (total 80 indivíduos, TABELA 1), seguindo procedimento padrão para este tipo de estimativa (STOKES e SMILEY, 1968). Todas as espécies puderam ser amostradas e analisadas, à exceção de *Sloanea guianensis*, por apresentar madeira com alta resistência (densidade), dificultando a sua extração com uso dos trados de incremento. As amostras foram montadas em suportes de madeira e, em seguida, preparadas para polimento com papel abrasivo de diferentes granulometrias (100, 180, 220, 360 e 400 grãos/cm²) até a obtenção de uma superfície transversal (ou de topo) com boa qualidade para análise macroscópica dos anéis de crescimento. O controle dos anéis para diferenciar as séries temporais macroscopicamente restringiu-se a contagem dos anéis de crescimento para fins de caracterização da faixa etária das diferentes populações (pioneiras e não pioneiras).

Para determinação da densidade específica da madeira, a ser empregada nos cálculos de biomassa, foi retirada uma amostra radial de 61 indivíduos. Cada amostra foi fracionada em subamostras de dois centímetros as quais foram imersas em água destilada até a saturação. Em seguida, as amostras foram colocadas dentro de um becker, com volume de água conhecido; o volume de água deslocada correspondeu ao volume da amostra (método gravimétrico). Após este procedimento

as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 105°C até a obtenção de peso da matéria seca. A densidade da amostra foi obtida pela razão entre o peso da matéria seca (g) e seu volume (cm³) (ABNT 11941, 2003). Para as espécies *Sloanea guianensis* e *Inga edulis*, que não foram feitas amostras para este propósito, as densidades específicas da madeira foram obtidas de Zanne *et al.* (2009).

TABELA 1 – Lista das espécies, grupo ecológico, família, número de indivíduos amostrados e de raios coletados, estudadas na Floresta Atlântica, sul do Brasil.

GRUPO/ ACRÔNIMO	ESPÉCIE	FAMÍLIA	N	Nº de raios (*)
Pioneiras				
<i>C. myr</i>	<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	Verbenaceae	8	4(8)
<i>I. edu</i>	<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	9	4-5(6)
<i>I. mar</i>	<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	8	4(6)
<i>M. cor</i>	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	9	2-4(6)
<i>S. mul</i>	<i>Senna multijuga</i> (L.C. Richard) H.S. Irwin e Barneby	Fabaceae	6	4(6)
<i>S. par</i>	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	15	3-4(10)
Não Pioneiras				
<i>C. can</i>	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	11	3-4(8)
<i>C. est</i>	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Lecythidaceae	12	2-4(7)
<i>H. ser</i>	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose	Bignoniaceae	6	2-4(6)
<i>S. gui</i>	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Elaeocarpaceae	9	
<i>V. bic</i>	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	Myristicaceae	19	2-4(18)

*Número de indivíduos amostrados para caracterização etária das populações.

3.5 INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO E ACÚMULO DE BIOMASSA

Para avaliar o incremento em circunferência do tronco foi instalada, em cada indivíduo, uma faixa dendrométrica de aço inoxidável permanente, com precisão na leitura de 0,2 mm (BOTOSSO e TOMAZELLO-FILHO, 2001; FIGURA 3). Após a instalação e antes do início das leituras propriamente ditas, estes dendrômetros permanentes permaneceram por um mês para que houvesse ajuste ao tronco (O'BRIEN *et al.*, 2008), após o qual foram realizadas leituras mensais do incremento em circunferência à altura do peito (CAP), posteriormente sendo convertido em incremento em diâmetro para as análises de biomassa.



Figura 3. Faixa dendrométrica de aço inoxidável, com precisão na leitura de 0,2 mm, instalada no tronco de um dos indivíduos estudados .

A partir dos dados de DAP (cm), altura total (m) e densidade específica da madeira “ ρ ” (em g/cm³) foram calculadas as estimativas de biomassa acima do solo (BAS), a partir da equação alométrica desenvolvidas por Chave *et al.* (2005) para florestas tropicais:

$$\text{BAS} = \exp(-2.977 + \ln(\rho \times \text{dap}^2 \times h))$$

Diversas equações alométricas foram desenvolvidas para floresta tropical, sendo na sua maioria baseadas em apenas no DAP (BROWN, 1997; CHAMBERS *et*

al., 2001; TIEPOLO *et al.*, 2002; CHAVE *et al.*, 2005) ou no DAP e altura do indivíduo (SCATENA *et al.*, 1993; CHAVE *et al.*, 2005). No entanto, equações que considerem além do DAP e altura, a densidade específica da madeira são consideradas mais confiáveis, pois reduzem erros de amostragem, consideram as diferenças entre grupos ecológicos (HENRY *et al.*, 2010), sendo indicadas para a Floresta Atlântica (VIEIRA *et al.*, 2008).

Os dados de BAS foram utilizados para uma estimativa de incremento de biomassa anual ($BAS_{final} - BAS_{inicial}$) e total, por indivíduo.

3.6 ANÁLISE DOS DADOS

As diferenças no incremento médio acumulado em CAP entre espécies e grupos ecológicos (pioneiras e não pioneiras), foram analisadas por um teste de Kruskal-Wallis. Para verificar como os grupos se comportam em relação ao incremento ao longo dos meses, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) fatorial, considerando-se os fatores grupo ecológico e tempo. As relações entre incremento mensal por espécie e variáveis climáticas (precipitação e temperatura, obtidas de Estação Meteorológica portátil instalada na Reserva Natural Rio Cachoeira) foram analisadas por correlações de Spearman.

Os grupos de espécies pioneiras e não pioneiras foram comparadas em relação aos dados médios de biomassa anual acumulada, biomassa total, altura, densidade e DAP dos grupos ecológicos, através de teste *t*. As relações entre o incremento acumulado e o acúmulo de biomassa, com os fatores cobertura do dossel, densidade de indivíduos e idade foram testadas por correlações de Pearson, para os indivíduos das espécies de cada grupo ecológico. Posteriormente, a relação da biomassa acumulada com a idade foi avaliada por regressões lineares e

ajustadas para o melhor modelo (maior r^2). No modelo linear, para verificar a diferença entre os grupos foi realizada uma análise de covariância (ANCOVA). Em todos os testes foi assumido $\alpha=0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 INCREMENTO EM CIRCUNFERÊNCIA DO TRONCO

As espécies diferiram com relação ao incremento radial (mediana) em circunferência à altura do peito (CAP), ao longo de 12 meses ($H= 47,42$; $P<0,0001$; FIGURA 4). No entanto, essa diferença não foi verificada entre espécies dentro do mesmo grupo funcional (Pioneiras: $H= 7,72$; $P>0,05$; Não pioneiras: $H= 10,28$; $P>0,05$). Comparando-se todas as espécies, independentemente do grupo, diferenças foram observadas entre *Cabralea canjerana* (*C. can*) e *Inga edulis* (*I. edu*); entre *Cariniana estrellensis* (*C. est*) e *Inga edulis* (*I. edu*), *Schizolobium parahyba* (*S. par*), *Myrsine coriacea* (*M. cor*); entre *Handroanthus serratifolius* (*H. ser*) e *Inga marginata* (*I. mar*), *Inga edulis* (*I. edu*), *M. coriacea* (*M. cor*) e *Schizolobium parahyba* (*S. par*). As espécies que apresentaram menores incrementos (mediana) foram as não pioneiras *C. canjerana*, *C. estrellensis* e *H. serratifolius* e as espécies que apresentaram maior incremento foram a pioneira *Inga marginata* (*I. mar*) e a não pioneira *Sloanea guianensis* (*S. gui*).

As espécies mostraram um padrão sazonal no incremento radial em CAP (FIGURA 5). Houve correlação positiva entre o incremento acumulado e a precipitação para *C. myrianthum* ($r_s=0,76$), *S. parahyba* ($r_s=0,73$), *C. estrellensis* ($r_s=0,64$), *S. guianensis* ($r_s =0,63$), *V. bicuyba* ($r_s =0,63$, todos $GL=10$; $P<0,05$) e incremento acumulado e temperatura para *C. myrianthum* ($r_s =0,90$), *S. parahyba* ($r_s =0,69$), *S. multijuga* ($r_s =0,79$), *C. canjerana* ($r_s =0,73$), *S. guianensis* ($r_s =0,67$), *V.*

bicuyba ($r_s = 0,65$, todos $GL=10$; $P < 0,05$). Nas demais situações, as correlações não foram significativas ($P > 0,05$).

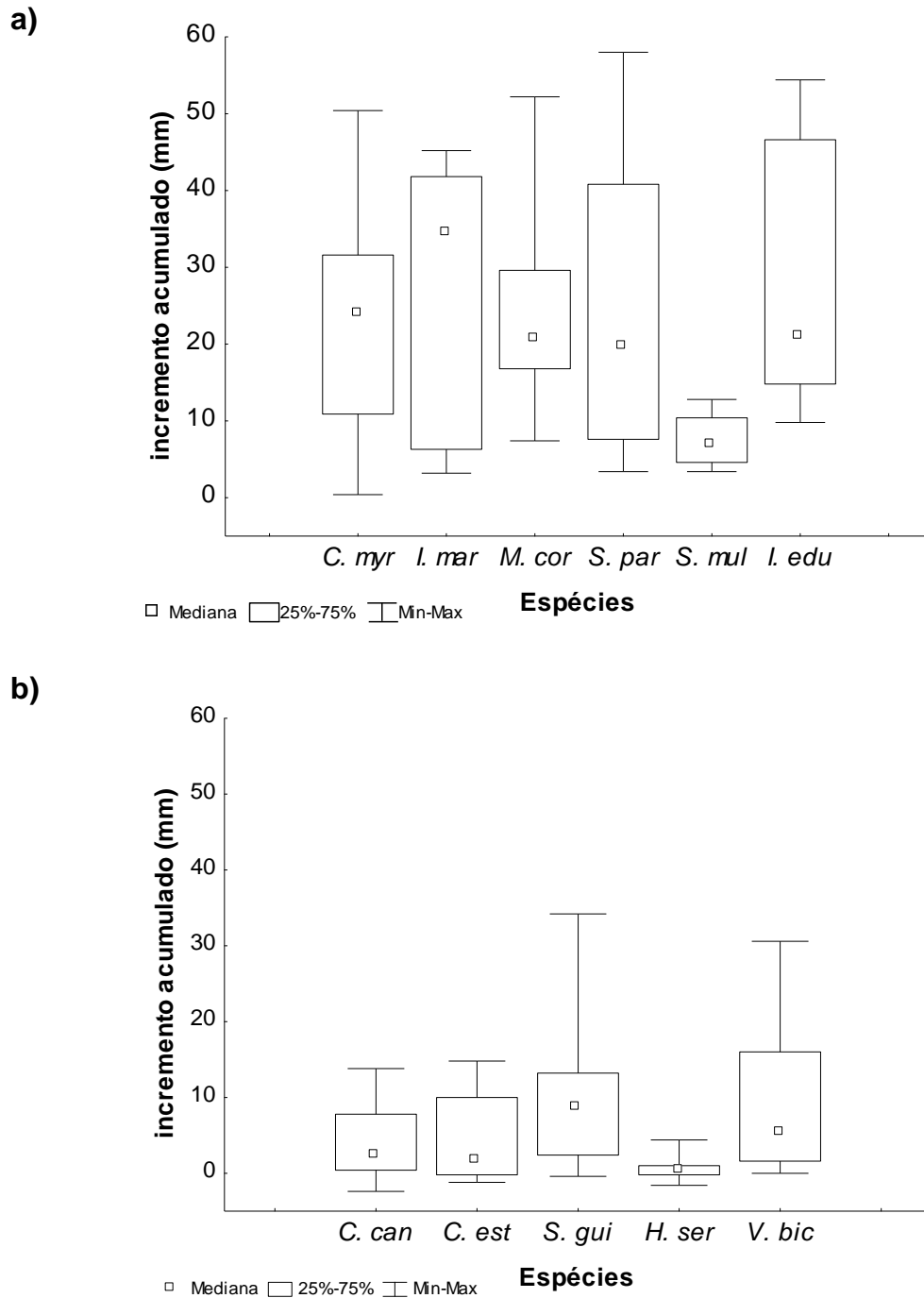


FIGURA 4: Incremento em CAP acumulado (mm), durante um período de 12 meses, em espécies arbóreas da Floresta Atlântica, no sul do Brasil. a) Espécies pioneiras. b) Espécies não pioneiras.

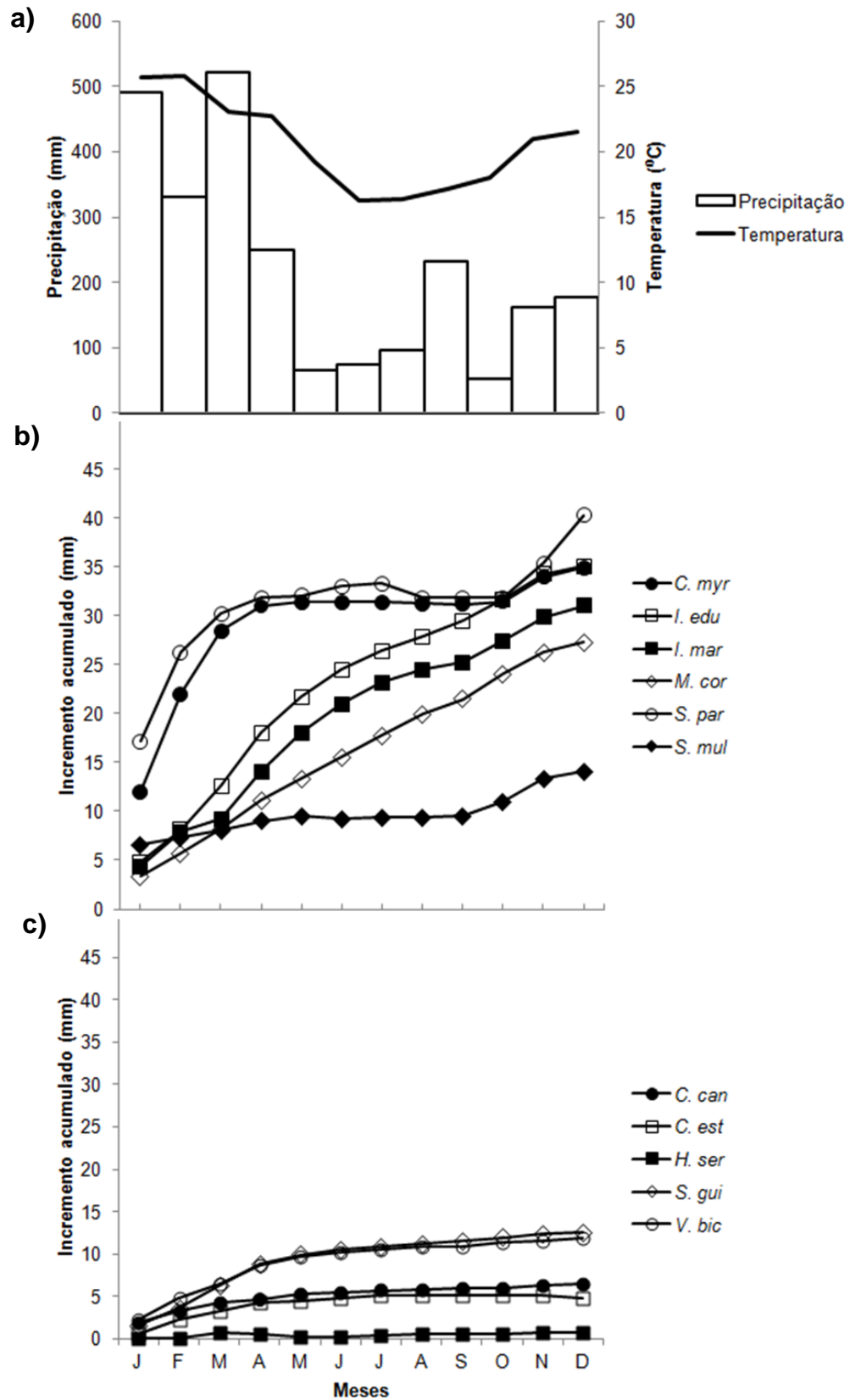


FIGURA 5: Regime climático (a) e incremento médio acumulado de espécies arbóreas pioneiras (b) e não pioneiras (c), no período de estudo, na Floresta Atlântica, sul do Brasil.

No grupo das pioneiras, as espécies *S. parahyba* e *C. myrianthum* foram as que apresentaram uma forte correlação do incremento radial com a precipitação e temperatura, o que refletiu no incremento acumulado mais acentuado nos três primeiros meses do ano de maior precipitação. Para *I. edulis*, *I. marginata* e *M. coriacea* foi observado o mesmo padrão de incremento acumulado nos meses. Ao final dos 12 meses, dentro das pioneiras, em média *S. parahyba* apresentou maior incremento acumulado (41 mm) e *S. multijuga* o menor incremento (14 mm).

As espécies não pioneiras apresentaram incremento acumulado médio graficamente constante ao longo dos 12 meses, porém *S. guianensis* e *V. bicuhyba* apresentaram maior incremento acumulado nos primeiros três meses do ano, que coincidem com uma maior precipitação.

Comparando-se os grupos ecológicos, as espécies pioneiras apresentaram um maior incremento radial médio ao longo dos 12 meses, quando comparadas com as espécies não pioneiras (FIGURA 6) e estas diferenças devem-se aos fatores grupo ecológico, tempo e a interação entre eles (TABELA 2).

O incremento em CAP apresentou, nas espécies não pioneiras, uma relação positiva com a idade dos indivíduos ($r_s=0,38$, $GL=36$, $P=0,01$), mas nenhuma correlação foi encontrada com a cobertura do dossel e a densidade de indivíduos da floresta ($P>0,05$). Nas espécies pioneiras, nenhuma relação foi significativa ($P>0,05$).

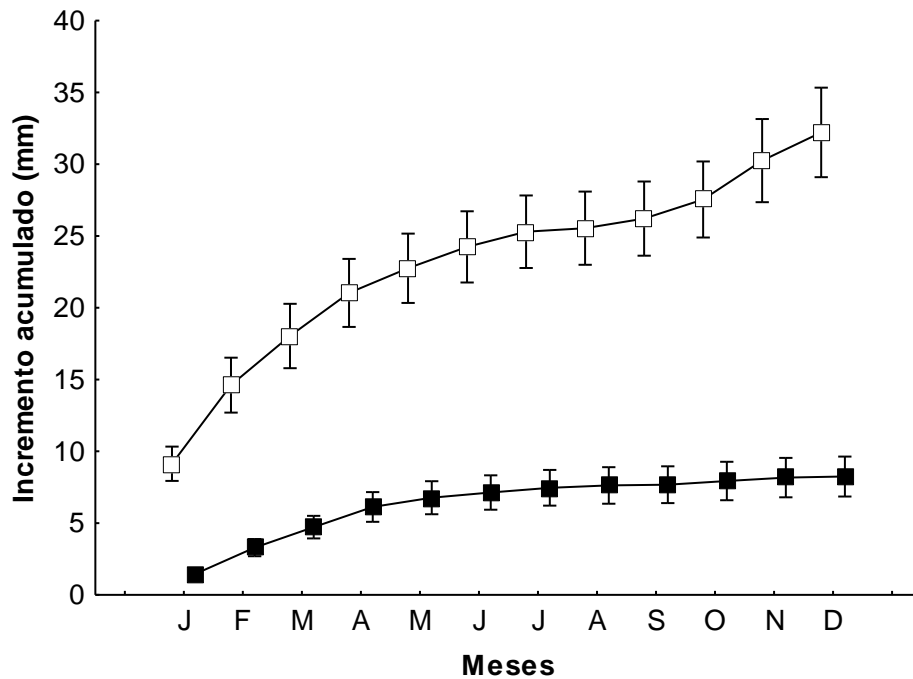


FIGURA 6. Incremento médio acumulado (\pm EP) de espécies arbóreas pioneiras (quadrados brancos) e não pioneiras (quadrados pretos), durante o período de estudo, na Floresta Atlântica no sul do Brasil.

TABELA 2. Anova fatorial para incremento acumulado em relação a grupo ecológico (GE), tempo (meses) e interação, para as espécies arbóreas da Floresta Atlântica, sul do Brasil.

	SS	GL	F	P
GE	93165,7	1	471,6	0,000
Tempo	23009,4	11	10,5	0,000
GE*Tempo	6199,9	11	2,85	0,001

4.2 ACÚMULO DE BIOMASSA

As onze espécies apresentaram valores variados de biomassa (TABELA 3) e diferiram nos grupos ecológicos ($t=2,07$; $P<0,05$; TABELA 3). Em média, o acúmulo de biomassa final das espécies não pioneiras foi quase o dobro (410,13 Kg) das pioneiras (225,32 Kg). Porém, para a biomassa acumulada no período de 12 meses, não houve diferença entre os grupos ($t=0,55$; $P>0,05$). Com relação a variáveis

TABELA 3: Biomassa anual acumulada, biomassa total, altura média (\pm DP), densidade específica da madeira, diâmetro à altura do peito (DAP médio \pm DP) e idade (Min-Máx) das 11 espécies arbóreas da Floresta Atlântica, sul do Brasil. Letras distintas indicam diferenças significativas das variáveis entre o grupo de espécies.

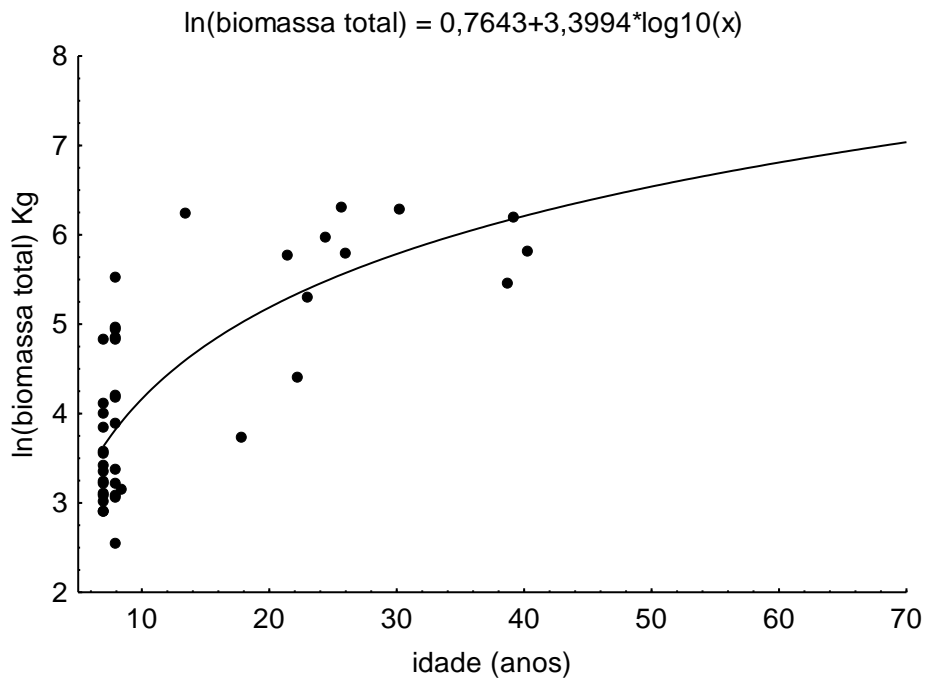
Grupo ecológico/ Espécie	Biomassa anual acumulada (Kg.ano⁻¹)	Biomassa total (Kg)	Altura (m)	Densidade da madeira (g/cm³)	DAP (cm)	Idade (anos)
Pioneiras						
<i>C. myr</i>	8,71	196,40	14,0 \pm 1,5	0,43	22,1 \pm 8,2	7-22
<i>I. edu</i>	20,73	326,60	16,2 \pm 4,0	0,51*	24,4 \pm 11,0	18-41
<i>I. mar</i>	3,90	32,70	10,0 \pm 1,0	0,50	10,0 \pm 3,1	7-8
<i>M. cor</i>	6,52	101,60	10,6 \pm 2,5	0,56	14,1 \pm 8,7	7-8
<i>S. mul</i>	2,40	74,28	13,1 \pm 0,7	0,44	14,5 \pm 5,2	7-8
<i>S. par</i>	8,44	405,70	15,0 \pm 3,4	0,32	31,0 \pm 20,0	7-31
Média	8,86^a	225,32^a	13,42\pm3,4^a	0,43\pm0,10^a	20,8\pm14,1^a	-
Não Pioneiras						
<i>C. can</i>	1,36	167,86	11,6 \pm 2,5	0,60	17,5 \pm 11,0	19-53
<i>C. est</i>	3,82	193,80	8,8 \pm 4,4	0,67	18,0 \pm 11,4	14-55
<i>H. ser</i>	1,23	755,20	13,2 \pm 4,3	0,70	32,0 \pm 19,0	17-44
<i>S. gui</i>	13,03	573,67	13,6 \pm 3,6	0,79*	26,0 \pm 15,4	-
<i>V. bic</i>	13,02	500,50	15,0 \pm 6,0	0,53	24,3 \pm 16,2	14-62
Média	7,59^a	410,13^b	12,6\pm5,0^a	0,60\pm0,09^b	22,7\pm14,7^a	-

* Dados obtidos de Zanne *et al.* (2009)

alométricas (altura e DAP) estas não apresentaram diferenças entre os grupos, mas para densidade específica da madeira houve diferença ($t = 6,33$; $P < 0,05$), sendo as espécies não pioneiras, em média, mais densas ($0,60 \text{ g/cm}^3$) que as pioneiras ($0,43 \text{ g/cm}^3$).

A biomassa final das espécies pioneiras teve relação com o aumento da porcentagem de cobertura do dossel ($r = 0,61$; $GL = 52$; $P < 0,05$), da densidade de indivíduos da floresta ($r = 0,34$; $GL = 52$; $P < 0,05$) e da idade ($r = 0,72$; $GL = 39$; $P < 0,05$); nas espécies não pioneiras apenas com a idade ($r = 0,72$; $GL = 36$; $P < 0,05$). Portanto, a idade do indivíduo parece ser um importante fator para explicar a biomassa, o que parece estar melhor ajustado a um modelo logarítmico para ambos os grupos de espécies pioneiras e espécies não pioneiras ($r^2 = 0,57$, $P < 0,05$; $r^2 = 0,56$, $P < 0,05$, respectivamente; FIGURAS 7a, 7b). Além disso, nessa relação entre biomassa acumulada e a idade, houve diferença entre espécies pioneiras e não pioneiras, para grupo ($P = 0,01$) e idade ($P = 0,00000$) (FIGURA 8), analisando esta relação em um modelo logarítmico as espécies não pioneiras acumulam mais biomassa que as espécies pioneiras numa idade de aproximadamente 50 anos (FIGURA 9).

a)



b)

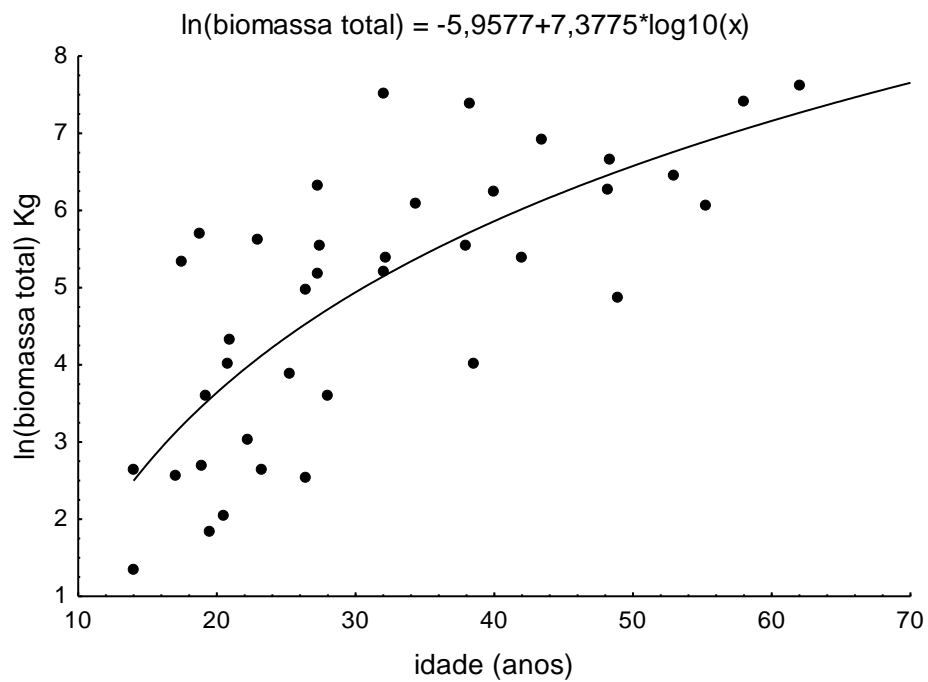


FIGURA 7: Relação entre biomassa total e idade dos indivíduos, para (a) espécies pioneiras ($F=26,46$; $P=0,00$) e (b) não pioneiras ($F=223,41$; $P=0,00$) da Floresta Atlântica, sul do Brasil

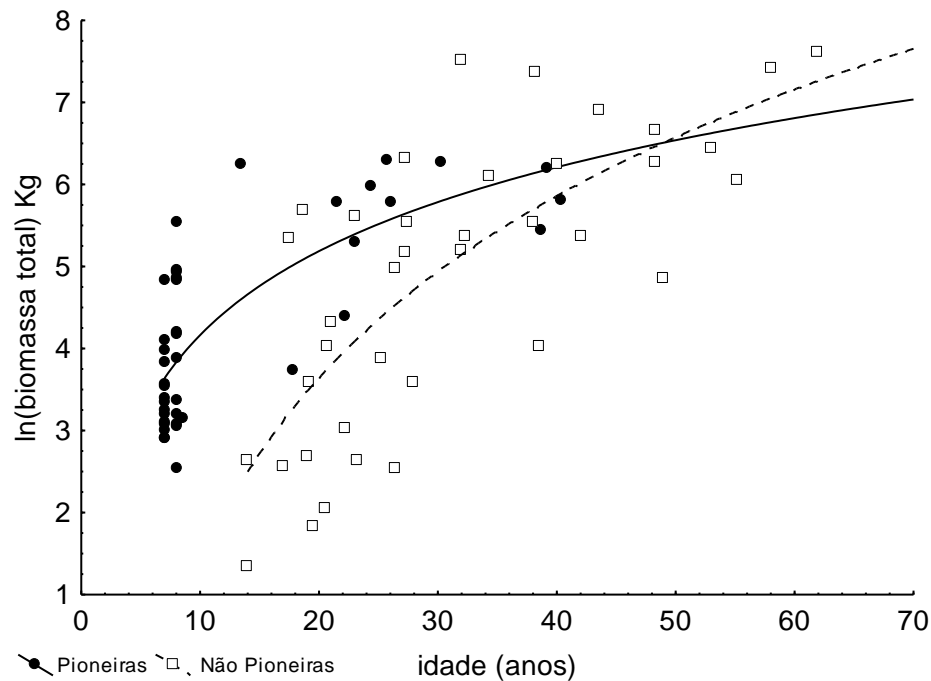


FIGURA 8: Relação entre biomassa total e idade para espécies pioneiras e não pioneiras ($F=6,85$; $P=0,01$) da Floresta Atlântica no sul do Brasil

5 DISCUSSÃO

As espécies arbóreas da Floresta Atlântica pertencentes a diferentes grupos ecológicos (pioneiras e não pioneiras) apresentaram diferenças em relação ao crescimento em circunferência à altura do peito (CAP) e o acúmulo de biomassa. Este crescimento diferenciado é um dos fatores mais importante na distinção destes grupos, pois integra estratégias de aquisição e alocação de recursos para reprodução (BAKER *et al.*, 2003), além de explicar parte da variação funcional que ocorre nas plantas e que impulsiona a dinâmica da sucessão (LIEBERMAN, 1985; CHAZDON, 2010; BAKER *et al.*, 2003). No geral, as espécies tropicais apresentam comportamentos diferentes com relação ao crescimento, a idade, estação do ano e

condições microclimáticas (FERRI, 1979). Essas diferenças podem estar presentes mesmo entre indivíduos da mesma espécie ou famílias (FERRI, 1979).

Um maior incremento em CAP observado nas espécies pioneiras do que nas espécies não pioneiras deve-se pela interação entre o tempo e grupo ecológico, ou seja, para o mesmo mês as espécies pioneiras cresceram mais que as espécies não pioneiras, destacando a alta taxa de crescimento característico deste grupo ecológico. A espécie pioneira *Schizolobium parahyba* foi a que apresentou, em média, o maior incremento em CAP o mesmo observado por Lisi *et al.* (2008) que avaliou o incremento em CAP de diversas espécies tanto pioneiras e não pioneiras da Floresta Estacional Semi-Decidual, com o intuito de verificar o comportamento sazonal de crescimento destas espécies. No mesmo grupo das pioneiras, *Senna multijuga* foi a que apresentou em média o menor incremento anual (14 mm), valor ainda menor ao observado por Cardoso *et al.* (2012) para esta espécie na mesma área de estudo (36,5 mm), o que pode indicar que pequenas variações microambientais podem ainda modificar o padrão de crescimento de árvores. De todas as espécies, *Handroanthus serratifolius*, foi a que apresentou menor incremento em CAP, que junto a *Cariniana estrellensis* foi muito abaixo (0,7 e 4,0 mm, respectivamente) do encontrado por Lisi *et al.* (2008) e Maria (2002), em áreas de Floresta Estacional Semi-Decidual. No geral, as espécies não pioneiras apresentaram incremento em CAP constante e muito menor, o que esteve relacionado, em outros estudos, com a maior competição a que os indivíduos estão normalmente expostos numa floresta com pouca disponibilidade de luz (BLASING *et al.*, 1983; VAN BREUGEL *et al.*, 2012). No entanto, esta não parece ser uma explicação plausível para o presente estudo, uma vez que não foram encontradas relações entre o incremento em CAP e a densidade de indivíduos e nem entre CAP

e cobertura da copa. Assim, parece muito mais provável que os padrões de crescimento mais lento seja uma característica inerente à estratégia de vida das espécies não pioneiras, que investem recursos proporcionalmente à idade, resultando um crescimento lento ao longo da vida. Além disso, é também possível que os efeitos da competição sejam sentidos apenas em indivíduos de menor porte, como verificado por Getzin (2011) e Van Breugel *et al.* (2012).

Foi verificado um padrão sazonal no incremento em CAP para as espécies de ambos os grupos, com correlação positiva entre o incremento e variáveis climáticas (precipitação e temperatura), o que tem sido demonstrado em outras espécies tropicais (WORBES, 1999; SILVA *et al.*, 2002; FILHO *et al.*, 2003; CARDOSO *et al.*, 2012). Com o decréscimo da precipitação durante a estação seca o potencial de água no solo também cai influenciando o ritmo de crescimento de espécies perenifólias e caducifólias (WORBES, 1999), o que pode ser refletido na atividade cambial e na perda de folhas (LISI *et al.*, 2008). Embora o clima da região de estudo não apresente grande sazonalidade na precipitação (os meses mais secos do inverno têm precipitação acima de 60mm), esta variação interanual parece ser o suficiente para desencadear mecanismos diferenciados de crescimento e reprodução durante o ano (MARQUES e OLIVEIRA, 2004, 2008). No entanto, as espécies *Inga edulis*, *I. marginata*, *M. coriacea* e *H. serratifolia* não mostraram correlação com o clima, pois podem ser menos sensíveis a alterações na disponibilidade de água e variações da temperatura.

Além das diferenças nas taxas de crescimento, o acúmulo de biomassa também diferiu entre os grupos, sendo em média a biomassa final das espécies não pioneiras quase o dobro (410,13 Kg) das pioneiras (225,32 Kg). Porém, analisando-se o acúmulo apenas nos 12 meses, essa diferença na estimativa de incremento de

biomassa anual não foi observada, o que indica que apenas a avaliação em longo prazo possa detectar padrões diferenciais de acúmulo de biomassa.

A biomassa acumulada diferiu entre grupos, porém a altura e o diâmetro à altura do peito (DAP) médios foram semelhantes, diferenciando apenas na densidade específica da madeira. Portanto, a densidade da madeira foi uma variável determinante nas equações alométricas para estimativa de biomassa, como sugerido por De Walt e Chave (2004). Um exemplo pode ser observado em *H. serratifolius* que apesar de ter sido a espécie que apresentou o menor incremento em CAP ao longo de 12 meses, destacou-se em relação ao acúmulo de biomassa (755,20 Kg), devido, principalmente à alta densidade específica da madeira (0,70 g/cm³). Essa última variável foi menor nas espécies pioneiras (0,43 g/cm³) e maior nas espécies não pioneiras (0,60 g/cm³) valores também obtidos por outros trabalhos (DENSLOW, 1980; HENRY *et al.*, 2010).

Árvores com DAP acima de 30 cm são importantes para o acúmulo de biomassa, pois contribuem com cerca de 70-80% do total da floresta (CHAVE *et al.*, 2001; LINDNER, 2010). Essas grandes árvores foram presentes em ambos os grupos ecológicos neste estudo, além de outras classes de diâmetro, indicando a diversidade estrutural da Floresta Atlântica (LINDNER, 2010).

Ao contrário do encontrado para incremento em CAP, a biomassa final das espécies pioneiras esteve relacionada com o aumento da porcentagem de cobertura do dossel, da densidade de indivíduos da floresta e da idade. Este maior acúmulo de biomassa em locais com maior competição e de maior sombreamento não era esperado (VAN BREUGEL *et al.*, 2012). No entanto, estas correlações ocultam um provável viés de que os indivíduos das espécies pioneiras com maior biomassa estão localizados em florestas mais desenvolvidas e encontram-se, provavelmente,

no final de seu ciclo de vida, uma vez que estas espécies têm uma longevidade aproximada de 30 a 40 anos (SWAINE e WHITMORE, 1988). Para as espécies não pioneiras, assim como ocorreu no incremento em CAP, apenas a idade foi correlacionada com o acúmulo de biomassa, indicando que a idade do indivíduo parece ser um importante fator para explicar a biomassa, inclusive às diferenças entre grupos ecológicos.

As relações entre idade e acúmulo de biomassa, ajustadas por modelos logarítmicos, irão influenciar no balanço final de biomassa de uma comunidade. Diferenças no acúmulo de biomassa pela idade da comunidade foi verificado em florestas secundárias (KENZO *et al.*, 2010), sendo que nos primeiros anos de desenvolvimento da floresta houve um alta taxa de acumulação de carbono, mas após um período passou a apresentar um ritmo mais lento. Especificamente para a Floresta Atlântica, Tiepolo *et al.* (2002) verificaram que o estoque de carbono em uma floresta secundária jovem é de 42,89 Mg.C.ha⁻¹ e em florestas em estágio médio-avançado, 106,19 Mg.C.ha⁻¹, ressaltando as diferenças do acúmulo de biomassa conforme o tempo e grupos ecológicos.

Assim, diferentes modelos de restauração podem influenciar no acúmulo de biomassa, pela composição e densidade das espécies plantadas. Se utilizadas apenas espécies pioneiras, estas podem contribuir com um maior acúmulo de biomassa no início da sucessão, mas em longo prazo, o seqüestro de carbono será comprometido, se não houver entrada de espécies não pioneiras. Portanto, considerar as particularidades das espécies em planos de restauração, é importante passo para que um plano de restauração obtenha sucesso, no serviço de seqüestro de carbono da atmosfera que poderá prestar.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do crescimento e acúmulo de biomassa de 11 espécies arbóreas da Floresta Atlântica no sul do Brasil mostrou que as espécies variam muito em seus padrões. O incremento radial das árvores é relacionado positivamente com temperatura e precipitação, mas parece ser independente das condições ambientais pontuais (cobertura de dossel e densidade de árvores vizinhas), sendo este incremento radial maior nas espécies pioneiras que nas não pioneiras. O acúmulo de biomassa também difere entre os grupos, sendo maior nas espécies não pioneiras que nas pioneiras. A biomassa aumenta logaritmicamente de acordo com a idade, o que pode ser utilizado como uma ferramenta para previsão de seqüestro de carbono durante a trajetória sucessional.

Estes resultados ajudam a entender os processos que ocorrem em relação ao acúmulo de biomassa nos grupos ecológicos e o seu efeito para a comunidade como um todo. Diferenças observadas no crescimento dos diferentes grupos ecológicos sugerem que em um projeto de restauração, espécies pioneiras contribuam mais com estoque de carbono nos primeiros 50 anos enquanto que as não pioneiras nas etapas posteriores da sucessão. Portanto, projetos de restauração devem levar em consideração, além do crescimento destacado nas pioneiras, o acúmulo de biomassa, que no futuro será mais evidente nas não pioneiras. Considerar as características ecológicas das espécies é um passo importante para o sucesso da restauração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A. M.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground

biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, v. 260, p. 679–691. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Madeira-Determinação da densidade básica. Comissão de estudo de madeira para fabricação de pasta celulósica, NBR 11941, 2003.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, p. 21–36. 2003.

BENAYAS, J. M. R.; NEWTON, A. C.; DIAZ, A.; BULLOCK, J. M. Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration: A Meta-Analysis. **Science**, v. 325, p. 1121. 2009.

BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; SANTOS, F. A. M. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a tropical semi-deciduous forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, vol.44, n.3, p. 269-276. 2001.

BILLINGS W.D. The environment complex in relation to plant growth and distribution. **The Quarterly Review of Biology** v. 27, p. 251-65. 1952.

BLASING, T. J., DUVICK, D. N.; COOK, E. R. Filtering the effect of competition from ring-width series. **Tree-Ring Bulletin**, v. 43, p. 19-30.1983.

BORGO, M.; TIEPOLO, G.; REGINATO, M.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; CAPRETZ, R. L.; ZWIENER, V. P. Espécies arbóreas de um trecho de Floresta Atlântica do Município de Antonina, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 819 - 832, 2011.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa e do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, p. 145-17. 2001.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. Conhecer a idade das árvores: importância e aplicações. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

BREUGEL, M. V, RANSIJN, J.; CRAVEN, D.; BONGERS, F.; HALL, J.S. Estimating carbon stock in secondary forests: Decisions and uncertainties associated with allometric biomass models. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 1648–1657. 2011.

BROWN, I.F.; MARTINELLI, L.A.; THOMAS, W.W.; MOREIRA, M.Z.; FERREIRA, C.A.C.; VICTORIA, R.I. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: an example from Rondonia, Brazil. **Forest Ecology Management**, v. 75, p. 175-189. 1995.

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

BROWN, S. **Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer**. FAO Forestry Paper 134, Rome, Italy. 1997.

BRUEL, B. O.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M. Survival and Growth of Tree Species under Two Direct Seedling Planting Systems. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 4, p. 414–417. 2010

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v. 15, p. 492–497. 2001.

CÂMARA, I. G. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Org.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, Belo Horizonte: Conservação Internacional. p. 31-42, 2005.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. *Revista Floresta*, v. 2, n. 3, p. 45-52. 1970.

CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. *Plant Soil*. 2012. (no prelo)

CAPOBIANCO, J.P.R. **Dossiê Mata Atlântica 2001**. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/inst/pub/detalhe_down_html?codigo=54>. Acesso em: 16 out. 2011.

CHAMBERS, J.Q., SANTOS, J, RIBEIRO, R.J. & HIGUCHI, N. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon Forest. **Forest Ecology Management**, v. 152, n. 1-3, p. 73-84. 2001.

CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; MOONEY, H.A. **Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology**. Springer, New York. 2002.

CHAVE, J.; RIÉRA, B.; DUBOIS, M. Estimation of biomass in a Neotropical forest in French Guiana: Spatial and temporal variability. **Journal Tropical Ecology**, v. 17, p. 79–96. 2001.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRS, M. A.; CHAMBERS, J. Q.; EAMUS, D.; FOLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J. P.; NELSON, B. W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIÉRA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, n. 1, p. 87-99. 2005.

CHAZDON, R. L. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. **Science**, v. 320, p. 1458. 2008

CHAZDON, R.L.; FINEGAN, B.; CAPERS, R. S.; SALGADO-NEGRET, B.; CASANOVES, F.; BOUKILI, V.; NORDEN, N. Composition and Dynamics of Functional Groups of Trees During Tropical Forest Succession in Northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 42, p. 31–40. 2010.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in Costa Rica tropical rain forest. **Journal of Ecology**, v.82, p.865-872, 1994.

DENSLOW, J. S. Gap partitioning among tropical rainforest trees. **Biotropica**, v. 12, p. 23–30. 1980.

DENSLOW, J. S.; SCHULTZ, J. C.; VITOUSEK, P. M.; STRAIN, B. R. Growth responses of tropical shrubs to treefall gap environments. *Ecology*, v.71, n.1, p.525-532, 1990.

DEWALT, S. J., CHAVE, J. Structure and biomass of four lowland neotropical forests. **Biotropica**, v. 36, p. 7-19. 2004.

DIXON, R. K.; S. BROWN, R. A.; HOUGHTON, A. M.; SOLOMON, M. C.; TREXLER, E. J. WISNIEWSKI. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science**, v. 263, p. 185–190. 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412 p. 1999.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: Bormann, F. H.; Berlyn, G. (eds.). **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research: 83–100 (Bull. 94)**. Yale University, New Haven. 1981.

FEARNSIDE, P.M. Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass? **Global Environmental Change**, v. 14, p. 299 – 302, 2004.

FERRETI, A. R.; BRITZ, R. M. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In: GALVÃO A. P. M.; PORFÍRIO, E. S. (Org.). **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Colombo: Embrapa Florestas. p. 87-102, 2005.

FERRETTI, A.R.; BRITZ, R.M. Ecological restoration carbon sequestration and biodiversity conservation: The experience of the Society for Wildlife Research and Environmental Education (SPVS) in the Atlantic Rain Forest of Southern Brazil. **Journal of Nature Conservation**, v. 14, p. 249-259, 2006.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. Editora Pedagógica, São Paulo. v. 2. 1979.

FILHO, A. F.; HUBIE, S. R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J.; SANQUETTA. C. R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Vol. 5, n. 1, 2003.

FRA, 2010. **The Global Forest Resources Assessment 2010**. Disponível em: <www.fao.org/forestry/fra2010>. Acesso em: 14 jun.2010.

FRIEDLINGSTEIN, P.; COX, P.; BETTS, R.; BOPP, L.; VON BLOH, W.; BROVKIN, V.; CADULE, P.; DONEY, S.; EBY, M.; FUNG, I.; BALA, G.; JOHN, J.; JONES, C.; JOOS, F.; KATO, T.; KAWAMIYA, M.; KNORR, W.; LINDSAY, K.; MATTHEWS, H. D.; RADDATZ, T.; RAYNER, P.; REICK, C.; ROECKNER, E.; SCHNITZLER, K.-G.;

SCHNUR, R.; STRASSMANN, K.; WEAVER, A. J.; YOSHIKAWA, C.; ZENG, N. Climate-carbon cycle feedback analysis. Results from the C4MIP model inter comparison. **Journal of Climate**, v. 19, p. 3337–3353. 2006.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA /INPE/INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais da Mata Atlântica e ecossistemas associados no período de 2008–2010**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/INPE/Instituto Socio-ambiental (ISA).

GETZIN, S.; WORBES, M.; WIEGAND, T.; WIEGAND, K. Size dominance regulates tree spacing more than competition within height classes in tropical Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, v. 27, p. 93-102. 2011.

GRAU, H. R.; AIDE, T. M.; ZIMMERMAN, J. K.; THOMLINSON, J. R.; HELMER, E.; ZOU, X. The Ecological Consequences of Socioeconomic and Land-Use Changes in Postagriculture Puerto Rico. **BioScience**, v. 53, p. 1159. 2003.

HENRY, M.; BESNARD, A.; ASANTE, W. A.; ESHUN, J.; ADU-BREDU, S.; VALENTINI, R.; BERNOUX, M.; SAINT-ANDRÉ, L. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 260, p. 1375–1388. 2010.

HUBBELL S.P, CONDIT, R.; FOSTER, R. B. Presence and absence of density dependence in a neotropical tree community. **Philosophical Transactions of Royal Society of London B**, v. 330, p. 269–281. 1990.

IAPAR Médias históricas em estações do IAPAR. Base de dados. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>>. Acesso em 10 novembro 2011.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group I: The Scientific Basis. 2001. Disponível em: <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/fig3-1.htm>. Acesso em: 24 jun 2010.

IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm> Acesso em: 23 jun 2010.

KENZO, T.; ICHIEB, T.; HATTORI, D.; KENDAWANG, J. J.; SAKURAI, K.; NINOMIYAE, I. Changes in above- and belowground biomass in early successional

tropical secondary forests after shifting cultivation in Sarawak, Malaysia. **Forest Ecology and Management**, v. 260 p. 875–882. 2010.

KINDEL, A.; BARBOSA, P. M. S.; PÉREZ, D. V.; GARAY, I. Efeito do extrativismo seletivo de espécies arbóreas da floresta Atlântica de Tabuleiros na matéria orgânica e outros atributos do solo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, v. 25, p. 551–563. 1999.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos tropicos; Ecosystemas florestais e respectivas espécies arboreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn, Instituto de Silvicultura da Universidade de Gottingen, GTZ, p. 130. 1990.

LEMMON, P. E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Journal of Forestry**, v.55, n.9, p.667-668. 1957.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, M.; PERALTA, R. Growth rates and age-size relationship of tropical wet forests trees in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 1, p. 97-109. 1985.

LIEBSCH, D.; MARQUES, M. C.M.; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic Rain Forest take to recover after disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. **Biological Conservation**, v. 141, p. 1717 – 1725, 2008.

LINDNER, A. Biomass storage and stand structure in a conservation unit in the Atlantic Rainforest—The role of big trees. **Ecological Engineering**, v. 36, p. 1769–1773. 2010.

LISI, C. S.; TOMAZELLO, F^o. M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, v. 29, p. 189–207. 2008.

MALHI, Y. D.; BALDOCCHI, D.; JARVIS, P. G. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. **Plant Cell Environ** v. 22, n. 6, p. 715-740, 1999

MALHI, Y.; BAKER, T. R.; PHILLIPS, O. L.; ALMEIDA, S.; ALVAREZ, E.; ARROYO, L.; CHAVE, J.; CZIMCZIK, C. I.; DI FIORE, A.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; MONTOYA, L. M. M.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; NUNEZ VARGAS, P.; PATINO, S.; PITMAN, N. C

.A.; QUESADA, C. A.; SILVA, J. N. M.; LEZAMA, A. T.; VASQUES MARTINEZ, R.; TERBORGH, J.; VINCETI, B.; LLOY, D. J. The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. **Global Change Biology**, v. 10, p. 563–591. 2004.

MARIA, V. R. B. Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de florestas estacionais semidecíduais. Dissertação de mestrado, Esalq – USP, São Paulo. 2002.

MARQUES, M. C.M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 713. 2004.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Seasonal rhythms of seed rain and seedling emergence in two tropical rain forests in southern Brazil. **Plant Biology**, v. 10, p. 596-603. 2008.

MATTOS, P.P.; SEITZ, R.A.; SALIS, S.M. Dendroecological potencial of *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Toledo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 48, p. 93-103, 2004.

MEA - **Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Relatório-Síntese da Avaliação Ecosistêmica do Milênio**. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org>>. Acesso em: 24 jun 2010.

MELO, A. C. G.; DURIGAN G. A regeneração natural sob reflorestamentos ciliares no Estado de São Paulo: a importância da fauna para processos de restauração. **Anais do XI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano de Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba: SOBRADE, p. 51-59, 2005.

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

MOZETO, A. A.; FRITZ, P. MOREIRA, M. Z.; VETTER, E.; ARAVENA, R.; SALATI, E.; DRIMMIE, R. J. Growth rates of natural amazonian forest trees based on radiocarbon measurements. **Radiocarbon**, v. 30, n. 1, p.1-6. 1988.

MYERS, N. R. A.; MITTERMEIER, C.G.; MITTERMEIER, G. A.; FONSECA, B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** v. 403, n. 1, p. 852-858, 2000.

MYSTER, R. W.; MARÌN-SPIOTTA, E.; CUSACK, D. F.; OSTERTAG, R.; SILVER, W. L. Trends in above and belowground carbon with forest regrowth after agricultural abandonment in the neotropics. In: Marin-Spiotta, E., Cusack, D.F., Ostertag, R., Silver, W.L. (Org.). **Post-Agricultural Succession in the Neotropics**. Springer New York, p. 22–72. 2008.

NICOTRA, A.B.; CHAZDON, R.L.; IRIARTE S.V.B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology*, v. 80, p. 1908-1926. 1999.

O'BRIEN, J. J.; OBERBAUER, S. F.; CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Phenology and stem diameter increment in Costa Rica Wet Tropical forest. **Biotropica**, v. 40, p. 151-159. 2008.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forestry Ecology and Management**, v. 99, p. 1-7. 1997

PUMJUMNONG, N.; ECKSTEIN, D.; SASS, U. Tree-ring research on *tectona grandis* in Northern Thailand. *IAWA Journal*, Vol. 16, n. 4, p. 385 – 392. 1995.

RIBEIRO, S. C. L.; JACOVINE, A. G.; SOARES, C. P. B., MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI A. M. B. Quantificação de biomassa e estimativa de estoque de carbono em uma Floresta Madura no Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 917-926, 2009.

SAUGIER, B.; ROY, J.; MOONEY, H. A. Estimations of global terrestrial productivity: Converging toward a single number? In: Roy, J.; Saugier, B.; Mooney, H. A. (Org.). **Terrestrial Global Productivity**. Academic Press, San Diego. p. 543–557. 2001.

SANQUETA, C.R.; BALBINOT, E R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M.A.B. (Org.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, UFPR/Ecoplan. p. 77-93, 2004

SCHMITT, C. B.; BURGESS, N. D.; COAD, L.; BELOKUROV, A.; BESANÇON, C.; BOISROBERT, L.; CAMPBELL, A.; FISH, L.; GLIDDON, D.; HUMPHRIES, K.;

KAPOS, V.; LOUCKS, C.; LYSENKO, I.; MILES, L.; MILLS, C.; MINNEMEYER, S.; PISTORIUS, T.; RAVILIOUS, C.; STEININGER, M.; WINKEL, G. Global analysis of the protection status of the world's forests. **Biological Conservation**, v. 142, p. 2122-2130, 2009.

SER - **Society for Ecological Restoration International Science e Policy Working Group. 2004.** The SER primer in ecological restoration (Version 2). Disponível em: <<http://www.ser.org>> Acesso em: 20. maio 2010.

SCATENA, F.N., SILVER, W., SICCAMA, T., JOHNSON, A. & SÁNCHEZ, M.J. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo. **Biotropica**, v. 25, n. 1, p.15-27. 1989.

SILVA, R. P.; SANTOS, J.; TRIBUZY, E. S.; CHAMBERS, S. N.; HIGUCHI, N. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, vol. 166, p. 295. 2002.

SILVER, W. L.; OSTERTAG, R.; LUGO, A. E. The Potential for Carbon Sequestration through Reforestation of Abandoned Tropical Agricultural and Pasture Lands. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 4, p. 394–407. 2000.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An introduction to tree-ring dating.** The University of Chicago Press, Chicago and London. 1968.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, p. 81-86. 1988.

TIEPOLO, G. M.; CALMON, M.; FERETTI, A. R. Measuring and monitoring carbon stocks at the Guaraqueçaba climate action project, Paraná, Brazil. In: **International Symposium on Forest Carbon Sequestration and Monitoring, 2002, Taipei, Taiwan.** Anais. Taipei: Taiwan Forestry Research Institute. 98-115. 2002.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. (Org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações.** São Paulo: EDUC, 2001. p. 117-143.

TONHASCA JÚNIOR, A. Os serviços ecológicos da Mata Atlântica. **Ciência hoje**, v.35 n. 205 p. 64-67, 2004. Disponível em: <<http://bioatlantica.org>>. Acesso em 27. ma 2010.

UNFCCC (Climate Change Secretariat). **Caring for climate: A guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol**. UNFCCC, Bonn, Germany, 2003

VAN BREUGEL, M.; VAN BREUGEL, P.; JANSEN, P. A.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGER, F. The relative importance of above- versus belowground competition for tree growth during early succession of a tropical moist forest. **Plant Ecology**, v.213, p. 25–34. 2012.

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/PROJETO RADAMBRASIL, 1991.

VIEIRA, S. A.; ALVES, L. F.; AIDAR, M. P. M.; ARAÚJO, L. S.; BAKER, T.; BATISTA, J. L. F.; CAMPOS, M. C. R.; CAMARGO, P. B.; CHAVE, J.; DELITTI, W. B.; HIGUCHI, N.; HONÓRIO, E.; JOLY, C. A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L. A.; DE MATTOS, E. A.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F. A. M.; SHIMABUKURO, M. T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S. E.. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2. 2008.

WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 87, p. 391–403. 1999.

WORBES, M., STASCHEL, R., ROLOFF, A. & JUNK, W. J. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management**, v. 173, p. 105–123. 2003.

WOODWELL, G. M.; WHITTAKER, R. H. Primary production in terrestrial ecosystems. **American Zoologist**, v. 8, n. 1, p. 19-30. 1968.

ZANNE, A.E.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; COOMES, D. A.; ILIC, J.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; MILLER, R. B., SWENSON, N. G.; WIEMANN, M. C.; CHAVE, J. **Global wood density database**. 2009. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>. Acesso em 08/01/2012.