

PROJETO TEMÁTICO

Composição florística, estrutura e funcionamento da Floresta Ombrófila Densa dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar.

**Coordenadores: Prof. Dr. CARLOS ALFREDO JOLY
Prof. Dr. LUIZ ANTONIO MARTINELLI**

AGOSTO/2004

Índice

1	SUMÁRIO	5
2	SUMMARY	7
3	INTRODUÇÃO	9
4	SUMÁRIO EXECUTIVO	12
4.1	FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA	13
4.2	ESTUDOS AUTO-ECOLÓGICOS E POPULACIONAIS	13
4.3	GRUPOS FUNCIONAIS	14
4.4	FUNCIONAMENTO DO ECOSISTEMA	16
4.5	MODELAGEM	18
5	JUSTIFICATIVA	18
6	MATERIAL E MÉTODOS	23
6.1	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS	23
6.1.1	Núcleo Santa Virgínia.....	17
6.1.2	Núcleo Picinguaba.....	17
6.2	USO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO	25
6.2.1	Alocação das parcelas e mapeamento dos indivíduos arbóreos	27
6.3	CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA, EDÁFICA E CLIMATOLÓGICA DAS PARCELAS.....	28
6.4	LEVANTAMENTO DE DADOS BIÓTICOS NAS PARCELAS	32
6.4.1	Estudos florísticos e fitossociológicos	32
6.4.1.1	Análise florística.....	32
6.4.1.2	Análise fisionômica	33
6.4.1.3	Análise fitossociológica	33
6.4.1.4	Florística de grupos botânicos específicos	35
6.4.1.4.1	Micota liquenizada da família Parmeliaceae....	35
6.4.1.4.1	Famílias específicas de Angiospermae	38
6.4.2	Estudos auto-ecológicos	39
6.4.2.1	Biologia da polinização e da reprodução	40

6.4.2.2	Estruturas secretoras.....	43
6.4.2.3	Estudo cariológico.....	45
6.4.2.4	Estudos anatômicos e substâncias de reserva.....	48
6.4.2.5	Ecofisiologia da germinação.....	51
6.4.2.5.1	Fotoblastismo	53
6.4.2.5.2	Germinabilidade	53
6.4.2.5.3	Viabilidade.....	53
6.4.2.5.4	Germinação sob hipoxia e anoxia	53
6.4.2.5.5	Análise dos resultados.....	54
6.4.2.6	Ecofisiologia da fotossíntese e da eficiência no uso da água	54
6.4.2.6.1	Acúmulo de folheto e índice foliar	55
6.4.2.6.2	Trocas gasosas de CO ₂ e H ₂ O.....	55
6.4.2.6.3	Fluorescência da clorofila a	56
6.4.2.6.4	Potencial hídrico foliar	57
6.4.2.6.5	Conteúdo foliar de nutrientes.....	57
6.4.2.6.6	Características foliares	57
6.4.2.6.7	Pigmentos fotossintéticos.....	58
6.4.2.7	Ecofisiologia do metabolismo de nitrogênio	58
6.4.2.7.1	Caracterização do uso de nitrogênio.....	59
6.4.3	Estudos populacionais.....	62
6.4.3.1	Estrutura genética populacional de espécies arbóreas	61
6.4.3.2	Caracterização da estrutura de tamanho e da dinâmica de espécies arbóreas.....	63
6.4.3.3	Dinâmica populacional de espécies arbóreas	65
7	GRUPOS FUNCIONAIS.....	66
8	FUNCIONAMENTO DO ECOSISTEMA - CICLOS DE NITROGÊNIO E CARBONO.....	68
8.1.	CICLAGEM DE NITROGÊNIO NA FLORESTA OMBRÓFILA Densa.....	68
8.1.1	Mineralização, amonificação e nitrificação	70
8.1.2	Perdas gasosas de nitrogênio	70

8.1.3	Conteúdo de nitrogênio e fósforo nas folhas	70
8.1.4	Abundância isotópica de nitrogênio	71
8.1.5	Entradas atmosféricas de nitrogênio	71
8.2.	DINÂMICA DO CARBONO NA VEGETAÇÃO.....	73
8.2.1	Dinâmica florestal	75
8.2.2	Estrutura etária.....	75
8.2.3	Produção e decomposição de madeira morta	75
8.2.4	Taxa de retorno da MO.....	75
8.2.5	Idade do CO ₂ respirado	76
8.3	VARIABILIDADE ISOTÓPICA DO CARBONO E OXIGÊNIO DO CO₂ O MATERIAL ORGÂNICO E NA ÁGUA	77
8.3.1	Metodologia isotópica.	80
8.3.2	Modelagem da decomposição isotópica do oxigênio	81
8.3.3	"Keeling Plot"	81
8.3.4	Coletas.....	82
8.4	CLIMA E FLUXOS ATMOSFÉRICOS DE ÁGUA, ENERGIA E CO₂	83
9	MODELAGEM.....	85
9.1	Modelagem preditiva de distribuição de espécies..	85
9.1	Modelagem acoplada atmosfera-biosfera-hidrosfera	87
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
11	REFERÊNCIAS	89

SUMÁRIO

Coordenadores: Dr. Carlos A. Joly – IB/UNICAMP & Luiz Antonio Martinelli – CENA/USP

Composição florística, estrutura e funcionamento da Floresta Ombrófila Densa dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar **(FAPESP 03/12595-7)**

A composição florística e a estrutura da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (5 a 50 m de altitude sobre solo de restinga), da Floresta Ombrófila Densa Submontana (50 a 500 m de altitude) e da Floresta Ombrófila Densa Montana (500 a 1.200 m de altitude) serão determinadas em áreas de 4 há, através do método de parcelas permanentes contíguas de 10 x 10 metros, considerando-se todos indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito) igual ou superior a 4,8 cm (PAP - perímetro à altura do peito \geq 15,0 cm). Para os indivíduos perfilhados serão incluídos aqueles que apresentarem pelo menos um dos perfilhos dentro do critério de inclusão. No caso de algumas famílias de reconhecida importância, quer seja no ciclo de nitrogênio como as Leguminosae, quer seja na manutenção de recursos para populações de polinizadores e dispersores como Bromeliaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Solanaceae, Moraceae e Piperaceae, o estudo florístico poderá incluir todas as espécies, inclusive herbáceas, lianas e epífitas. A análise dos dados e a estimativa dos parâmetros fitossociológicos serão feitas através do programa FITOPAC. Análises mais refinadas serão feitas para a identificação de espécies raras.

Os dados de composição e estrutura permitirão a escolha de espécies para estudos de biologia da reprodução (incluindo sistema reprodutivo, citogenética, polinização, inclusive estrutura e histoquímica das glândulas foliares e florais, diversidade de vetores de pólen, dispersão e diversidade de agentes dispersores); ecofisiologia da germinação (incluindo a anatomia e estrutura dos tegumentos, anatomia das estruturas de reserva - cotilédones e/ou endosperma, substâncias de reserva, anatomia e estrutura do eixo embrionário das sementes, anatomia da fase inicial do desenvolvimento após a protusão da radícula, fotoblastismo, velocidade de germinação); ecofisiologia da fotossíntese e da eficiência do uso de água (incluindo anatomia e características foliares, estrutura e histoquímica de glândulas foliares, proporção de pigmentos fotossintéticos, razão C/N, trocas gasosas, medidas de fluorescência da clorofila); ecofisiologia da assimilação, transporte e do metabolismo de nitrogênio (incluindo a disponibilidade de nitrogênio no solo, o nível total de nitrogênio foliar; a atividade de nitrato-redutase foliar, a composição isotópica de nitrogênio; e os compostos nitrogenados de baixo peso molecular presentes na seiva do xilema); a estratégia de recrutamento de indivíduos (incluindo banco de sementes, banco de plântulas e sucesso no estabelecimento das plântulas); a determinação da estrutura etária das

populações (incluindo o uso de bandas dendrométricas e de técnicas de datação), com respectiva análise de estrutura genética através de marcadores moleculares; e a determinação das taxas médias anuais de crescimento das espécies; fenologia. Os dados do balanço fotossíntese/respiração permitirão determinar a produtividade líquida das espécies ao longo de toda suas etapas do desenvolvimento.

Os dados obtidos nestes estudos serão inseridos em uma matriz para, através de análise multivariada, obtermos grupos funcionais, i.e. grupos de espécies que apresentam comportamentos e estratégias semelhantes. A composição destes grupos poderia ser comparada ao longo do gradiente altitudinal e com grupos formados "a priori", por exemplo, com espécies pioneiras, secundárias e tardias. Os dados do balanço fotossíntese/respiração das espécies permitirão a determinação da produtividade líquida média dos grupos funcionais.

Simultaneamente, serão determinadas as entradas de N na floresta através da precipitação, da fixação de nitrogênio atmosférico e dos processos de mineralização e nitrificação. Associadas a dados de produção e decomposição de folheto, estas informações permitirão estimar a ciclagem interna de nitrogênio e as possíveis perdas através dos processos de denitrificação e carreamento pelos riachos.

Com a instalação de torres meteorológicas equipadas com instrumentos para o monitoramento automático do clima, dos componentes do ciclo hidrológico à superfície (precipitação, evapotranspiração e umidade do solo) e do ciclo de CO₂ (fluxo total de CO₂ e respiração do solo), será possível determinar a produtividade líquida da Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Permitirá também a análise da variabilidade interanual no ciclo de carbono e no ciclo hidrológico.

O funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, no que tange ao ciclo de vida das espécies arbóreas e ao ciclo biogeoquímico do nitrogênio e do carbono, é o resultado da integração dos dados obtidos ao nível de indivíduos, espécies, grupos funcionais e fitofisionomias. Os resultados obtidos permitirão uma comparação com a estrutura e o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Amazônica. Permitirão também que, em um cenário de mudanças climáticas, possamos não só compreender o papel da Mata Atlântica como fonte ou sumidouro de CO₂, mas também, com o auxílio de ferramentas de modelagem como o GARP (Genetic Algorithm for Ruleset Prediction), determinar as conseqüências do aquecimento global para conservação da biodiversidade deste "hot spot" e sua evolução. Uma outra abordagem de modelagem acoplada atmosfera-biosfera-hidrosfera (modelo RAMS-SiB2-Hydra) será utilizada para se investigar os impactos do desmatamento e do aquecimento global no ciclo hidrológico do domínio da Mata Atlântica.

SUMMARY

Ombrophylus Dense Forest floristic composition, structure and functioning at the Núcleos Picinguaba and Santa Virgínia of the Serra do Mar State Park (**FAPESP 03/12595-7**)

Coordinators: Dr. Carlos A. Joly – IB/UNICAMP & Dr. Luiz Antonio Martinelli – CENA/USP

Structure and floristic composition will be determined in the following Atlantic Forest types: Low Altitude Ombrophylus Dense Forest (5 to 50 m above sea level), Submontane Ombrophylus Dense Forest (50 to 500 m above sea level), and Montane Ombrophylus Dense Forest (500 to 1.200 m above sea level). All trees with a DBH equal to or greater than 4.8 cm that fall inside a 4 ha permanent plot divided into a grid of 10 x 10 meter parcels will be considered. In the case of botanical families with relevant ecological roles, such as the Leguminosae in the nitrogen cycle, or Bromeliaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Solanaceae, Moraceae and Piperaceae responsible for the maintenance of key populations of pollinators and dispersors, a comprehensive floristic survey will include herbaceous, lianas and epiphytes. Data analysis will be conducted using the FITOPAC computer program. Where appropriate, more detailed analyses will be conducted using multivariate methods such as Canonical Correlation, Correspondence Analysis, PCA and PCO.

The database on composition and structure of the forest will allow a choice of species for more detailed studies on reproduction biology; seed anatomy and reserves; germination; photosynthesis and water use efficiency; nitrogen assimilation, transport and metabolism; plant populations structure and dynamics; techniques; genetic structure of plant populations using molecular markers; determination of forest age by DBH classes and using ^{14}C ; determination of annual average growth rates of key species; and phenology.

Multivariate analyses will be used to check for functional groups, or groups of species that share a common behavior and ecology. The comparison of different groups along the altitudinal gradient will allow investigation of the effect of altitude in the functioning of these groups.

Simultaneously, the inputs of nitrogen through precipitation, biological fixation, and soil mineralization and nitrification will be determined, along with key parameters of N losses through denitrification and export by streams, allowing a preliminary nitrogen mass balance along the altitudinal gradient. Water and carbon balance of the forest will be estimated along with the seasonal variation of this balance through use of micrometeorological towers and Eddy-covariance technique. The photosynthesis/respiration balance of the ecosystem will be used to determine the role of the forest as a sink or source of carbon to the atmosphere.

Our final goal is to integrate the results of all activities listed above, scaling-up from individual trees, to families, to functional groups, and finally to phytophysiognomies, allowing us to investigate in detail the structure and the functioning of the forest.

The outcomes of this project will allow, for the first time, a full comparison between the Atlantic Forest and the Amazon Forest, and will enhance our capability in understanding how this biome will respond to future climatic changes.

Introdução

Considerada um “hot spot” (MYERS et al. 2000), a Floresta Ombrófila Densa Atlântica, segundo a classificação do IBGE, se estendia desde o Cabo de São Roque, no estado do Rio Grande do Norte, até o município de Osório, no Rio Grande do Sul. Levantamentos recentes (SOS MATA ATLÂNTICA 1993) mostram que restam apenas 7,6% da cobertura original da Mata Atlântica *sensu lato*, e que grande parte dos remanescentes contínuos estão no estado de São Paulo.

Usando o sistema fisionômico-ecológico de classificação da vegetação brasileira adotado pelo IBGE (VELOSO et al. 1991), a Floresta Ombrófila Densa, na área de domínio da Mata Atlântica, foi subdividida em quatro faciações ordenadas segundo a hierarquia topográfica, que refletem fisionomias e composições diferentes, de acordo com as variações das faixas altimétricas e latitudinais. Na latitude das áreas de estudo, que ficam na faixa entre 16 e 24 °S estabelecida pelo IBGE, teríamos 1) **Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas** - 5 a 50 m de altitude sobre solo de restinga; 2) **Floresta Ombrófila Densa Submontana** – no sopé da Serra do Mar, com cotas de altitude variando entre 50 e 500 m; 3) **Floresta Ombrófila Densa Montana** – recobrando a encosta da Serra do Mar propriamente dita, em altitudes que variam de 500 a 1.200 m; 4) **Floresta Ombrófila Densa Altimontana** – ocorrendo no topo da Serra do Mar, acima dos limites estabelecidos para a formação montana, onde a vegetação praticamente deixa de ser arbórea, pois predominam os campos de altitude. Essa divisão em faciações altitudinais não é somente importante em termos fisionômicos, mas também em termos de funcionamento. Florestas de altitude geralmente têm uma produtividade menor se comparadas a florestas de terras baixas, principalmente pela menor quantidade de luz que recebem por causa da maior cobertura de nuvens. Em decorrência, as quantidades de nitrogênio e fósforo também são geralmente menores em florestas de altitude, principalmente, devido à menor quantidade de serapilheira produzida (TANNER et al. 1998, SOLLINS 1998).

Originalmente, o estado de São Paulo apresentava cerca de 82% de sua área coberta por formações florestais (VICTOR 1977) que, genericamente, são enquadradas como Mata Atlântica “*sensu lato*” (JOLY et al. 1999). Dados recentes (KRONKA, et al. 2003) mostram que restam hoje apenas 12% desta cobertura florestal, e menos do que 5% são efetivamente de florestas nativas pouco antropizadas. Os fragmentos florestais remanescentes apresentam diversos tamanhos, formas, estádios de sucessão e situação de conservação. Cerca de metade dos remanescentes florestais de grande extensão estão protegidos na forma de Unidades de Conservação. Nos 500 anos de fragmentação e degradação das formações naturais, foram poupadas apenas as regiões serranas, principalmente a fachada da Serra do Mar, por serem impróprias para práticas agrícolas. Hoje, essas áreas de vegetação nativa estão inseridas em uma matriz extremamente alterada pela ação antrópica e pulverizada com pequenos remanescentes, geralmente muito degradados.

Nas últimas três décadas muita informação vem sendo acumulada sobre a composição florística e a estrutura do estrato arbóreo dos remanescentes florestais do estado de São Paulo, conforme mostra a recente revisão de OLIVEIRA FILHO & FONTES (2000). Estas informações, assim como dados sobre a riqueza de espécies, refletem não só fatores evolutivos e biogeográficos, como também o histórico de perturbação, natural ou antrópica, das respectivas áreas (GENTRY 1992, HUBBELL & FOSTER 1986). Por exemplo, a síntese dessas informações tem permitido a definição de unidades fitogeográficas com diferentes padrões de riqueza de espécies e apontam para uma diferenciação entre as florestas paulistas no sentido leste/oeste (SALIS et al. 1995, TORRES et al. 1997, SANTOS et al. 1998, TABARELLI & MANTOVANI 1999).

Entretanto, o conhecimento disponível sobre as formações florestais remanescentes do estado de São Paulo ainda não nos permite ultrapassar as suposições sobre os mecanismos reguladores da biodiversidade nesses fragmentos, nem entender como as alterações recentes interferiram nos processos de estruturação e funcionamento dessas florestas. O papel da biodiversidade no funcionamento de ecossistemas tem recebido um crescente

tratamento teórico (TILMAN 1988, GRIME 2001, CALLAWAY et al. 2002, NAEEM 2003), entretanto ainda não é clara a magnitude de importância da biodiversidade em relação às outras partes componentes do ecossistema, nem o quanto este grau de importância varia de um para outro ecossistema (TILMAN & LEHMAN 2001).

A descrição dos processos ocorrentes nesses remanescentes florestais precisa ainda ser incentivada, priorizando os esforços para o entendimento dos processos reguladores da dinâmica florestal e dos mecanismos promotores e mantenedores da diversidade. Este conhecimento é primordial para o estabelecimento de ações pertinentes de conservação, manejo e recuperação dessas formações e de indicadores de avaliação e monitoramento dessas áreas, (VELOSO & KLEIN 1968, RODRIGUES 1992; CASTELLANI & STUBBLEBINE 1993, GANDOLFI et al. 1995, SALIS et al. 1995, SANTOS et al. 1996, VIANA & TABANEZ 1996, METZGER et al. 1997, TABANEZ et al. 1997, TORRES et al. 1997, TABARELLI & MANTOVANI 1999, RODRIGUES & SHEPHERD 2000).

Devido à grande produtividade e à sua extensão, as florestas tropicais são naturalmente grandes reservatórios de carbono, com isto, estudos sobre a estrutura e o funcionamento desses biomas são particularmente relevantes ao ciclo global do carbono da atualidade. O pensamento científico, há cerca de uma década atrás, considerava que esses sistemas estivessem em clímax, ou seja, todo o carbono fotossintetizado seria retornado à atmosfera através dos processos de respiração. Esse conceito de clímax em florestas tropicais começou a ser desafiado com a publicação do trabalho de GRACE et al. (1995) que sugeria que a floresta Amazônica poderia estar acumulando cerca de 1 tonelada de carbono por hectare por ano e que seu crescimento estaria sendo estimulado pela crescente concentração de CO₂ na atmosfera. Um intenso debate se seguiu na literatura científica nos anos seguintes, mostrando que, dependendo da técnica de medida utilizada e da região, parcelas da floresta Amazônica poderiam ser tanto sumidouros como fontes de carbono para a atmosfera (SALESKA et al. 2003). Da mesma forma, esta variabilidade torna cruciais as avaliações da dinâmica do ciclo do carbono na floresta tropical

atlântica.

O controle hidrológico nos mecanismos de aporte e/ou evasão de carbono do meio aquático das florestas tropicais é um processo mais significativo do que antes suposto (RITCHEY et al. 2002). Os estudos mostram que a funcionalidade nas trocas de carbono e água das florestas tropicais responde com notável sensibilidade às oscilações climáticas (contrapondo o conceito de florestas 'sempre verde'), e que a variabilidade espacial é mais complexa do que se pensava (ROCHA et al. 2003, GOULDEN et al. 2004). Na mata atlântica já se detecta mudanças no regime de precipitação, decorrentes do desmatamento, ou seja, uma interação da biosfera com a atmosfera em escala local e regional (WEBB et al. 2004), o que potencialmente alteraria as forçantes funcionais das florestas.

No âmbito do Programa BIOTA/FAPESP, vários projetos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de compreendermos melhor a estrutura e o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Esses trabalhos, entretanto, têm se concentrado nos Parques da região do Vale do Ribeira (Parque Estadual Intervales, Parque Estadual Carlos Botelho, Parque Estadual da Ilha do Cardoso) ou em regiões próximas à Grande São Paulo (Reserva Estadual do Morro Grande). Inexistem trabalhos deste tipo na porção norte da Serra do Mar.

Dada a escassez de informações sobre a estrutura e o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica ao longo de um gradiente longitudinal, o principal objetivo deste projeto é investigar de forma multidisciplinar este ecossistema, localizado na região nordeste do estado de São Paulo, Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar, visando testar a hipótese de trabalho: *são as características intrínsecas das espécies que determinam a composição florística, a estrutura e o funcionamento das diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila Densa.*

4. SUMÁRIO EXECUTIVO

Trabalhando simultaneamente e de forma complementar em vários níveis organizacionais – da célula ao ecossistema, passando pelos tecidos,

indivíduos populações, grupos funcionais e comunidades - a abordagem utilizada pode ser estruturada em cinco fases que, dentro do possível, serão desenvolvidas concomitantemente:

4.1- Florística e fitossociologia

Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbóreo ao longo do gradiente altitudinal e fitofisionômico, visando responder especificamente às seguintes questões:

- 1) a composição florística e a estrutura do estrato arbóreo variam ao longo do gradiente altitudinal, confirmando no campo a subdivisão da Floresta Ombrófila Densa feita pelo IBGE com base em cotas altimétricas e os dados de LACERDA (2001)?
- 2) a Floresta Ombrófila Densa Atlântica da porção nordeste do estado de São Paulo é, significativamente, distinta daquela encontrada no Vale do Ribeira? Em caso positivo quais são os fatores bióticos e abióticos que levam a essa diferença?

Além dessas questões, o diagnóstico da comunidade quanto à composição e distribuição (horizontal e vertical) constitui a base para o estabelecimento das espécies, populações, grupos funcionais, etc, a serem estudadas com relação aos diferentes aspectos auto-ecológicos, populacionais e sinecológicos.

Dentro de cada fitofisionomia, o trecho a ser amostrado será definido com base na interpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas recentes (2000-2001) e mapas detalhados da vegetação dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar. Este estudo permitirá, ao final, gerar uma nova base cartográfica digital para estas Unidades de Conservação.

4.2- Estudos auto-ecológicos e populacionais

As informações florísticas já existentes (ASSIS 1999, LACERDA 2001) e os dados de composição e estrutura obtidos na **etapa 4.1** permitirão a escolha

de espécies para estudos de biologia da reprodução; ecofisiologia da germinação; ecofisiologia da fotossíntese e da eficiência do uso de água; ecofisiologia da assimilação, transporte e do metabolismo de nitrogênio; estratégia de recrutamento de indivíduos; estrutura das populações; determinação das taxas médias anuais de crescimento das espécies; produtividade líquida das espécies ao longo de todas as suas etapas do desenvolvimento; fenologia. O estudo desses parâmetros será feito visando responder especificamente às seguintes questões:

3) quais são as características intrínsecas das espécies que determinam seu sucesso reprodutivo; sua capacidade de germinação, recrutamento e crescimento; sua estrutura populacional; sua variabilidade genética; sua inserção em grupos funcionais; e sua participação nos ciclos de carbono e nitrogênio?

4) estas características se modificam ao longo da variação altitudinal, representada pelas diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila Densa?

4.3) Grupos funcionais

A noção que espécies tenham funções específicas dentro de ecossistemas tem levado pesquisadores a propor que a dinâmica de ecossistemas pode ser mais facilmente entendida através do agrupamento de espécies distintas em grupos ou tipos funcionais (SMITH et al., 1997, DÍAZ et al., 2003). Esta abordagem parece essencial para reduzir complexidade, que é um objetivo em geral não atingido por classificações fenéticas e filogenéticas somente. Assim, classificações funcionais de espécies para ecossistemas vêm sendo uma prática de amplo uso internacional, inclusive no Brasil (SCARANO et al., 1998, 2001; PILLAR, 1999; SCARANO 2002; AIDAR et al., 2003; PILLAR & SOSINSKI Jr., 2003), com objetivos científicos e conservacionistas. Entretanto, a tarefa de agrupar espécies em tipos funcionais se torna quanto mais complicada quanto maior a diversidade do ecossistema. No caso do Brasil, a riqueza de espécies vegetais é mais elevada em ambientes sob

estresse, o que implica em limitações à aplicação do conceito de tipos funcionais.

Neste projeto aplicaremos o conceito de grupos funcionais em três distintas fisionomias de um ecossistema de alta diversidade, a Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Existem dois grandes tipos de abordagem ao conceito de grupos funcionais: (1) a priori - baseada em função das espécies no ecossistema, que parte de hipóteses acerca destas funções (SHUGART 1984, 1997, SCARANO et al., 1998) e as testa em geral a partir de experimentos de remoção ou adição de espécies (DÍAZ et al., 2003); e (2) post-hoc - baseada em características de funcionamento biológico das espécies, ou seja, agrupamento de espécies a partir de características bionômicas para depois examinar se tais grupos, quanto a funcionamento, correspondem a grupos que exercem a mesma função no sistema (WESTOBY et al., 2002). Uma abordagem baseada na função da espécie no ecossistema demandaria um conhecimento prévio das funções vitais para o funcionamento de um dado ecossistema, o que com frequência é mais difícil para ecossistemas mais complexos. Assim, no presente projeto recorreremos à segunda abordagem, i.e. agrupamento a partir de características bionômicas, obtidas nas etapas **A** e **B**, para construir grupos funcionais para as três áreas de estudo.

Após a detecção destes grupos ([ver Métodos](#)) com base em funcionamento das espécies poderemos formular hipóteses testáveis acerca da função dos mesmos nos ecossistemas.

Especificamente serão respondidas as seguintes questões:

- 5) quais são os principais grupos funcionais na Floresta Ombrófila Densa, e como estes variam ao longo do gradiente altitudinal?
- 6) quanto maior a diversidade da área estudada, maior será o número de grupos detectados e maior será a riqueza de espécies por grupo?
- 7) espécies co-ocorrentes nas três áreas de estudo que possuam maior variação morfo-funcional ocuparão grupos distintos nas três distintas áreas?

4.4) Funcionamento do ecossistema

Atualmente, além de sua importância em função de índices extremamente elevados de riqueza de espécies e de endemismos, as florestas tropicais são reconhecidamente biomas importantes, pelo papel que exercem no ciclo do carbono, modulando as trocas entre a atmosfera e os sistemas terrestres, e no ciclo do nitrogênio, face ao aumento da deposição atmosférica deste nutriente.

Estudos recentes têm demonstrado que o envelhecimento, na escala geológica, de um ecossistema tropical leva a um aumento na abundância de N, gerando, conseqüentemente, maiores perdas de N do sistema através de vários mecanismos (CHADWICK et al. 1999, HEDIN et al. 2003). Dentre eles destacam-se: maiores taxas de nitrificação e mineralização, maiores perdas gasosas e maiores perdas através de formas dissolvidas de N.

A Floresta Ombrófila Densa Montana, que recobre a encosta da Serra do Mar, é considerada a formação florestal mais antiga do Brasil, remontando sua origem ao Cretáceo (RIZZINI 1997). A serra do Mar formou-se no Paleoceno inferior (ALMEIDA & CARNEIRO 1998), e nos últimos 60 milhões de anos manteve condições edáficas e de disponibilidade hídrica muito semelhantes às de hoje, pois a intemperização das rochas cristalinas é extremamente lenta e as chuvas orográficas mantiveram a alta umidade característica. Esta constância de condições, que a faz ser uma das poucas unanimidades em termos de refúgios pleistocênicos (BROWN 1987), contrasta com a adjacente Planície Costeira. Muito mais recente do ponto de vista geomorfológico, pois é predominantemente do quaternário, a Planície Costeira sofreu a influência das variações do nível do mar e das flutuações climáticas do Pleistoceno. Conseqüentemente, a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas é muito mais recente e, em grande parte, derivada da floresta de encosta adjacente (RIZZINI 1997).

O ciclo do nitrogênio está fortemente associado ao ciclo de carbono. A eficiência no uso de nitrogênio para a estruturação e funcionamento do aparato fotossintético é um dos fatores mais importantes para a variação interespecífica da capacidade de assimilação de CO₂ (BERENDSE & AERTS 1987,

TAKASHIMA et al. 2004). Por exemplo, as relações custo-benefício das interações entre o nitrogênio e o carbono disponível pode ser determinante nas características morfo-anatômicas das folhas e na duração da vida útil destas, interagindo com a disponibilidade e eficiência do uso da água (SANTIAGO et al. 2004). Por outro lado, o turnover do estoque de carbono na vegetação e no solo pode ser afetado pela teor de nitrogênio disponível (NEFF et al. 2002).

Para entender as formas de variabilidade da Floresta Ombrófila Densa de estocar ou perder carbono, é necessário entender as variações na estrutura e na dinâmica da floresta, especialmente das árvores; na forma, quantidade e taxa de decomposição da serapilheira; na matéria orgânica dos solos e suas inter-relações com os processos físicos e químicos, que determinam a sua dinâmica, sua biomassa e a sua relação com os teores de fósforo (P), nitrogênio (N) e a fertilidade.

De maneira geral, as florestas são tratadas como se todas se comportassem de forma similar e pouco se sabe sobre a variação da estrutura florestal e da dinâmica da matéria orgânica na Floresta Ombrófila Densa Atlântica. O estudo ao longo de um gradiente altitudinal funcional e fitofisionômico poderá evidenciar diferenças na quantidade de carbono alocado anualmente tanto na biomassa viva quanto na matéria orgânica do solo, reflexo das variações na estrutura da floresta, na biomassa arbórea, e na taxa de crescimento das árvores.

Com os dados de funcionamento desse ecossistema, será possível determinar o papel da Floresta Ombrófila Densa do Domínio Atlântico como fonte de emissão ou sumidouro de CO₂, bem como comparar estes dados com aqueles obtidos pelo Projeto LBA (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia) para a Floresta Ombrófila Densa da Bacia Amazônica.

Integrando os dados gerados nesta etapa com os obtidos **nas etapas 4.1, 4.2 e 4.3**, serão respondidas, especificamente, as seguintes questões:

8) Existem diferenças no ciclo de nitrogênio ao longo do gradiente altitudinal da Floresta Ombrófila Densa? Estas diferenças são decorrentes da idade das respectivas formações ou estão associadas a aspectos

geomorfológicos e climáticos?

9) A Floresta Ombrófila Densa Atlântica é um sumidouro ou emissor de CO₂, e como este padrão depende da variabilidade sazonal e interanual do clima ?

10) Comparativamente, o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica é, significativamente, diferente do da Floresta Ombrófila Densa Amazônica ?

4.5) Modelagem

O funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, no que tange ao ciclo de vida das espécies arbóreas e ao ciclo biogeoquímico do nitrogênio e do carbono, é o resultado da integração dos dados obtidos nos **itens 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4.**

O sucesso da integração das diversas escalas de trabalho e abordagens propostas no projeto permitirá também que, com o auxílio de ferramentas como o Genetic Algorithm for Ruleset Prediction/GARP (SIQUEIRA & PETERSON 2003) e o modelo RAMS-SiB2 (SELLERS et al. 1996, NEGRÓN-JUAREZ 2004), possamos modelar o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa em diversos cenários de aquecimento global.

Em relação aos objetivos do Programa BIOTA/FAPESP esta proposta está diretamente correlacionada com: a) estudar e conhecer a biodiversidade do estado de São Paulo; b) compreender os processos geradores, mantenedores e impactantes da biodiversidade.

5.JUSTIFICATIVA

A transecção Picinguaba – Santa Virgínia como modelo de estudo

Estamos cientes que será muito difícil, ao longo de apenas quatro anos, sabermos até que ponto é a complexidade biológica que determina o padrão de funcionamento da Mata Atlântica, ou são as peculiaridades do relevo, do solo e da ciclagem de água e de nutrientes que determinam a complexidade e

diversidade biológica.

Portanto, nossa hipótese – *“são as características intrínsecas das espécies que determinam a composição florística, a estrutura e o funcionamento das diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila”* norteará nossas pesquisas por um prazo muito maior do que a duração de um Projeto Temático. Em quatro anos, a presente proposta conduzirá, sem dúvida, a um avanço significativo na ecologia de florestas tropicais, pois pela primeira vez, equipes multidisciplinares trabalharão, concomitantemente, investigando aspectos relativos à biodiversidade e ao funcionamento de uma floresta tropical tão complexa como a Mata Atlântica. Mas, muito mais do que isso, este projeto estabelecerá as bases, teórico-conceituais e de infra-estrutura, para estudos de longa duração.

Sabemos que somente estudos concomitantes não são suficientes para um completo entendimento das interações entre a complexidade biológica e o funcionamento de ecossistemas. Mas são imprescindíveis, se quisermos avançar nesta direção. É a médio e longo prazo que a somatória de informações sobre as diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica da transecção Picinguaba – Santa Virgínia vai gerar um modelo de funcionamento da mais exuberante das florestas neotropicais.

Durante a execução deste Projeto Temático, a geração conjunta de dados, através de equipes multidisciplinares trabalhando em colaboração no campo será estimulada. Mas o salto qualitativo do avanço do conhecimento científico/acadêmico se dará através do estímulo à interpretação integrada dos resultados, com as mesmas equipes trabalhando em conjunto e usufruindo da infra-estrutura física e intelectual das instituições participantes. A médio e longo prazo, o objetivo é capacitar e formar pesquisadores diferenciados e habituados ao trabalho em que a cooperação é o paradigma maior.

Na tentativa de avançar na integração entre biodiversidade e funcionamento e fazer desse projeto realmente um estudo integrado e não uma chamada “colcha de retalhos”, em um primeiro momento daremos ênfase ao carbono e ao nitrogênio como elementos integradores.

Há mais de duas décadas, importantes interações entre os ciclos

biogeoquímicos do carbono e nitrogênio vêm sendo muito bem documentadas (BOLIN & COOK, 1983). Em termos do ciclo do carbono, o papel das florestas tropicais como fonte ou sumidouro de CO₂, tem sido amplamente debatido, principalmente em função dos dados contraditórios que o projeto LBA tem gerado (SALESKA et al. 2003). Já a entrada de nitrogênio nos sistemas terrestres é modulada principalmente por sua fixação. Nas florestas neotropicais uma parcela significativa dessa fixação de nitrogênio é feita pelas plantas da família Fabaceae. Conseqüentemente, desde a fase inicial do projeto, essa família será objeto de um estudo florístico mais detalhado, e os estudos auto-ecológicos também se concentrarão em espécies dessa família. Simultaneamente, no sentido de quantificar a importância das Fabaceae na estrutura do estrato arbóreo das três fitofisionomias, bem como determinar a diversidade da composição desse estrato, que determina a fisionomia, será feito o estudo florístico e fitossociológico (**item 4.1**) Este estudo, por sua vez, vai gerar dados para escolha de outras famílias/espécies importantes nas três fitofisionomias para estudos auto-ecológicos e populacionais.

A entrada de carbono ao longo do gradiente altitudinal será determinada por medições diretas de taxas de assimilação de CO₂, do estudo da estrutura espacial da população de espécies, do estudo dos grupos funcionais, do estudo da dinâmica do carbono na vegetação e no solo, incluindo a variabilidade isotópica do carbono e oxigênio do CO₂, e pela modelagem das interações biosfera-atmosfera.

Por sua vez, a entrada de nitrogênio ao longo do gradiente altitudinal será medida através das entradas atmosféricas, deposição seca e úmida, bem como através da contribuição dos processos de fixação biológica. Neste sentido, a contribuição de líquens pode ser relevante, o que justifica sua inclusão no escopo do projeto, ainda que de forma preliminar e exploratória. Para a determinação da contribuição das Fabaceae ao longo do gradiente altitudinal, os resultados dos **itens 4.1 e 4.2** serão de fundamental importância, porque mostrarão a variação na composição de espécies, na importância relativa de cada espécie, nos parâmetros auto-ecológicos e populacionais.

Simultaneamente, por sua relevância na dinâmica da floresta, famílias

importantes para a manutenção de populações de polinizadores e dispersores e aquelas que sabidamente contribuem de forma significativa para a diversidade florística de cada área ao longo do gradiente altitudinal também serão estudadas. Este conjunto de informações, junto com os dados relativos à participação das espécies nos ciclos de carbono e nitrogênio, serão utilizados para análise dos grupos funcionais, do **item 4.3** Este enfoque de grupos funcionais tem o objetivo de reduzir a complexidade das interações entre a diversidade florística e o funcionamento do ecossistema.

Finalmente, a interpretação conjunta das informações geradas nos itens anteriores permitirá o uso de ferramentas de modelagem tanto no nível biótico quanto no nível das interações biosfera-atmosfera.

Portanto, foi a visão integrada da Floresta Ombrófila Densa que norteou a concepção desta proposta, procurando-se nas duas principais instituições envolvidas – Depto. Botânica/UNICAMP e CENA/USP – pesquisadores que, dentro de suas respectivas especialidades, pudessem contribuir com dados e ferramentas necessárias para entendermos a dinâmica desse ecossistema. A complexidade da abordagem evidenciou também que era de vital importância ampliar e reforçar a equipe, convidando especialistas de outras instituições, que viessem pesquisar áreas complementares e imprescindíveis para, de fato, compreendermos o funcionamento da Floresta Ombrófila Densa Atlântica.

Modelos de estudo em ecologia terrestre são geralmente ecossistemas, nos quais algumas variáveis ou propriedades são naturalmente constantes, facilitando o entendimento de mecanismos reguladores desses ecossistemas. Em ecologia florestal, um dos mais antigos “modelos” é a floresta de Hubbard Brooks (VITOUSEK & REINERS 1975), que foi inicialmente escolhida como um modelo devido à impermeabilidade de seu substrato rochoso, propriedade essa que facilita significativamente as estimativas de balanços de nutrientes. Com o passar do tempo, Hubbard Brooks também se tornou um modelo pela quantidade de informações disponíveis sobre esse local, facilitando e diminuindo os custos para a proposição de novos estudos. Uma outra vantagem “natural” de Hubbard Brooks é o baixo número de espécies de árvores, se comparado, por exemplo, a uma floresta tropical. Essa propriedade

das florestas tropicais sempre dificultou muito o estabelecimento de “modelos funcionais”.

No Brasil os exemplos se restringem à região Amazônica, com os trabalhos desenvolvidos pelo INPA na Reserva Ducke (http://www.inpa.gov.br/reservas/arquivos/trabalhos_ducke.pdf) e, mais recentemente, pelo projeto “The Large Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia” (http://biocycle.atmos.colostate.edu/html/amazon_lba.html), desenvolvido por um grande conjunto de instituições brasileiras e do exterior.

Embora, indiscutivelmente, a Amazonia desempenhe um papel fundamental no equilíbrio da estrutura climática do planeta como um todo, particularmente na ciclagem da água, é imprescindível ampliarmos o escopo das pesquisas, desenvolvendo estudos em outros ecossistemas tropicais.

Neste sentido, quer seja por sua extraordinária complexidade biológica, quer seja pelo fato de restarem apenas cerca de 7% de sua cobertura original, a Mata Atlântica oferece uma possibilidade ímpar para darmos um salto qualitativo no conhecimento do funcionamento das florestas tropicais.

A porção de Mata Atlântica situada ao longo da costa e das escarpas da Serra no litoral norte do estado de São Paulo ocupa uma posição privilegiada para estudos desse tipo. Primeiro, porque em uma distância relativamente curta e logisticamente viável há uma variação abrupta de altitude, o que determina diferenças climáticas importantes, como por exemplo, um decréscimo na temperatura do ar, aumento na nebulosidade em maiores altitudes e, conseqüentemente, diferenças na radiação solar incidente. Essas mudanças têm efeitos importantes na distribuição das espécies e em sua produtividade (TANNER et al. 1998). Geralmente, temperaturas mais baixas e menor radiação interferem negativamente no processo fotossintético. Conseqüentemente, de uma maneira geral, florestas de altitude apresentam uma produtividade menor que florestas situadas em altitudes mais baixas.

As idades geológicas também são distintas: enquanto nas altitudes mais elevadas predominam granitos originados no Pré-Cambriano, nas terras baixas predomina um material geologicamente muito mais recente. Ainda, nas altitudes mais baixas, a proximidade do mar e suas oscilações, tanto a curto

quanto a longo prazo, impuseram um dinamismo muito mais elevado nessas terras baixas. Portanto, de uma maneira geral, podemos considerar que as faciações mais elevadas da Floresta Ombrófila Densa são mais antigas e estáveis do que aquelas encontradas na Planície Costeira e no sopé da serra.

O fator “idade” geológica tem se mostrado decisivo nos processos que levam à limitação de nutrientes em florestas tropicais. Com base em estudos realizados no Havaí (VITOUSEK et al. 1997) propôs que em sistemas “jovens” a principal limitação é por nitrogênio, uma vez que este elemento, geralmente, não é fornecido pelo intemperismo das rochas. Conforme o sistema evolui e a rocha fica mais distante das camadas superficiais do solo, também a reserva de fósforo vai se exaurindo. Simultaneamente aumenta o número de leguminosas fixadoras de nitrogênio, e os sistemas, ao “envelhecerem”, tornam-se gradativamente limitados por fósforo e não mais por nitrogênio.

Obviamente, essas são linhas gerais sobre funcionamento de florestas tropicais. No caso da Floresta Ombrófila Densa a alta diversidade de espécies vegetais, e as características intrínsecas de cada uma delas, adiciona um outro patamar de complexidade ao estudo e compreensão de seu funcionamento. O sistema de VITOUSEK et al. (1997) no Havaí era dominado por uma única espécie e as referências a interação entre a diversidade de espécies e o funcionamento dos ecossistemas estão limitadas à região temperada (LOREAU et al. 2001).

6.MATERIAL E MÉTODOS

6.1 – DESCRIÇÃO DAS ÁREAS

Com quase 315 mil ha, numa extensão que vai desde a divisa de São Paulo com o Rio de Janeiro até Itariri, no sul do estado, o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), criado em 1977 através do Decreto Estadual n.º 10.251, de 30 de agosto de 1977 (posteriormente alterado pelo Decreto Estadual n.º 13.313 de 06 de março de 1979), representa a maior porção contínua preservada de Mata Atlântica do Brasil. No seu limite norte, o PESH apresenta uma pequena sobreposição com o Parque Nacional da Serra da Bocaina.

Devido às suas dimensões, o PESH é administrado por Núcleos, que são bases instaladas em áreas de domínio do estado. No presente trabalho as

áreas de estudo ficarão limitadas aos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar (Figura 1).

6.1.1 – Núcleo Santa Virgínia (23° 17' a 23° 24' S e 45° 03' a 45° 11' W)

Situado nos municípios de São Luís do Paraitinga (70%), Cunha (20%) e Ubatuba (10%), os cerca de 5.000 ha do Núcleo Santa Virgínia são recobertos, predominantemente, pela **Floresta Ombrófila Densa Montana** (VELOSO et al. 1991), pois o Núcleo situa-se a uma altitude que varia de 850 a 1.100 m. Nesta região de escarpas e reversos da Serra do Mar, no Planalto de Paraitinga-Paraibuna, o relevo apresenta fortes declividades (24° a 37°). O clima regional é tropical temperado, sem estação seca (SETZER 1966), com uma precipitação média anual superior a 2.000 mm. Mesmo nos meses mais secos, junho a agosto, a precipitação média mensal nunca é inferior a 60 mm.

6.1.2 Núcleo Picinguaba (23° 31' a 23° 34' S e 45° 02' a 45° 05' W)

Situado no município de Ubatuba, os cerca de 47.500 ha do Núcleo Picinguaba é a única porção do Parque Estadual da Serra do Mar que atinge a orla marinha (SMA 1996). Conseqüentemente, o Núcleo apresenta um mosaico vegetacional que inclui Formações Pioneiras com Influência Marinha (Dunas); Formações Pioneiras com Influência Fluvial (Caxetal); Formações Pioneiras com Influência Flúvio-Marinha (Mangue), **Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas** (Mata de Restinga), **Floresta Ombrófila Densa Submontana** e **Floresta Ombrófila Densa Montana** (ASSIS 1999).



Figura 1 – Localização dos Núcleos Pinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar.

O relevo da região é dominado pela Planície Costeira, passa pelos morros isolados e serras alongadas da Morraria Costeira, atingindo no seu limite interior as escarpas, festonadas ou com espigões digitados, da Serrania Costeira (PONÇANO et al. 1981). As altitudes no Núcleo Pinguaba variam do nível do mar a 1.340 metros. O clima regional é tropical úmido, sem estação seca (SETZER 1966), com uma precipitação média anual superior a 2.200 mm. Mesmo nos meses mais secos, junho a agosto, a precipitação média mensal nunca é inferior a 80 mm.

6.2 - Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto Aliadas a Sistemas de Informação Geográfica no Mapeamento e Implantação de Parcelas nas Diferentes Fitofisionomias Vegetacionais dos Núcleos de Pinguaba e Santa Virgínia

A tecnologia do sensoriamento remoto, que tem disponibilizado avançados

produto-sensores, juntamente com procedimentos de tratamento de dados, aliados a sistema de informações geográficas, permitem, com acuidade e precisão, a fotointerpretação dos remanescentes das fitofisionomias vegetacionais, bem como sua quantificação e distribuição espacial.

Para a elaboração do mapa digital da vegetação dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia, do Parque Estadual da Serra do Mar, os procedimentos metodológicos serão os seguintes: a) Análise de ortofotos digitais, elaboradas a partir dos produtos obtidos de vôo efetuado em 2001, na escala 1:30.000, para efeito da fotointerpretação, mapeamento e quantificação das tipologias de cobertura; b) Estruturação de base cartográfica geo-referenciada a partir das folhas IGC-1:10.000, com inclusão, além da vegetação, dos seguintes dados básicos: localização e perímetros dos núcleos, drenagem, infra-estrutura viária e curva de nível; c) a partir de curvas de nível digitalizadas serão elaborados modelos digitais de terreno para os Núcleos, objetos do Projeto. Nestas condições, as diferentes fitofisionomias fotointerpretadas serão representadas num modelo digital de elevação com medidas de gradientes longitudinais regulares e controlados espacialmente.

Estas ferramentas serão utilizadas para a escolha do local para alocação das parcelas de estudo nas três fitofisionomias. Como produto final desta etapa será elaborada base georreferenciada e correspondente modelo digital na escala 1:3.000, contendo a vegetação fotointerpretada em diferentes gradientes altimétricos e também os outros levantamentos básicos já relacionados (rede hidrográfica, topografia, trilhas de acesso e pontos de referência).

Dentro de cada fitofisionomia, o trecho a ser amostrado será definido segundo alguns critérios de seleção: o estado de conservação, a disponibilidade de expansão futura da área amostral, as condições de acesso e os parâmetros exigidos para a instalação de torres para medição dos fluxos de CO₂.

No que se refere à conservação, serão priorizados trechos centrais (*core*) das fitofisionomias, evitando-se áreas próximas à borda ou em limites de estradas, bem como outras possíveis áreas de influência indesejáveis, como

descargas de águas superficiais, áreas de cultivo, etc.

6.2.1 – Alocação das parcelas e mapeamento dos indivíduos arbóreos

No trecho amostral selecionado em cada fitofisionomia será alocada uma parcela de 200 x 200 m, totalizando 4 ha, subdividida em 400 sub-parcelas contíguas de 10 x 10 (100 m²). Essa alocação da parcela maior e das sub-parcelas em cada área será feita por equipe especializada de topografia, usando teodolito de alta precisão. Tanto a parcela como as sub-parcelas serão delimitadas com estacas permanentes. Essas estacas serão construídas usando tubos de PVC de 1,5 m de altura (3/4" de diâmetro) preenchidos com cimento e com uma barra de ferro de 1/2" com a extremidade superior pintada de vermelho. A parcela e as sub-parcelas serão georreferenciadas por uma equipe de topografia, de modo a possibilitar estudos de longo prazo e monitoramento contínuo nessas áreas.

Esta mesma equipe topográfica será também responsável pela marcação, numeração e mapeamento de todos os indivíduos arbóreos com DAP (diâmetro à altura do peito) igual ou superior a 4,8 cm (PAP - perímetro à altura do peito \geq 15,0 cm). Para os indivíduos perfilhados serão incluídos aqueles que apresentarem pelo menos um dos perfilhos dentro do critério de inclusão. Todos os procedimentos de implantação das parcelas e da marcação e mapeamento dos indivíduos seguirão os protocolos propostos pelo RAINFOR (Rede Amazônica de Inventários Florestais; ver <http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/raifor/>) para estabelecimento e monitoramento de parcelas permanentes em florestas tropicais.

O tamanho das parcelas e o DAP mínimo de inclusão foram definidos para possibilitar a comparação com os dados provenientes da maioria dos trabalhos realizados nas florestas do estado de São Paulo, em especial o projeto **Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do estado de São Paulo: 40ha de parcelas permanentes** que vem sendo desenvolvido no âmbito do Programa BIOTA/FAPESP.

6.3 – Caracterização topográfica, edáfica e climatológica das parcelas

Conforme a divisão geomorfológica do estado de São Paulo proposta e adotada no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (PONÇANO et al. 1981), a região em estudo proposta localiza-se na Província Costeira, que se subdivide em três zonas geomorfológicas: Serrania Costeira, Morraria Costeira e Baixadas Litorâneas. A área engloba ainda uma pequena porção do Planalto Atlântico que corresponde ao Planalto do Paraitinga.

Na Serrania Costeira, conhecida como Serra do Mar, são reconhecidos dois sistemas de relevo: Escarpas Festonadas e Escarpas com Espigões Digitados. As Escarpas Festonadas referem-se ao setor da Serra do Mar em contato com a borda do planalto. As Escarpas com Espigões Digitados ocorrem apenas onde aflora o Granito de Parati, circundado por rochas migmatíticas e granulíticas (IGC 1990, IPT 1981). A Morraria Costeira corresponde ao setor rebaixado das escarpas, que, à medida que se aproximam da planície costeira, passam a apresentar formas de serras alongadas e morros arrasados, que se estendem desde a média encosta até a orla, muitas vezes formando costões rochosos junto ao mar. Ocorrem, também em forma de morros isolados que se destacam na planície costeira.

Na Baixada Litorânea encontram-se dois sistemas de relevo: as Planícies Costeiras e Terraços Marinhos. O Planalto de Paraitinga é formada pelos sistemas de relevo de Morros Paralelos e Morrotes Baixos.

Os Morros Paralelos apresentam formas de topo arredondados com vertentes de perfis convexos e retilíneos. A rede de drenagem é de alta densidade e os vales são em "V" abertos. Os Morrotes Baixos têm topos arredondados e vertentes de perfis convexos a retilíneos. A drenagem é de alta densidade e os vales são abertos com planícies fluviais. Neste tipo de relevo, a atuação do intemperismo químico propicia a formação de solos mais espessos que, sobre os morrotes, podem atingir mais de dois metros de espessura. Porém, os processos erosivos devido ao escoamento superficial são mais intensos, especialmente, em solos arenosos e micáceos provenientes da alteração de rochas granitóides e migmatitos.

As escarpas festonadas ocorrem ao longo da linha de borda do planalto,

sustentado por rochas migmatíticas bandadas e granitóides. São cortadas por falhamentos importantes de direções NE. O fraturamento NW destas rochas condiciona a ação remontante das cabeceiras de drenagens. Constituem a escarpa de borda do planalto, formando anfiteatros separados por espigões alongados com topos agudos e vertentes retilíneas. Nas porções altas de cabeceiras, onde são comuns os paredões rochosos, os perfis são retilíneos e a declividade, muito elevada com trechos praticamente verticais. Nos patamares mais baixos predominam os perfis convexos e declividades altas. Quanto aos processos morfogenéticos, devido às altas declividades de vertentes, predominam os processos de movimentos de massa que incluem os escorregamentos, rastejos e quedas de blocos. Os vales fechados e o alto gradiente dos cursos d'água provocam o solapamento de margens.

As escarpas com espigões digitados encontram-se associados aos granitos da serra do Parati. A partir da escarpa principal desenvolvem-se espigões lineares subparalelos com escalonamentos marcantes de topos subarredondados. Na região de Picinguaba, as drenagens maiores também se instalaram nessas zonas. As estruturas que condicionaram os rios e as vertentes estão, principalmente, sobre o granito Parati e nos granulitos próximo ao litoral.

Os perfis de vertentes são predominantemente convexos e retilíneos, com terminações côncavas nos sopés das vertentes. Os depósitos de materiais inconsolidados mais expressivos são as rampas de colúvios que ocorrem nas porções altas dos vales e cabeceiras. Cones de dejeção estão presentes nos vales principais, e depósitos alveolares de meia encosta são restritos a bifurcações da drenagem. Predominam processos de movimentos de massa como escorregamentos de solo e rocha e quedas de blocos de paredes rochosas. A drenagem bastante retilínea alcança grande energia, solapando as margens.

As serras alongadas e morros isolados constituem-se por um conjunto de espigões, que se separam das altas escarpas em patamares mais rebaixados, avançando em direção ao mar, terminando em costões rochosos e em morros e formas menores mais dissecadas. São sustentados pelas rochas

granulíticas e, subordinadamente por rochas migmatíticas. Estas serras e morros encontram-se, total ou parcialmente, envoltos pela planície costeira.

As pequenas bacias de drenagens encontram-se bastante dissecadas pelo avanço remontante dos cursos menores que se alargam e acumulam depósitos de encostas.

Devido às características de declividades mais amenas e a sua distribuição acompanhando a orla marítima, este compartimento apresenta uma ocupação urbana crescente, que acelera os processos erosivos através dos desmatamentos. Observam-se também, com frequência, os escorregamentos induzidos pela ocupação.

As planícies costeiras são constituídas por depósitos dendríticos de diversas naturezas com uma evolução complexa e peculiar devido à interação de processos e ambientes de deposição distintos. Em geral, os depósitos marinhos ocupam as partes mais amplas das baixadas, sendo em partes retrabalhados por ação fluvial; a montante desenvolvem-se os terraços fluviais e depósitos aluviais de planícies de inundação.

O principal agente morfodinâmico neste compartimento é a ação fluvial, que constitui depósitos aluviais ou retrabalha os de outra natureza. Atualmente, a ação marinha restringe-se quase apenas às praias. Processos de movimentos de massa, como rastejo e escorregamentos, podem estar presentes nos depósitos de rampas coluviais e de cones de dejeção, principalmente se forem alteradas as suas condições naturais. E nos setores rebaixados das planícies flúvio-marinhas, são comuns as inundações. Os terrenos desta unidade são as que apresentam maior ocupação antrópica, onde estão instalados os núcleos e as vias de acesso.

Para a caracterização topográfica das parcelas experimentais, alocadas nas 3 áreas com diferentes fitofisionomias de floresta: Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas - Mata de Restinga, Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa Montana, e sob diferentes condições geomorfológicas como descrito anteriormente, será realizado em cada área delimitada de 200 x 200m, um levantamento planialtimétrico em escala de 1:1000, locando os vértices de cada sub-parcela de 10 x 10m.

As informações serão levantadas com uso de estação total, com precisão angular nominal de 10mm e linear nominal de 1mm, com respectivos acessórios como: prismas, trenas e bastões telescópicos. As informações serão armazenadas em arquivos textos e os cálculos topográficos serão realizados usando programas computacionais específicos. As plantas baixas serão editadas em Autocad.

Na caracterização edáfica das parcelas, a cartografia de solos será realizada através do mapeamento dos solos da parcela. No mapa de solos, as classes ou unidades de mapeamento serão definidas por características morfo genéticas seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA 1999) As unidades taxonômicas serão relacionadas a sistemas internacionais (FAO 1988). Perfis modais descreverão as unidades taxonômicas e, para cada uma, serão apresentados valores médios de atributos químicos, especialmente relacionados a composição de carbono, nitrogênio e granulométricos.

O método de amostragem será o da grade regular com malha variável, dependendo da variabilidade espacial de cada área, com até 5 profundidades de amostragem por ponto da malha. Tal metodologia é empregada em levantamentos detalhados de solos (EMBRAPA 1989) com base na variabilidade espacial dos atributos do solo mais relevantes para o estudo das relações solo-vegetação.

Alguns atributos hidrológicos, como altura do lençol freático, disponibilidade de água no solo e de medidas quantitativas de outros atributos físicos do solo como estrutura e porosidade, serão levantados.

A disponibilidade de dados climáticos em diferentes escalas é fundamental para se discutir a origem e a manutenção de diferentes ecossistemas florestais, para compreender aspectos de sua dinâmica (JUVIK et al. 1993, CHEN et al. 1999). Visando dispor de dados climáticos que permitam correlações com os dados vegetacionais, propõe-se instalar uma estação meteorológica que fornecerá continuamente dados básicos como temperatura, pressão, umidade relativa do ar e do solo, precipitação vertical e horizontal, velocidade e direção do vento, radiação global, radiação

fotossinteticamente ativa e outros, na área correspondente a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas - Mata de Restinga, próxima a sede do Parque de Picinguaba. Estes registros serão coletados continuamente em cada área de estudo por um “data logger”, que ficará ligado à estação meteorológica 24 horas por dia.

Os dados estarão disponíveis em diferentes escalas temporais (diária, mensal, anual) e serão comparados com aqueles de estações meteorológicas de municípios do entorno, coletados em séries históricas.

Na área de Floresta Ombrófila Densa Montana, será instalada uma torre de fluxo de gases de CO₂, onde os componentes de uma estação meteorológica já estão presentes.

6.4 – Levantamento de dados bióticos nas parcelas

6.4.1 – Estudos florísticos e fitossociológicos

6.4.1.1 – Análise Florística

Em uma primeira fase, o levantamento florístico de cada fitofisionomia compreenderá a coleta de material botânico de todos os indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito) igual ou superior a 4,8 cm (PAP - perímetro à altura do peito \geq 15 cm) contidos nas parcelas de 1 hectare da área total demarcada (4 ha).

O material botânico coletado será depositado em pelo menos um herbário das instituições participantes (UNICAMP, IAC e UNESP-Rio Claro). A coleta e o processamento do material botânico para incorporação no acervo seguirá os padrões usuais neste tipo de trabalho, conforme descrito por FIDALGO & BONONI (1984). Para cada material coletado em estado fértil (com flores e/ou frutos) serão amostrados pelo menos cinco ramos e aqueles em estado vegetativo apenas dois ramos. Até o final do projeto, todas as espécies amostradas em cada área deverão ter sido coletadas em estado reprodutivo. As duplicatas serão encaminhadas para especialistas nas famílias botânicas ou permutadas com outros herbários.

As identificações serão feitas com o auxílio da literatura pertinente e de consultas aos especialistas, além de comparações com as coleções dos Herbários UEC, IAC e HRCB, nos quais os materiais serão depositados. As

espécies serão distribuídas por famílias reconhecidas pelo sistema de classificação de Angiosperm Phylogeny Group (APG 1998).

6.4.1. 2 - Análise fisionômica

Para cada fitofisionomia será constituído um diagrama de perfil e de cobertura da vegetação florestal. Para tanto, serão delimitados de forma aleatória dentro da parcela maior de 200 x 200 m três trechos de floresta de 60 x 10 m para o diagrama de perfil e três trechos de floresta de 20 x 30 m para o diagrama de cobertura, sendo as áreas parcialmente coincidentes. Em cada trecho serão incluídos todos os indivíduos cujo PAP (perímetro à altura do peito) for \geq a 15 cm. Será considerado apenas o indivíduo cujo tronco estiver dentro da área estudada. Os espécimes que estiverem nos limites da área serão incluídos quando a metade ou mais da base do tronco se encontrar dentro da área estudada. De cada indivíduo serão anotadas as medidas de PAP, altura total, altura do fuste, altura do limite inferior da copa, diâmetro da copa e do fuste. Nas espécies cujos caules se ramificarem, o diâmetro de cada caule com PAP \geq que 15cm será registrado. Será utilizado o cálculo da diferença entre a altura total e a do fuste para a avaliação da altura da copa, sendo aí incluídas as primeiras ramificações que, a rigor, não fariam parte da copa (PEIXOTO et al. 1995) e comparado esses valor com a diferença da altura total e a altura do limite inferior da copa.

6.4.1.3 - Análise fitossociológica

Todos os indivíduos arbóreos, inclusive palmeiras e fetos arborescentes, com DAP (diâmetro à altura do peito) \geq 4,8 cm serão amostrados e numerados. O local da medida do perímetro será marcado com spray colorido, visando facilitar a instalação das fitas dendrométricas, posteriormente. Cada indivíduo será marcado com placas de alumínio previamente numeradas, sendo anotados os seguintes dados: parcela de ocorrência; perímetro na altura do peito; altura. O perímetro será medido utilizando uma fita métrica graduada e o ponto de medição de todos os indivíduos amostrados será identificado de forma permanente. A altura dos indivíduos será estimada tomando-se como

referência uma régua com tamanho conhecido.

Para cada fitofisionomia estudada serão calculados os parâmetros fitossociológicos detalhadamente descritos em MARTINS (1991), como densidade, freqüência e dominância relativas, e o valor de importância (VI) para cada espécie (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG 1974). Serão calculados também o índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou (J') (BROWER & ZAR 1984). Os cálculos serão realizados com o auxílio dos programas FITOPAC (SHEPHERD 1994).

Para verificar diferenças na densidade das espécies entre blocos amostrais será utilizada a técnica de análise de correspondência retificada (DCA), a qual é baseada na análise indireta de gradientes (HILL & GAUCH 1980). Para isto, serão geradas matrizes de abundância de espécies, expressa pelo número de indivíduos de cada táxon por parcela, sendo eliminadas aquelas com poucos indivíduos (menos de 10 indivíduos). Para analisar as similaridades florística e estrutural entre blocos amostrais, serão empregados os índices de similaridade de Jaccard (qualitativo) e de Morisita (quantitativo), respectivamente (KREBS 1999).

Para testar as correlações entre os fatores ambientais e distribuição das espécies, será realizada uma ordenação de parcelas, espécies e variáveis ambientais pelo método de análise de correspondência canônica (TER BRAAK 1988).

Estes dados sobre a composição e a estrutura do componente arbóreo de cada fitofisionomia estudada permitirão a comparação destes parâmetros ao longo do gradiente altitudinal da Floresta Ombrófila Densa, respondendo a **pergunta (1)** *a composição florística e a estrutura do estrato arbóreo variam ao longo do gradiente altitudinal, confirmando no campo a sub-divisão da Floresta Ombrófila Densa feita pelo IBGE com base em cotas altimétricas e os dados de LACERDA (2001)?*

Este conjunto de dados permitirá também uma comparação com os resultados obtidos em outras áreas de Floresta Ombrófila Densa, particularmente aquelas estudadas pelo Projeto Temático **Diversidade, dinâmica e conservação em florestas do Estado de São Paulo: 40ha de**

parcelas permanentes, respondendo, portanto a **pergunta (2)** a *Floresta Ombrófila Densa Atlântica da porção nordeste do estado de São Paulo* é, *significativamente, distinta daquela encontrada no Vale do Ribeira? Em caso positivo quais são os fatores bióticos e abióticos que levam a essa diferença?*

6.4.1.4 – Florística de grupos botânicos específicos

6.4.1.4.1 – A Micota Liquenizada da Família Parmeliaceae (Lecanorales, Ascomycetes)

Os organismos epífitos são componentes essenciais da elevada diversidade nas florestas tropicais. Representam abrigo, alimentação e/ou local de reprodução para muitas espécies animais, exercendo efeitos na dinâmica da comunidade (BENZING 1990).

Os líquens são geralmente epífitas, e como tal, normalmente assimilam nutrientes da atmosfera, da chuva (neblina) e da matéria orgânica da copa, e têm sido utilizados no mundo inteiro como agentes de monitoramento de poluição atmosférica (NASH & GRIES 1991). Níveis relativamente baixos de enxofre, nitrogênio e compostos com flúor afetam negativamente muitas espécies, alterando a composição da comunidade, taxas de crescimento, reprodução, fisiologia, etc.

Líquens constituem uma importante biomassa ativa fotossintetizante em ecossistemas florestais (LOWMAN & WITTMAN 1996) e, assim como as Fabaceae, os líquens são considerados organismos-chave na fixação de nitrogênio e na ciclagem de nutrientes, estando em quantidade suficiente para desempenharem importante papel neste sentido em florestas tropicais (FORMAN 1975, KNOPS et al. 1996, LOWMAN & WITTMAN 1996).

No entanto, informações sobre a composição, estrutura de comunidades epifíticas em geral e a influência de variáveis ambientais sobre a diversidade e abundância ainda estão em sua fase inicial de desenvolvimento (HOFSTEDE et al. 2001). Para o Brasil, apenas MARCELLI (1987, 1992, 1995) aborda estes aspectos em líquens.

A micota liquenizada da Floresta Ombrófila Densa é pouco conhecida. A literatura liquenológica específica existente foca a região litorânea sul do

estado de São Paulo (MARCELLI 1987, 1990, 1991, 1992, 1993, 1995, BENATTI 2004), sendo a micota liquenizada do litoral norte do estado desconhecida.

Segundo MARCELLI (1998a), apenas cerca de 80 espécies de fungos liquenizados são citados para a Floresta Ombrófila Densa do estado de São Paulo, o que corresponde a 1/3 das espécies esperadas para esta formação. De uma maneira geral, a família Parmeliaceae Zenker (1827) domina a paisagem liquênica nas formações vegetais brasileiras, com cerca de 20 gêneros, entre eles *Canoparmelia*, *Hypotrachyna*, *Parmelinopsis*, *Parmotrema*, *Punctelia*, *Rimelia*, *Rimeliella* e *Xanthoparmelia* (MARCELLI 2003).

A floresta alta impede a entrada de luz suficiente para permitir o crescimento de líquens e, em geral, os troncos das árvores são destituídos destes. No entanto, onde a intensidade luminosa é maior, existe uma grande diversidade de *Parmotrema*, *Rimelia*, *Hypotrachyna*, *Punctelia* e *Parmelinopsis*, além de Collemataceae, Pyxinaceae, Lobariaceae e Thelotremataceae. Áreas mais secas ostentam uma micota liquenizada similar à dos cerrados, com *Parmotrema*, *Rimelia* e *Canoparmelia* ocorrendo. Locais de florestas mais úmidas possuem uma micota similar a florestas nebulares, onde a cobertura liquênica em galhos e troncos pode ser total. Dentro desta floresta, *Hypotrachyna* e *Punctelia* excedem *Parmotrema* em diversidade e abundância (MARCELLI 1998b).

Considerando o fato dos líquens serem potencialmente importantes para o ciclo de nitrogênio, e a inexistência de informações sobre a micota liquenizada da Floresta Ombrófila Densa da região nordeste do estado de São Paulo, é objetivo deste projeto fazer um levantamento das espécies de fungos liquenizados, especialmente os pertencentes à família Parmeliaceae, nas três fitofisionomias que serão estudadas. Estas informações, ainda que de caráter exploratório, permitirão estabelecer as bases para estudos referentes a efetiva contribuição destes organismos para a ciclagem de nutrientes nas diversas fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa.

Neste levantamento as coletas da micota liquenizada serão realizadas em deslocamentos assistemáticos nos diversos ambientes das diferentes

fitofisionomias presentes nas áreas de estudo. Os métodos de coleta e preparação utilizados serão os mesmos citados em ELIASARO (1992, 2001), FLEIG (1997), FIDALGO & BONONI (1989), HALE (1983, 1987) e RIBEIRO (1998).

Para a identificação das espécies de fungos liquenizados, serão realizados estudos morfológicos e anatômicos de estruturas vegetativas e reprodutoras importantes na taxonomia da família Parmeliaceae, com o uso de estereomicroscópio e microscópio ótico. A principal bibliografia taxonômica utilizada na identificação inclui BRODO et al. (2001), ELIASARO (1992), FLEIG (1997), GALLOWAY (1985), MALCOLM & GALLOWAY (1997), HALE (1975–76a, 1987), MARCELLI (1987), RIBEIRO (1998), SWINSCOW & KROG (1988) e VAINIO (1890a, 1890b), além de dezenas de outros trabalhos técnicos de taxonomia e clássicos, que são mencionados em MARCELLI et al. (1998).

A composição química do talo liquênico é um caracter essencial para a identificação ao nível específico. Para a determinação de parte dos compostos presentes, os espécimes serão submetidos a testes de spot e à fluorescência aos raios ultravioleta (onda longa), seguindo-se as recomendações de WALKER & JAMES (1980), assim como com a técnica de microcristalização, seguindo-se as instruções e interpretações contidas em HALE (1987). Espécimes representativos e/ou grupos morfológicos dentro de cada espécie serão submetidos à Cromatografia em Camada Delgada - TLC (placa de silicagel 60 F254, 20x20 de Merck), para a confirmação e detecção dos ácidos liquênicos presentes no talo. Tal procedimento segue a metodologia descrita em CULBERSON (1972) e HUNECK & YOSHIMURA (1996).

O material identificado será descrito minuciosamente e espécimes representantes de todas as espécies serão documentadas por meio de imagem fotográfica e ou digitalizada. Serão elaboradas chaves dicotômicas de identificação das espécies encontradas.

Em um primeiro momento, de forma exploratória, amostras das espécies identificadas serão analisadas para determinação do conteúdo total de carbono e nitrogênio, razão C/N e $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ através de espectrometria de massa. Os resultados obtidos poderão estimular a elaboração de projetos

complementares, para um estudo mais detalhado da contribuição dos líquens para o ciclo de nitrogênio da Floresta Ombrófila Densa.

O material coletado será depositado, após identificação, no Herbário da Universidade Estadual de Campinas (UEC), e duplicatas serão depositadas no Herbário Científico Maria Eneyda P. Kauffmann Fidalgo (SP) do Instituto de Botânica de São Paulo, onde já existe uma coleção expressiva de fungos liquenizados.

6.4.1.4.2 – Famílias específicas de Angiospermae

No caso de algumas famílias de reconhecida importância, quer seja no ciclo de nitrogênio, quer seja na manutenção de recursos para populações de polinizadores e dispersores, o estudo florístico poderá incluir todas as espécies, inclusive herbáceas, lianas e epífitas.

A família Leguminosae *senso* POLHILL & RAVEN (1981) ou Fabaceae *senso* JUDD et al. (1999) domina as florestas tropicais da América do Sul e apresenta grande importância nas diferentes fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa (OLIVEIRA FILHO & FONTES 2000). Uma característica marcante desta família é a simbiose de suas raízes com bactérias do gênero *Rhizobium* spp, que permite a fixação de nitrogênio atmosférico (SPRENT 2001.)

Independentemente da ocorrência de fixação simbiótica de nitrogênio, aspecto menos comum entre as Caesalpinioideae, as folhas das Fabaceae, que geralmente são compostas e de vida curta, são ricas em nitrogênio, quando comparadas com outras espécies do mesmo ambiente (MCKEY 1994). Conseqüentemente, contribuem de forma significativa para a entrada de nitrogênio nas florestas, como recentemente demonstrado por AIDAR & JOLY (2003).

Portanto, as plantas desta família têm um papel importante na ciclagem de nitrogênio da Floresta Ombrófila Densa, o que justifica que neste caso, o estudo florístico inclua todas as espécies presentes nas áreas de estudo, inclusive as herbáceas e as lianas.

Além deste papel de destaque no ciclo do nitrogênio as Fabaceae,

juntamente com as famílias Bromeliaceae, Orchidaceae e Rubiaceae, entre outras, são atualmente reconhecidas como de grande importância para a manutenção da população de polinizadores (ARAÚJO 1996, ARAÚJO et al. 2004, SINGER & SAZIMA 2004, SAZIMA et al. 1999, BUZATO et al. 2000; AGOSTINI, 2004). As famílias Apocynaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Malpighiaceae, Melastomataceae, Moraceae, Myrtaceae, Passifloraceae e Sapindaceae se destacam pela riqueza de espécies (ASSIS 1999; MORELLATO et al. 2000), entretanto pouco é conhecido sobre sua biologia. Espécies das famílias Arecaceae, Cecropiaceae, Clusiaceae, Lauraceae, Fabaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Moraceae e Piperaceae são de grande importância para a manutenção das populações de dispersores (PIZO 1996; GALETTI et al. 1999, 2000; PASSOS et al. 2003; VIEIRA et al. 2003).

O estudo florístico destas famílias estará baseado na coleta sistemática de material em estado fértil e identificação feita por especialistas. Todo material coletado será incorporado ao acervo do herbário de pelo menos uma das instituições participantes (Herbários UEC, IAC e HRCB).

6.4.2 – ESTUDOS AUTO-ECOLÓGICOS DE ESPÉCIES SELECIONADAS COM BASE NA FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA

Com base no estudo florístico e fitossociológico e nas informações disponíveis na literatura (SANCHEZ 1994, TABARELLI et al. 1994, CESAR & MONTEIRO 1995, TABARELLI & MANTOVANI 1999, ASSIS 1999; LACERDA 2001), serão selecionadas algumas espécies para estudos auto-ecológicos e populacionais. Estes estudos poderão incluir espécies de diferentes estratos (arbóreo, arbustivo e herbáceo), bem como epífitas e lianas. Os dados gerados por estes estudos serão inseridos em uma matriz para, através de análise multivariada, obtermos grupos funcionais, i.e. grupos de espécies que apresentam comportamentos e estratégias semelhantes.

Os estudos auto-ecológicos focarão, de forma integrada e complementar, um mesmo conjunto de espécies, selecionadas dentre as famílias citadas no [item 6.4.1.4.2](#)

6.4.2.1 – Biologia da polinização e reprodução

A interação entre flores e polinizadores é considerada um componente forte de integração da biocenose (VOGEL & WESTERKAMP 1991), sendo uma área de pesquisa atual, de amplo interesse e tema de numerosos estudos, principalmente, na região Neotropical (GOTTSBERGER 1996, ACKERMAN 2000, BERNHARDT 2000, OLIVEIRA & GIBBS 2000, ROUBIK 2000, BORBA et al. 2001, COCUCCHI & VOGEL 2001, SAZIMA et al. 2001, VARASSIN et al. 2001, LOPES et al. 2002, MACHADO et al. 2002, SAZIMA et al. 2003). No Brasil, essa linha de pesquisa apresenta estudos que abrangem temas específicos, como fenologia floral (BUZATO et al. 2000, MORELLATO et al. 2000) e biologia da reprodução (GOLDENBERG & SHEPHERD 1998; BORBA et al. 1999, GIBBS et al. 1999, CASTRO & OLIVEIRA 2002), mas predominam os estudos sobre biologia da adaptação, cuja qualidade e ritmo de publicações aumentou expressivamente nos últimos anos (BITTRICH & AMARAL 1997, MACHADO et al. 1997, BORBA & SEMIR 1999, SAZIMA & SAZIMA 1999, SINGER & SAZIMA 1999, SAN MARTIN-GAJARDO & FREITAS 1999, VICENTINI & FISCHER 1999, LOCATELLI & MACHADO 1999, ALVES DOS SANTOS & WITTMANN 2000, POMBAL & MORELLATO 2000, SCHLINDWEIN & MARTINS, 2000; SAZIMA et al. 2001, FREITAS & SAZIMA 2003, SAZIMA et al. 2003). Além destes temas de pesquisa, há estudos sobre biologia da polinização no nível de conjuntos de espécies e de comunidades, principalmente, em formações abertas, como cerrado (BARBOSA 1997, OLIVEIRA & GIBBS 2000), caatinga (MACHADO 1990), dunas (ALVES DOS SANTOS 1999), campos de altitude (FREITAS 2002), pantanal (ARAÚJO & SAZIMA 2003), devido à menor complexidade destas formações vegetais. Em regiões florestais como a Mata Amazônica e a Mata Atlântica, onde a biodiversidade é maior, os estudos no nível de comunidade ou conjunto de espécies são mais recentes (ALVES DOS SANTOS 1999, SAZIMA et al. 1999, BUZATO et al. 2000, FISCHER 2000, LOPES 2002, VARASSIN 2002). Além disso, nessas regiões florestais poucos são os estudos envolvendo os estratos arbóreos (ARAÚJO 1996, VICENTINI & FISCHER 1999, FISCHER 2000), uma vez que dificuldades de acesso às flores em copas altas limitam muito o

trabalho em dossel. Para contornar esta dificuldade, atualmente, estudos em espécies de dossel da Mata Atlântica estão sendo desenvolvidos com sucesso, utilizando-se também métodos de escalada (CANELA em andamento, ROCCA em andamento).

Portanto, a ampliação de estudos enfocando a biologia da polinização e da reprodução são imprescindíveis para a compreensão do funcionamento das diferentes fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa.

Uma vez pré-selecionadas as espécies, com ênfase na família Fabaceae, os estudos sobre a biologia da polinização e reprodução serão feitos através de viagens mensais, registrando-se as espécies em flor para determinar os padrões fenológicos (anual, contínua, *sensu* NEWSTROM et al. 1994). A presença de flores e botões em espécies arbóreas será verificada com auxílio de binóculos e o acesso às flores será feito com auxílio de podão, torres de observação e equipamentos de escalada esportiva adaptados à escalada em árvores (PERRY & WILLIAMS 1981, WHITACRE, 1981). Para cada espécie serão registradas informações sobre hábito (e.g. arbóreo, herbáceo) e sobre a estratégia de floração (e.g. explosiva, cornucópia, cf. GENTRY 1974, NEWSTROM et al. 1994). Será registrado o número de flores por planta, bem como o número de indivíduos em flor por espécie, estabelecendo a proporção relativa de espécies floridas num dado período do ano (cf. DAFNI 1992, FOURNIER 1971), uma vez que a quantidade de flores e sua abundância relativa, nas diversas espécies de plantas, são fatores que influenciam as táticas alimentares dos polinizadores (e.g. STILES 1978, LEMKE 1981, OHASHI & YAHARA 2001).

Atributos florais, como posição da flor na planta, dimensões, formato, disposição dos elementos reprodutivos e cor, serão registrados *in situ* e fotografados em diapositivos a cores, para análise posterior de sua relação com atributos morfológicos e comportamentais dos visitantes (cf. FAEGRI & PIJL 1980, SAZIMA et al. 2003). Amostras de flores serão preservadas em álcool 70% ou em FAA para medidas e análises detalhadas das estruturas.

O período de antese (horário, seqüência e duração) será determinado, bem como a receptividade do estigma e a viabilidade do pólen, de acordo com

as técnicas de ZEISLER (1938) e RADFORD et al.(1974), respectivamente. O volume de néctar será medido com auxílio de micro-seringas e a concentração de açúcares será avaliada com refratômetro manual (cf. DAFNI 1992, KEARNS & INOUE 1993, BUZATO et al. 2000). Informações sobre antese definem melhor as relações entre os períodos de atividade da planta e dos seus visitantes (e.g. SAZIMA et al. 1994, BUZATO et al. 1994) e dados sobre produção e concentração de néctar permitem previsões sobre o tipo, frequência de visitas e comportamento dos visitantes (FREITAS & SAZIMA 2001, CANELA & SAZIMA 2003).

O sistema reprodutivo das espécies será estudado por meio de experimentos envolvendo : a - autopolinizações espontâneas; b - autopolinizações manuais; c - polinizações cruzadas; d - emasculações (apomixia); e – flores em condições naturais, seguindo a metodologia de RADFORD et al. (1974). Dependendo da dificuldade de acesso às flores para realização dos experimentos de polinização, vários destes experimentos serão realizados em laboratório. Nestes experimentos as flores, após polinizadas, serão acondicionadas em gerbox com agar para o desenvolvimento dos tubos polínicos. Após determinados períodos, as flores serão fixadas em álcool 70% ou FAA e preparadas para observação do desenvolvimento dos tubos polínicos em microscopia de fluorescência, segundo a técnica de MARTIN (1959). Técnica semelhante será usada para determinar aspectos dos sistemas de compatibilidade das espécies.

Para cada espécie serão realizadas observações sobre os visitantes em diferentes horários do dia, num mínimo de 12 horas por espécie, sendo registradas as espécies de visitantes, o horário, a frequência e o comportamento de visita (cf. ARIZMENDI & ORNELAS 1990), bem como o local de deposição do pólen no visitante. O comportamento durante a visita às flores será estudado por observação direta ou naturalística (cf. LEHNER 1979), à vista desarmada ou com auxílio de binóculos, sendo complementada com documentação fotográfica. Fotografias constituem parte fundamental de estudos sobre visitantes florais (SAZIMA & SAZIMA 1989, COCUCI & VOGEL 2001, MACHADO et al. 2002), pois permitem descrições mais fidedignas de

determinado comportamento. Além disso, será feito o registro em vídeo para análises mais detalhadas do comportamento de visitantes diurnos (cf. LEHNER 1979). As identificações dos visitantes florais serão feitas a partir dos registros visuais (binóculos) e fotográficos (aves e morcegos), que serão conferidas com as descrições e ilustrações em DUNNING (1982), GRANTSAU (1989), SILVA (1985) e confirmadas por especialistas. Em casos de dúvidas, estes vertebrados poderão ser capturados com redes tipo “mist-net”, identificados e soltos em seguida. No caso de insetos, a identificação será feita com base em espécimes coletados (um a dois indivíduos por espécie), que serão comparados com coleções existentes e confirmados por especialistas.

Os atributos morfológicos dos visitantes florais (e.g. tamanho do corpo, comprimento do aparelho bucal) e suas relações espaciais com os atributos florais (e.g. morfologia e comprimento da corola) serão analisados em laboratório, seguindo modelos ilustrados em VOGEL (1969), MACHADO E SAZIMA (1987), SNOW & SNOW (1986) e STEIN (1992), que são baseados principalmente em registros fotográficos das flores e dos visitantes. Além disso, parte dessa análise é feita com uso de flores fixadas e animais preservados disponíveis nas coleções (e.g. ZUEC, MZUSP).

6.4.2.2 – Estruturas secretoras

Nas angiospermas, uma grande variedade de substâncias pode ser liberada por células secretoras: soluções salinas, néctar, mucilagem ou goma, proteínas, óleos essenciais, resinas e compostos fenólicos (FAHN 1979). O material secretado (exsudato) é heterogêneo quanto à composição química, podendo constituir-se em misturas tais como as óleo-resinas, goma-resinas e os látices (FAHN 1979, ASCENSÃO et al. 1999).

As células secretoras podem estar individualizadas (idioblastos) ou ser encontradas compondo estruturas multicelulares como tricomas, emergências, cavidades e ductos. De uma forma geral, todos estes tipos morfológicos são designados estruturas secretoras ou glandulares. No caso das cavidades e dos ductos, as células secretoras liberam o exsudato em um espaço interno – o lume – que delimitam e são designadas células epiteliais (ESAU 1977,

CUTTER 1978, FAHN 1979).

Os materiais liberados pelas estruturas secretoras têm reconhecido valor biológico, medicinal e econômico (MARGARIS et al. 1982, RODRIGUEZ et al. 1984), justificando o desenvolvimento de estudos em três vertentes:

- caracterização morfológica das estruturas glandulares responsáveis pela secreção e sua distribuição no corpo do vegetal;
- caracterização histoquímica dos principais grupos químicos constituintes do exsudato;
- caracterização da função desempenhada pelo exsudato.

Considerando-se a diversidade da flora brasileira, as estruturas glandulares foram pouco investigadas, tendo sido caracterizadas em termos morfológicos, histoquímicos (MONTEIRO et al. 1995, 2001, RIO et al. 2002) e ultra-estruturais (CARMELLO et al. 1995, MACHADO et al. 1995, APPEZZATO-DA-GLÓRIA & ESTELITA 1997, 2000, MACHADO & CARMELLO-GUERREIRO 2001, MONTEIRO et al. 1999, 2003). Forneceram, inclusive, subsídios à taxonomia dos grupos investigados (CASTRO et al. 1997, RIO et al. 2002).

O estudo amplo e abrangente da morfologia e da histoquímica de estruturas glandulares, presentes em espécies que ocorrem na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, permitirá inventariar aspectos peculiares às plantas desta fisionomia. Este tipo de trabalho inclui também a identificação e definição de caracteres que possam auxiliar na taxonomia, facilitando a distinção de espécies semelhantes ou próximas, difíceis de serem diferenciadas pelos caracteres morfológicos clássicos.

Uma vez pré-selecionadas as espécies, as coletas de ramos vegetativos e/ou florais serão feitas em indivíduos previamente marcados, numerados e com material testemunha depositado em herbário. A morfologia será avaliada nos dois anos iniciais do projeto, através do levantamento de tipos de estruturas secretoras. A caracterização histoquímica do secretado será efetuada para os tipos glandulares considerados inéditos e/ou relevantes.

Para os estudos estruturais, o material coletado será fixado em FAA (JOHANSEN 1940) por 24 horas e em formalina neutra tamponada (Lillie 1948

in CLARK 1973) por 48 horas, mantido em bomba a vácuo e estocado em etanol 70%. Peças serão desidratadas em série butílica (JOHANSEN 1940), incluídas em *paraplast* e seccionadas em micrótomo rotativo. Os cortes serão corados por métodos de dupla coloração (GERLACH 1969) e as lâminas montadas em resina sintética.

A caracterização histoquímica do exsudato produzido pelas estruturas glandulares será efetuada em material fixado em fixadores adequados (JENSEN 1962, MONTEIRO et al. 1995, ASCENSÃO et al. 1999). Os cortes serão submetidos a diferentes tratamentos para a detecção de: lipídios totais (incluindo ácidos graxos, óleos essenciais e resinas), compostos fenólicos (inclusive flavonóides), polissacarídeos (incluindo mucilagens), proteínas e alcalóides. Os aspectos relevantes serão registrados em fotomicrografias obtidas no microscópio Olympus BX51.

6.4.2.3 – Estudos cariológicos

O estudo cariológico da flora tropical, incluindo a brasileira, é pouco desenvolvido, havendo lacunas de informações para inúmeros gêneros e até para algumas famílias endêmicas na América Central e do Sul (RAVEN 1975). Particularmente para espécies lenhosas, mesmo em nível mundial, estudos cromossômicos foram relegados a segundo plano, o que parece estar relacionado a dificuldades inerentes ao estudo cromossômico de tais plantas, geralmente com números cromossômicos grandes e tamanhos comparativamente pequenos (MEHRA 1972). A escassez de informações cariológicas sobre espécies de plantas do Brasil e a maneira fragmentária como são encontradas na literatura fazem com que a utilização de dados cromossômicos traga poucos subsídios a estudos taxonômicos e evolutivos (GUERRA 1990).

Em nosso país, já estão disponíveis estudos citogenéticos sobre alguns grupos taxonômicos, como leguminosas em geral (COLEMAN & DE MENEZES 1980, BANDEL 1974, SOUZA 2000) ou determinados gêneros dessa família, como *Phaseolus*, *Vigna* e *Macroptilium* (FORNI-MARTINS 1984), *Stylosanthes* (VIEIRA 1988), *Crotalaria* (OLIVEIRA 1992) e *Sesbania* (FORNI-MARTINS et

al. 1994, FORNI-MARTINS & GUERRA 1999). Há várias outras famílias com muitas espécies já estudadas do ponto de vista cromossômico, como Rutaceae (GUERRA 1984, 1985, 1987, 1993, GUERRA et al. 2000).

Também há outros estudos abordando plantas de uma determinada região, porém sem referir-se a um tipo de formação vegetal em particular. Assim, podem ser mencionados estudos cromossômicos em plantas dos estados de Pernambuco (GUERRA 1986, SOARES et al. 1988, BELTRÃO & GUERRA 1990, CARVALHEIRA et al. 1991), do Ceará (ALVES & CUSTÓDIO 1989) e de São Paulo (COLEMAN 1982). Também vêm sendo abordadas espécies de uma determinada formação vegetacional, como cerrado (FORNI-MARTINS et al. 1992, 1995, FORNI-MARTINS & MARTINS 2000), floresta (LOMBELLO & FORNI-MARTINS 1998a, 1998b) e campo rupestre (BENKO-ISEPPON 1994).

O estado de São Paulo, apesar da intensa devastação dos ambientes naturais, em função da ocupação humana e de suas atividades agrícolas e industriais, preserva remanescentes de vegetação nativa, podendo-se destacar áreas do domínio da Mata Atlântica (onde se incluem as matas do interior paulista) e de Cerrado. No que se refere a estudos cromossômicos de formações florestais do Estado, pode-se dizer que hoje a maior lacuna de informações ocorre na Mata Atlântica propriamente dita, com inexistência de estudos desenvolvidos ao longo de seu gradiente de altitude.

Assim, o presente estudo propõe caracterização cariotípica de algumas espécies ocorrentes no Parque Estadual da Serra do Mar, com o objetivo de fornecer subsídios para estudos taxonômicos e evolutivos. Serão aplicadas técnicas de coloração convencional e, na medida do possível, técnicas de bandamento e moleculares, com a hibridação de DNA *in situ*. Como a poliploidia é um fator extremamente importante na evolução dos vegetais e tem sido relatada em diferentes grupos tropicais (FORNI-MARTINS & MARTINS 2000), pretende-se fazer um levantamento prévio de números cromossômicos em espécies de algumas famílias, para posterior comparação com outras formações vegetacionais, como florestas do interior paulista e cerrado.

Provavelmente, Malpighiaceae, Myrtaceae e Leguminosae, nas quais há

relatos de poliplóides e de estudos cariotípicos em espécies nativas, sejam incluídas no estudo cariológico, ao lado de representantes de outras famílias. Além disso, as famílias Malpighiaceae e Fabaceae possuem diversidade de hábitos (árvores, ervas e lianas), o que possibilitará a investigação de uma possível relação entre alterações cromossômicas e a derivação do hábito de trepadeiras, considerado derivado em relação ao arbóreo. Essa relação já foi demonstrada preliminarmente em Malpighiaceae, onde cromossomos maiores e em menor número têm sido encontrados em espécies arbóreas (LOMBELLO & FORNI-MARTINS 2001, 2002a, 2002b, 2003) e em Sapindaceae, onde, ao contrário, as trepadeiras têm evidenciado maiores tamanhos de cromossomos que as espécies lenhosas (LOMBELLO & FORNI-MARTINS 1998a).

Serão analisadas cerca de 20 espécies encontradas nas diversas áreas de florestas do Parque Estadual da Serra do Mar. Materiais-testemunha das espécies estudadas serão depositados no Herbário UEC. As espécies serão identificadas com a ajuda de especialistas e/ou por comparação com material depositado no herbário da Universidade Estadual de Campinas (UEC), utilizando-se também a literatura taxonômica adequada.

Os estudos cromossômicos serão realizados em células em divisão meiótica ou mitótica. Para observação das células em meiose, botões florais em diversos estádios de maturação serão coletados e fixados em solução de Carnoy (3:1, etanol:ácido acético). Após 24 horas de fixação, os botões serão armazenados em álcool a 70% no freezer. Serão obtidas as preparações citológicas através do esmagamento das anteras em carmin acético segundo MEDINA & CONAGIN (1964).

Na análise mitótica, serão utilizadas sementes, que serão germinadas para a coleta dos ápices radiculares. Esses serão pré-tratados com diferentes soluções, entre elas, a 8-hidroxiquinoleína e o paradiclorobenzeno (PDB), em diferentes condições de temperatura, concentração e tempo de imersão, para a determinação das condições ideais para a observação das metáfases. Após o pré-tratamento, as raízes serão fixadas e estocadas de acordo com o mesmo procedimento utilizado para os botões florais.

As lâminas para observação das metáfases mitóticas serão preparadas

por esmagamento de ápices radiculares de acordo com GUERRA (1983), com hidrólise feita em HCl 5N e coloração em solução de Giemsa 2%. Na medida do possível, serão aplicadas outras técnicas, para caracterizar a diferenciação linear dos cromossomos, como o bandamento-C (SCHWARZACHER et al. 1980) para identificação de regiões heterocromáticas. Também será aplicada a técnica do bandamento com os fluorocromos CMA₃ e DAPI para localização de regiões heterocromáticas com seqüências altamente repetitivas em C-G e A-T, respectivamente (SCHWEIZER 1980). Prevê-se a análise citogenética molecular em algumas espécies mediante a técnica FISH - hibridação de DNA *in situ* (CUADRADO & JOUVE 1994) utilizando, por exemplo, seqüências de DNAr 45S e 5S. Para todas as técnicas acima mencionadas, a hidrólise das raízes será feita por digestão enzimática (celulase 2% e pectinase 10%).

A análise das lâminas será feita através de microscópio comum e de fluorescência (para o caso do bandamento com fluorocromos e FISH). As células em condições adequadas de espalhamento e contração cromossômica serão documentadas em fotomicroscópio. Para a elaboração dos cariótipos, quando possível, as células serão desenhadas utilizando-se câmara clara ou imagens gravadas em computador. Serão medidos os cromossomos de, no mínimo, 10 células de cada espécie, sendo analisada como padrão a média da medida de cada par, incluindo o tamanho do cromossomo, a posição do centrômero e de constrições secundárias. A nomenclatura para a morfologia cromossômica seguirá GUERRA (1986).

6.4.2.4 – Estudos anatômicos e caracterização das substâncias de reserva de sementes

Na história evolutiva, o surgimento das sementes contribuiu para uma das mais surpreendentes explosões da biodiversidade. Para muitas plantas as sementes são estruturas cruciais de reprodução que se formam após a fertilização e demanda de recursos para os tecidos reprodutivos. Além disso, as sementes garantem que exista material de reserva suficiente para os primeiros estádios de crescimento e desenvolvimento das próximas gerações (BASKIN & BASKIN 2001). As reservas presentes nas sementes são de

extrema importância para os processos de desenvolvimento do embrião e formação de plântulas. Com a embebição das sementes, a respiração aumenta e as reservas são oxidadas, liberando energia e vários intermediários são colocados à disposição para o desenvolvimento do embrião durante a germinação. Durante a formação da semente, os cotilédones, o endosperma e/ou perisperma constituem-se nos principais sítios de armazenamento de amido, lipídios e proteínas. O amido é armazenado sob a forma de grânulos no interior de amiloplastos e a maior parte das reservas nitrogenadas é formada por proteínas, que estão restritas a estruturas subcelulares denominadas de corpos protéicos. Já, os principais lipídios de reserva são os ácidos graxos. As sementes e alguns frutos são os únicos órgãos vegetais capazes de armazenar grandes quantidades de ácidos graxos que, geralmente, estão sob a forma de gotas (WERKER 1997). Apesar da importância das sementes, pouco se tem avançado em estudos estruturais de seus envoltórios e reservas, havendo apenas algumas iniciativas isoladas sobre este tema.

Esta etapa do projeto será desenvolvida com o objetivo específico de estudar a morfologia e anatomia de sementes visando à caracterização estrutural dos envoltórios, dos tecidos de reserva, do embrião e da plântula; identificar por métodos histoquímicos a natureza das reservas da semente e avaliar a utilização das reservas durante as fases iniciais do desenvolvimento da plântula acompanhando as alterações em nível subcelular por meio de análises ultra-estruturais.

De forma complementar, serão realizadas análises das sementes coletadas, com ênfase na estrutura de seus tegumentos e análise de eventual dormência decorrente da impermeabilidade da testa, bem como a análise das estruturas de reserva (cotilédones, endosperma e/ou perisperma) e eixo embrionário, a partir de técnicas de microscopia de luz e eletrônica e de dosagens bioquímicas.

As características morfológicas das sementes serão descritas e ilustradas a partir de amostras de 50 unidades, provenientes de diferentes indivíduos de cada uma das espécies a serem estudadas. A nomenclatura utilizada para descrever as formas das sementes será baseada em MARTIN

(1946), CORNER (1976), GUNN (1981, 1984) e BARROSO et al. (1984, 1999). As dimensões e o peso fresco das sementes serão tomados utilizando-se paquímetro e balança analítica de precisão, respectivamente. Serão calculados média, desvio padrão e amplitude de variação dos dados.

Para o estudo anatômico, amostras de sementes serão fixadas em FAA (JOHANSEN 1940), solução de Karnovsky (KARNOVSKY 1965) ou em outro fixador mais adequado a cada material. As estruturas mais rígidas serão transferidas para uma solução de álcool etílico 96°, água destilada e glicerina (1:1:1). O laminário será confeccionado a partir de material seccionado a mão livre, em micrótomo de deslize ou em micrótomo rotativo, de acordo com a necessidade.

Para preparação do laminário permanente, as amostras serão desidratadas em série etílica ou butílica, infiltradas e incluídas em resina glicol-metacrilato, seccionadas em micrótomo, coradas por métodos de dupla coloração ou com azul de toluidina e montadas em resina sintética (JOHANSEN 1940, SASS 1951, O'BRIEN et al. 1964, GERLACH 1969). Os resultados serão registrados por meio de fotomicrografias, diagramas e desenhos em detalhe.

A caracterização histoquímica do material de reserva será efetuada em cortes de material fresco e/ou fixados em fixadores adequados (JENSEN 1962, MONTEIRO et al. 1995, ASCENSÃO et al. 1999). Os cortes serão submetidos a diferentes tratamentos para a detecção de: lipídios totais, ácidos graxos, esteróides, terpenóides em geral, polissacarídeos, mucilagens, proteínas, alcalóides e compostos fenólicos, incluindo os flavonóides. As preparações deverão ser observadas e fotografadas em microscópio óptico e em microscópio de fluorescência.

Para análise em microscopia eletrônica de transmissão, amostras serão fixadas em glutaraldeído 2,5%, em tampão fosfato 0,1M pH 7,2, pós-fixadas na solução de tetróxido de ósmio a 2% no mesmo tampão, desidratadas em série acetônica e incluídos em Araldite. Os cortes ultrafinos serão contrastados com acetato de uranila e citrato de chumbo (REYNOLDS 1963), observados e fotografados em microscópio eletrônico de transmissão Phillips EM-300. As

amostras serão processadas no Centro de Microscopia Eletrônica do Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Botucatu, SP, sob supervisão da Dra. Silvia Rodrigues Machado.

6.4.2.5 – Ecofisiologia da germinação

A manutenção das comunidades florestais depende de sucessivos eventos de morte e reposição de indivíduos das populações vegetais, sendo a regeneração, tanto em decorrência da renovação natural das populações quanto após distúrbios, dependente, em grande parte, da chuva de sementes dispersas recentemente (ALVAREZ-BUYLLA & GARCIA-BARRIOS 1991), embora o banco de sementes, transitório ou permanente, e a rebrota também sejam consideradas vias importantes em alguns casos (GUEVARA SADA & GÓMEZ-POMPA 1972, HALL & SWAINE 1980).

O recrutamento de novos indivíduos pode determinar a riqueza de espécies, estrutura espacial das populações e dinâmica da composição de espécies ao longo do tempo (CLARK & CLARK 1992, 1999; ERIKSSON & EHRLÉN 1992, RIBBENS et al. 1994). Para conhecer as diversas etapas do processo de estruturação e funcionamento de comunidades como o estabelecimento, a sucessão e a regeneração natural, o conhecimento sobre a ecofisiologia da germinação é muito importante (VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA 1993), pois a primeira etapa da seleção ocorre durante a fase de germinação das sementes.

O estudo da germinação, viabilidade e longevidade é o primeiro passo para o estudo da dinâmica das comunidades vegetais, sendo essencial para o entendimento de processos ecológicos, tais como o estabelecimento de plantas, sucessão e regeneração natural (VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA 1993). Uma grande variedade da duração da dormência, entre espécies e dentro de uma mesma população, já foi descrita para espécies tropicais (NG 1978, VÁSQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA 1990, VÁLIO & SCARPA 2001), em contraste com as espécies de regiões temperadas, onde a dormência de sementes é freqüentemente devida a um efeito mecânico exercido por seus tegumentos (BASKIN & BASKIN 2001). Nestas, a luz parece exercer maior influência (VÁLIO & JOLY 1979, VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-

SEGOVIA 1990). A germinação pode ser influenciada por uma ampla variedade de fatores endógenos e exógenos e dentre os últimos, nas regiões tropicais são considerados de maior importância a luz, a temperatura e a umidade (VÁZQUEZ-YANES & OROZCO-SEGOVIA 1993, VÁLIO & SCARPA 2001, PEARSON et al. 2003a, 2003 b).

No caso de ambientes sujeitos à saturação hídrica do solo, como a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, a disponibilidade de oxigênio no solo é outro fator de primordial importância para a germinação de sementes (JOLY & CRAWFORD 1983, SCARANO & CRAWFORD 1992, LOBO & JOLY 1996; OKAMOTO & JOLY 2000, MARQUES & JOLY 2000).

Os testes relativos ao potencial de germinação das sementes das espécies estudadas serão realizados com frutos coletados de árvores matrizes ($n > 10$), nas três fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa.

Os frutos carnosos serão despolidos e as sementes utilizadas nos experimentos serão desinfetadas com hipoclorito de sódio 1% de cloro ativo por 10 minutos seguido de enxágüe em água destilada, ou com solução de Micostatin 1000 units.ml⁻¹ (OKAMOTO & JOLY 2000).

Amostras de aproximadamente 50 sementes de cada espécie, retiradas aleatoriamente de cada lote de sementes coletadas, serão caracterizadas quanto: ao tamanho, à distribuição de peso fresco, ao conteúdo de água e à embebição das sementes.

A dimensão das sementes será estimada através de medidas dos eixos maior e menor, com auxílio de papel milimetrado ou paquímetro. Para a determinação do peso fresco, cada amostra será pesada individualmente em balança analítica. Os valores obtidos serão distribuídos em classes de peso, calculando-se as respectivas médias aritméticas e desvios padrão.

Em todos os tratamentos serão utilizadas 100 sementes, distribuídas em 10 placas de Petri ou Gerbox, previamente forradas com papel de filtro. Os experimentos serão conduzidos em câmara FANEM a $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

A protusão da radícula será considerada como indicativo de germinação, e será analisada em função dos parâmetros que seguem.

6.4.2.5.1 – Fotoblastismo

Nos ensaios sobre dependência da germinação em relação à luz, as sementes serão submetidas a um fotoperíodo de 12 horas de luz, sendo mantidas sob luz fluorescente branca contínua (20 watts.cm^{-2}), à temperatura constante de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$. (LABOURIAU & COSTA 1976). No tratamento escuro, as sementes terão o mesmo acondicionamento, porém as caixas Gerbox/placas de Petri ficarão envolvidas por três sacos plásticos pretos opacos sobrepostos, à temperatura constante de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (JOLY & FELIPPE 1979). A contagem das sementes germinadas será realizada diariamente. Para o tratamento no escuro, as manipulações serão realizadas em câmara escura, com luz verde de segurança (JOLY & FELIPPE 1979).

6.4.2.5.2 – Germinabilidade

A germinabilidade é definida como a porcentagem final de germinação, a qual será transformada em valor angular para efeito de análise estatística, e comparada através da análise de variância, seguida de teste de Tukey, a 5% de probabilidade (SOKAL & ROHLF 1995).

6.4.2.5.3 - Viabilidade

A viabilidade das sementes armazenadas ou que não germinaram nos experimentos acima será verificada, sempre que possível, através do teste do tetrazólio (cloreto de trifênil a 1% em solução aquosa) (DELOUCHE et al. 1962).

6.4.2.5.4 – Germinação sob hipoxia e anoxia

No caso das sementes de espécies da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, serão também feitos testes de germinação sob condições de hipoxia e anoxia. A condição de hipoxia será conseguida com a submersão de 10 sementes em 250 ml de água destilada em 10 caixas Gerbox. Para estabelecer a condição de anoxia será utilizada uma jarra anaeróbica Oxoid com 2 sachets, um que libera o catalisador que remove o oxigênio criando uma atmosfera anaeróbica e outro que monitora a ausência de oxigênio (OKAMOTO & JOLY 2000)

6.4.2.5.5 - Análise dos resultados

As médias de cada tratamento e o desvio padrão referentes à germinação, serão expressos em porcentagens e transformadas em arco seno da raiz quadrada de p, sendo p a proporção das sementes germinadas (PIMENTEL-GOMES 1984). As comparações entre médias serão realizadas a partir da análise de variância, seguida pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (ZAR 1984).

6.4.2.6 – Ecofisiologia da fotossíntese e da eficiência do uso da água

A possibilidade de uma espécie vegetal ocorrer em um determinado ambiente está diretamente relacionada à capacidade de os indivíduos manterem um balanço positivo de carbono ao longo de seu estabelecimento, crescimento e reprodução (LAMBERS et al. 1998). Portanto, o sucesso na ocupação de um ambiente é influenciada por características intrínsecas do vegetal e, em última análise, está relacionado à forma com que os indivíduos respondem a variação dos fatores ambientais tanto bióticos quanto abióticos. Pode-se considerar que os recursos se encontram distribuídos espacial e temporalmente em um dado ambiente e que diferentes espécies apresentam capacidades distintas para a aquisição de água, nutrientes e captação da energia luminosa. No entanto, faltam estudos que contribuam para uma previsão das prováveis respostas das plantas à natureza interativa das condições ambientais em ambientes tropicais (DE MATTOS 1998, DE MATTOS et al. 2004).

Os diferentes níveis hierárquicos em ecologia apresentam um determinado grau de interdependência, já que a variação na magnitude de um processo em um determinado nível irá implicar em efeitos em níveis superiores e/ou inferiores (DE MATTOS & SCARANO 2002, DE MATTOS et al. 2004). Processos que modulam o grau de resposta no nível foliar e que estão relacionados aos mecanismos que contribuem para a manutenção de um balanço positivo de carbono, ao mesmo tempo que interferem na capacidade de sobrevivência da planta no ambiente (GIVNISH 1979), podem afetar, por exemplo, as taxas de herbivoria, decomposição e produtividade do sistema

(REICH et al. 1992). O significado funcional da folha para o vegetal pode ser estabelecido em função de sua relação com os balanços de energia, carbono e de nutrientes (GIVNISH 1979, NOBEL 1991, REICH et al. 1992, JONES 1994). A funcionalidade da folha está diretamente relacionada à sua composição e morfologia (RODERICK et al. 1999). Os atributos normalmente caracterizados são a dimensão e forma foliar, conteúdo de nutrientes, capacidade de fixação de carbono, fluxo transpiracional e longevidade, entre outros.

Nesta etapa do projeto, estudaremos as respostas das plantas frente à variação na disponibilidade de luz ao longo das diferentes fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa, tanto no nível foliar quanto ecossistêmico de forma a integrar diferentes níveis hierárquicos e avaliar os processos que afetam o crescimento de indivíduos e a produtividade do ecossistema. Além disso, atributos foliares relacionados à morfologia e fisiologia serão caracterizados de modo a fornecer subsídios para o agrupamento das diferentes espécies em possíveis grupos funcionais distintos.

6.4.2.6.1 - Acúmulo de folheto e Índice de área foliar

Medidas diretas e comparativas do estoque de folheto e do índice de área foliar serão realizadas nas diferentes áreas a serem estudadas. O acúmulo de folheto será estimado utilizando-se um amostrador de 20 cm de diâmetro. O material coletado será levado ao laboratório e secado em estufa a 60°C por pelo menos 3 dias a fim de se obter a quantidade de matéria seca por unidade de área de solo. O índice de área foliar (área foliar por unidade de área de solo) será obtido com o auxílio de um medidor de índice de área foliar (LAI-2000, LI-COR) em dias nublados ou ao amanhecer e ao entardecer.

6.4.2.6.2 - Trocas gasosas de CO₂ e H₂O

Medidas das trocas gasosas de CO₂ e H₂O serão realizadas com um sistema portátil (CIRAS-2, PP-Systems, UK) em pelo menos 6 folhas expostas de 5 indivíduos de cada espécie. As folhas serão acondicionadas na câmara foliar e a variação no fluxo líquido de CO₂ e H₂O serão monitorados até estabelecimento de níveis constantes. Parâmetros, tais como fluxo líquido de CO₂ (J_{CO₂}), transpiração (J_{H₂O}), condutância estomática ao vapor d'água (g_{H₂O}) e concentração de CO₂ nos sítios de evaporação (c_i), serão medidos e/ou

estimados através da diferença entre o ar atmosférico (ar de referência) e o ar oriundo da câmara foliar (ar analisado), de acordo com as equações descritas em CAEMMERER & FARQUHAR (1981). Além de medidas pontuais das trocas gasosas, realizaremos curvas de resposta à luz e ao CO₂.

O CIRAS-2 é um sistema aberto e será utilizado com uma câmara foliar de 6,25 cm² de área. Acoplado à câmara existe um sistema de Peltier, que mantém a temperatura da câmara próxima à do ar. Em seu interior, existe uma ventoinha que promove um fluxo de ar suficiente para a manutenção de uma elevada condutância da camada envolvente (maior que 2,8 mol.m⁻².s⁻¹). A câmara também possui um sensor de infravermelho para medição da temperatura foliar, e sensores para a monitoração de parâmetros microclimáticos, tais como temperatura do ar, umidade relativa e densidade de fluxo de fótons (DFF).

6.4.2.6.3 - Fluorescência da clorofila a

A avaliação da emissão de fluorescência da clorofila a será realizada com um medidor de fluorescência com amplitude modulada de pulso (FMS2, Hansatech, UK). Em linhas gerais, a folha será mantida a uma distância (cerca de 1 cm) e ângulo constante (60°) da fibra ótica com o auxílio do clipe foliar que acompanha o instrumento. Para as medidas dos parâmetros relacionados ao estado de aclimação à luz, cuidados serão tomados para que não ocorra sombreamento da folha. Para uma correta medição do rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_V/F_M), o período necessário para o relaxamento dos componentes do "quenching" ou extinção não fotoquímica será determinado. O "quenching" não fotoquímico total (q_N) e fotoquímico (q_P), bem como o rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) serão calculados de acordo com a nomenclatura proposta por VAN KOOTEN & SNEL (1990). A taxa aparente de transporte de elétrons através do fotossistema II será calculada como $\Delta F/F_m' \times DFF \times 0,5$. O "quenching" não fotoquímico também será calculado de acordo com a equação de Stern-Volmer (DEMMIG-ADAMS 1990). Todas as medidas serão realizadas nas mesmas folhas utilizadas para o andamento diário das trocas gasosas.

6.4.2.6.4 - Potencial hídrico foliar

A determinação do potencial hídrico foliar será realizada com uma câmara de pressão ou bomba de Scholander (SCHOLANDER et al. 1965) (Model 1000, PMS, USA). De acordo com a disponibilidade de folhas, serão realizadas medidas antes do amanhecer e durante o meio do dia do potencial hídrico foliar (Ψ_{foliar}) nas espécies a serem estudadas. Pelo menos 2 a 3 folhas serão medidas. Os valores serão expressos em MPa. A eficiência hidráulica total no contínuo solo-folha (EH, $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{MPa}^{-1}$) será estimada como a razão entre a condutância estomática e a diferença entre o potencial da água medido antes do amanhecer e durante o meio do dia (MEINZER et al. 1990).

6.4.2.6.5 - Conteúdo foliar de nutrientes

As folhas utilizadas, após as medições de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, serão coletadas e após secagem em estufa serão moídas. O conteúdo de macro e micronutrientes será analisado individualmente por folha ou em amostras compostas por duas ou quatro folhas, dependendo da quantidade de material seco por folha e da magnitude da assimilação líquida de CO_2 e peso específico foliar.

6.4.2.6.6 - Características foliares

Com o auxílio de um cortador de metal será retirado um disco foliar de cada uma das dez folhas, evitando-se a nervura principal. Os discos serão hidratados em água destilada por um período mínimo de 4 horas. Após a hidratação, a espessura da folha ESP (mm) será medida com um paquímetro digital (Mitutoyo, Digimatic Caliper, Japan), e a massa saturada com uma balança eletrônica digital (Ohaus TP4000, Germany, 03 casas decimais). Os discos hidratados serão colocados em estufa a 55°C por 72 horas para obtenção da massa seca. A partir destes valores, serão calculados o conteúdo de umidade específica SUC (g.m^{-2}) que é o resultado da diferença entre a massa saturada e a massa seca, dividida pela área dos discos utilizados, e a Massa Foliar Específica MFA (g.m^{-2}) que é a razão entre massa seca dos discos por sua área (WITKOWSKI & LAMONT 1991). Os valores de DEN serão obtidos a partir da fórmula: $\text{DEN} = \text{MFA}/\text{ESP}$ (WITKOWSKI & LAMONT 1991).

6.4.2.6.7 - Pigmentos fotossintéticos

Um disco de área conhecida será retirado de duas folhas de cada amostra. Os discos serão mecanicamente macerados e imersos em etanol 96% por no mínimo 24h no escuro para a extração dos pigmentos (KNUDSON et al. 1977). A amostra será centrifugada, e o sobrenadante levado a um volume conhecido; as concentrações de clorofila a e b e de carotenóides serão então determinadas por espectrofotometria segundo as equações de LICHTENTHALER & WELLBURN (1983).

6.4.2.7 – Ecofisiologia do metabolismo de nitrogênio

Na maioria dos ecossistemas terrestres, o suprimento de nitrogênio é um fator essencial no controle da diversidade e dinâmica das populações vegetais e é fundamental nos processos ecológicos, tais como produtividade e ciclagem de carbono e nutrientes no solo. Nosso conhecimento sobre as transformações e disponibilidade de nitrogênio em solos florestais é bastante amplo, entretanto pouco é conhecido a respeito das comunidades vegetais tropicais e subtropicais, pois o corpo de conhecimento aborda principalmente os ambientes temperados. Um melhor conhecimento sobre as capacidades de assimilação, transporte, estocagem e reciclagem de nitrogênio em espécies perenes é essencial para uma melhor compreensão dos processos e mecanismos de utilização de nitrogênio nas espécies, populações e comunidades vegetais tropicais.

É conhecido que as espécies arbóreas que ocorrem ao longo da sucessão florestal sobre solo eutrófico no alto Vale do Ribeira de Iguape, SP, apresentam um contínuo de estratégias do uso de nitrogênio: as espécies iniciais na sucessão (espécies pioneiras) utilizam principalmente nitrato e assimilam mais nitrogênio quando este está mais disponível; as espécies mais avançadas (espécies secundárias tardias) utilizam a reciclagem interna de nitrogênio como estratégia principal, assimilando relativamente menos nitrogênio *de novo* e não respondendo ao incremento sazonal de nitrogênio disponível no solo; as espécies intermediárias na sucessão (secundárias iniciais) apresentam comportamento menos uniforme, com um subgrupo apresentando comportamento similar aos das espécies iniciais, incluindo a família Fabaceae, e outro subgrupo apresentando comportamento similar aos das espécies tardias (AIDAR et al. 2003).

De modo geral, os solos de Mata Atlântica são muito lixiviados, ácidos e distróficos, entretanto pouco se conhece sobre a dinâmica de nutrientes que ocorre nestes solos, provenientes principalmente de rochas cristalinas pré-paleozóicas (granitos e Gnaisses) e rochas sedimentares.

Para este estudo, as espécies arbóreas serão selecionadas com base nos parâmetros fitossociológicos e, sempre que possível, de sua classificação em grupos sucessionais e/ou grupos funcionais. No caso da família Fabaceae, serão estudadas todas as espécies, inclusive herbáceas e lianas

As espécies estudadas serão analisadas quanto às características de aquisição e uso de nitrogênio através de determinação da atividade da enzima nitrato-redutase *in vivo*, de análises de $\delta^{15}\text{N}$ e concentração total de nitrogênio e nitrato foliares e da quantificação de compostos nitrogenados de baixo peso molecular presentes na seiva do xilema. Serão realizadas análises de solo para determinação das taxas de amonificação e mineralização através de sacos de resina de troca iônica. Os resultados deverão ser relacionados com as diferentes estratégias de regeneração ou grupos funcionais (SCARANO 2002) apresentadas pelas espécies, procurando testar a hipótese de que o metabolismo primário de nitrogênio é uma ferramenta auxiliar na classificação funcional das espécies arbóreas (AIDAR et al. 2003).

As coletas de material foliar deverão ser realizadas nas três fitofisionomias, tanto no verão (janeiro/fevereiro) quanto no inverno (julho/agosto), pois a disponibilidade de nitrogênio no solo varia ao longo do ano (AIDAR 2000). Estes dados serão correlacionados com os dados climáticos obtidos no **item 6.3**.

6.4.2.7.1 - Caracterização do uso de nitrogênio

a) Potencial máximo de atividade de nitrato-redutase *in vivo*

Para a coleta de material foliar deverão ser recolhidos os ramos do ápice das plantas pela manhã. Os ramos serão resfriados em gelo para o adequado transporte do campo ao laboratório. As amostras deverão ser retiradas do terço médio da primeira folha madura do ramo, lavadas em água deionizada, cortadas em pequenas partes, transferidas para tubos de ensaio e então incubadas em solução tampão fosfato (K_2HPO_4 ; 0,1 M) e 1-propanol 1% (v/v),

seguinto a metodologia de descrita e por STEWART et al. (1986).

b) Análise de indução de nitrato-redutase

Deverão ser usados ramos mantidos em recipientes com solução 10mM de KNO₃ em condição ambiente por 24 horas antes das análises. Será avaliada a atividade máxima de nitrato redutase indutiva *in vivo* em condições de saturação de substrato de KNO₃, como descrito por STEWART et al. (1986).

c) Determinação da concentração de nitrogênio total, nitrato, $\delta^{15}\text{N}$ e relação C/N foliares

Parte das folhas deverá ser seca em estufa a 50°C logo após a coleta e posteriormente trituradas em moinho. O material moído será analisado por fluxo contínuo em analisador elementar (Carlo Erba) em linha com um espectrômetro de massas (Finnegan Delta Plus), onde se obtém a razão dos isótopos estáveis do nitrogênio e carbono ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$) e suas concentrações (%N, %C).

Sub-amostras de folhas frescas (0,5g) serão cortadas em pedaços, transferidas para 5,0 ml de metanol e mantidas em condição ambiental por 24 h, quando então serão congeladas para análises posteriores de conteúdo de nitrato, segundo metodologia descrita por CATALDO et al. (1975).

d) Coleta e análise de fluido do xilema

A coleta de seiva do xilema deverá ser feita *in vivo* nos ramos das plantas escolhidas no campo, pela manhã, utilizando-se uma bomba de vácuo manual. O fluido deverá ser recolhido e resfriado para adequado transporte do campo para o laboratório e então congelado para posterior análise. As análises serão feitas em HPLC, após derivatização por ninhidrina (BECKMAN 6300, PALO ALTO, CA, USA) para determinação do conteúdo de aminoácidos e amidas. Amônia e nitrato serão determinados através das metodologias descritas segundo STEWART et al. (1993).

e) Taxas de mineralização, amonificação e nitrificação dos solos

Além das técnicas descritas no **item 6.4.5.1.1**, serão analisadas as taxas de mineralização e amonificação nos solos *in situ* durante os períodos úmido e seco através do uso de sacos de resina de troca iônica colocados cinco

centímetros abaixo da superfície do solo de acordo com STEWART et al. (1993) e AIDAR et al. (2003). Estes dados serão correlacionados com os obtidos nas análises físico-químicas do solo descritas no **item 6.3**

f) Análise estatística

Serão aplicados testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e o teste paramétrico de Bartlett, para verificar a homogeneidade de variância. No caso de ser verificada heterogeneidade de variâncias, poderá ser utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (ZAR 1999).

6.4.3 – ESTUDOS POPULACIONAIS DE ESPÉCIES SELECIONADAS COM BASE NA FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA

6.4.3.1 – Estrutura genética populacional de espécies arbóreas

Os estudos com isoenzimas sobre a estrutura genética de populações de espécies arbóreas tropicais têm mostrado que estas apresentam níveis elevados de variabilidade genética e diferenciação inter-populacional (LIENGSIRI et al. 1995, MORAES et al. 2002, MORAES & DERBYSHIRE 2004).

Sob um ponto de vista evolutivo básico, os estudos sobre a distribuição da variabilidade genética em espécies tropicais podem elucidar como os mecanismos de polinização, dispersão de sementes e fecundidade e outras características da história de vida interagem na moldagem da estrutura genética dessas populações (MASSEY & HAMRICK 1998, ROCHA & LOBO 1998, SONG et al. 1998). De forma a se ter decisões satisfatórias sobre os procedimentos de amostragem visando à preservação de níveis máximos de diversidade genética, os pesquisadores devem conhecer como está distribuída a variabilidade genética de uma espécie, assim como devem estimar sua estrutura genética (FRANKEL et al. 1995, MAHY et al. 1997, SONG et al. 1998).

Uma abordagem poderosa utilizada para a avaliação de estrutura genética populacional espacial é o exame da mesma sob diferentes classes de idade ou estádios de coortes ocorrentes na população (KALISZ et al. 2001).

Esta permite a detecção de mudanças na estrutura genética espacial ao longo da história de vida, com a expectativa de que vários fatores causais podem contribuir para a estrutura espacial dos diferentes estádios. No entanto, são poucos os relatos na literatura que mostram a distribuição espacial da variação genética em diferentes classes de idade de plantas (EPPERSON & ALVAREZ-BUYLLA 1997, CHUNG et al. 2000, CHUNG et al. 2003a, 2003b, MURREN 2003).

O objetivo desta etapa do projeto é o de avaliar a variabilidade genética de populações de espécies arbóreas, que serão estudadas em sua estrutura etária, analisando-as sob um contexto de estrutura genética espacial e temporal, através do método de autocorrelação espacial multivariada.

A partir das espécies escolhidas para os estudos de estrutura etária de populações, os mesmos indivíduos serão analisados quanto às classes de idade, ou diferentes estádios ontogenéticos, serão amostrados para as análises isoenzimáticas. Para tanto, amostras foliares serão coletadas de cada indivíduo marcado e georreferenciado, sendo acondicionadas em sacos plásticos, que por sua vez, serão armazenados em caixas de isopor com gelo para o transporte até o laboratório. No laboratório, serão mantidos em geladeira ($\cong 5^{\circ}\text{C}$; para as análises isoenzimáticas), até sua extração e análise após aproximadamente 2 dias em média.

Procurar-se-á obter 20 progênies de uma mesma coorte de pelo menos cada uma de 20 matrizes para a análise de plântulas. Adicionalmente, serão analisados pelo menos 50 indivíduos de cada uma das diferentes classes de idade, e um mínimo de 50 indivíduos adultos de cada uma das populações.

A partir dos marcadores isoenzimáticos, revelados pela eletroforese em gel de amido, realizar-se-á a caracterização genética das populações analisadas, seguindo-se principalmente as recomendações de KEPHART (1990) e ALFENAS et al. (1991). A escolha dos sistemas enzimáticos para a análise genética do material em laboratório será precedida por uma série de testes, que terão o objetivo de indicar quais sistemas enzimáticos e procedimentos de extração e de corrida eletroforética fornecerão boa resolução, com máximo de informação, adaptando-se alguns métodos

descritos na literatura às condições do Laboratório de Ecologia, Departamento de Botânica, UNICAMP.

As frequências alélicas para cada população amostrada serão obtidas a partir da interpretação dos zimogramas e conseqüente definição dos genótipos de cada indivíduo estudado, para os marcadores empregados. Para a obtenção destas estimativas será utilizado o programa GENEPOP 3.3 (RAYMOND & ROUSSET 1995).

Para a análise de autocorrelação espacial, será utilizado o programa GenAEx v.5.04 (PEAKALL & SMOUSE 2001), a partir do método proposto por SMOUSE & PEAKALL (1999), que realiza uma análise multiloco e multialélica (multivariada) para o conjunto de todos os locos e todos os alelos, gerando estimativas da afinidade genética dos indivíduos dentro de diferentes classes de distância e para as diferentes classes etárias.

6.4.3.2 - Caracterização da estrutura de tamanho e da dinâmica de espécies arbóreas

Estudos sobre a dinâmica e a estrutura de populações são considerados essenciais para o entendimento dos processos que regulam a dinâmica e a estrutura de comunidades naturais, bem como para o manejo e conservação de espécies. Apesar disso, poucos são os dados existentes na literatura sobre a demografia de espécies arbóreas tropicais, principalmente no Brasil (SILVA-MATOS et al. 1999, SOUZA et al. 2003). A maior parte dos dados existentes refere-se a estudos pontuais sobre a estrutura de populações, fornecendo inferências sobre a dinâmica, sobre os padrões de regeneração e classificação de estratégias de diferentes espécies (COSTA & MANTOVANI 1992, FELFILI 1997, HENRIQUES & SOUSA 1989, MARQUES & JOLY 2000, LANG & KNIGHT 1983, OLIVEIRA-FILHO et al. 1996).

Para compreender muitos aspectos do funcionamento de populações, comunidades e ecossistemas, é necessário determinar a distribuição e a abundância dos organismos em diferentes escalas (CLARK et al. 1995). A análise das estruturas espaciais de diferentes populações, em diferentes escalas e para indivíduos de diferentes tamanhos permite inferências sobre quais fatores estão envolvidos nas distribuições espaciais observadas.

O objetivo desta etapa do estudo é testar se a estrutura e a demografia de espécies arbóreas selecionadas se modificam ao longo do gradiente altitudinal, representado pelas diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila Densa. Especificamente, serão determinados os estádios ontogenéticos para as espécies selecionadas; a estrutura de tamanho das populações (incluindo o uso de bandas dendrométricas e de técnicas de datação); estimativas da variação temporal na estrutura de tamanho e densidade populacional das espécies selecionadas nas diferentes fitofisionomias; estimativas da variação no padrão espacial das populações em função de diferenças edáficas, topográficas e de disponibilidade de luz.

Os dados serão analisados utilizando-se matrizes, considerando as estruturas populacionais baseadas em estádios ontogenéticos e em tamanho, bem como o padrão espacial das populações. Os dados serão relacionados com aqueles obtidos no **item 6.4.3.1**.

Neste estudo serão amostrados todos os indivíduos com DAP > 4,8 cm das espécies selecionadas, que serão permanentemente marcados, contados, mapeados e mensurados nas parcelas permanentes contíguas de 10 x 10 m. Para indivíduos DAP < 4,8 cm serão empregadas sub-parcelas sorteadas dentro da área de 4 ha. O tamanho das sub-parcelas será definido de acordo com a necessidade, considerando-se a densidade de indivíduos das espécies escolhidas. Da mesma forma, o tamanho mínimo dos indivíduos dependerá da facilidade de reconhecimento das espécies escolhidas, que será em parte determinada em um estudo a priori, caracterizando os estádios ontogenéticos. A heterogeneidade ambiental será estimada a partir dos dados do inventário principal, sendo considerada as parcelas de 10 x 10 m. As variáveis estimadas serão i) a posição topográfica e a inclinação do terreno; ii) tipo de solo e drenagem; iii) densidade, área basal e altura média do dossel; iv) a abertura do dossel e o grau de luminosidade do ambiente (RICH 1990, CLARK et al. 1993, TURNBULL & YATES 1993, WHITMORE et al. 1993, CLARK et al. 1996, GANDOLFI 2000).

Considerando-se que os níveis de radiação solar estão entre os principais fatores que determinam a distribuição espacial das espécies

arbustivo-arbóreas e sua dinâmica (TURNBULL & YATES 1993, WHITMORE et al. 1993, GANDOLFI 2000), a caracterização dos regimes de luz existentes nos trechos florestais em estudo será feita através da análise de imagens hemisféricas digitais de trechos selecionados do dossel, estabelecendo diferentes índices relacionados aos regimes de luz (coeficientes de radiação difusa, índice de área foliar, etc.);

O uso das fotografias hemisféricas, embora produzam apenas uma visão da disponibilidade potencial da luz numa dado ponto da floresta, permite que se amostra um grande número de pontos rapidamente dentro da floresta. Com essa metodologia pode-se obter, para grandes trechos de floresta, estimativas do regime de luz a que as plantas estão submetidas, tanto nas clareiras quanto sob o dossel, o que seria economicamente inviável com o uso de sensores.

O imageamento será feito com um imageador digital (CDI. Inc) acoplado a um microcomputador portátil, permitindo assim armazenar ainda no campo um grande número de imagens. Isso facilita o processo de coleta e análise posterior dos dados, uma vez que as imagens hemisféricas não precisam ser reveladas, o que é uma exigência da metodologia de fotografias hemisféricas.

Dessa forma, serão produzidas séries espaciais e temporais de imagens das fitofisionomias permitindo que se possa descrever vários parâmetros do regime potencial de luz desses locais, tais como a radiação solar direta, radiação indireta do céu, fatores de sítio, índice de cobertura, etc., que serão relacionados à composição de espécies e a distribuição espacial dos indivíduos presentes.

6.4.3.3 - Dinâmica populacional de espécies arbóreas

As taxas de incremento anual, mortalidade e recrutamento serão obtidas através da realização de censos anuais, sendo o primeiro o da implantação das parcelas permanentes. O cálculo dessas taxas será baseado em LIEBERMAN et al. (1985), PRIMACK et al. (1985), SWAINE & LIEBERMAN (1987) e SHEIL et al. (1995) e suas variações correlacionadas com os fatores edáficos (espacial) e climáticos (espacial e temporal).

A variação diamétrica mensal dos indivíduos será mensurada anualmente. Para alguns indivíduos selecionados daquelas espécies escolhidas para acompanhamento, as medidas serão feitas através de cintas dendrométricas instaladas em indivíduos em cada uma das áreas de amostragem. Através destes dados será verificado se a variabilidade intra e inter-anual no clima (temperatura e precipitação) e na disponibilidade de luz influenciam nas variações diamétricas e nas taxas de crescimento anual dos indivíduos na população.

7 – GRUPOS FUNCIONAIS: O ESTUDO DAS RELAÇÕES ENTRE FUNCIONAMENTO E FUNÇÃO DE ESPÉCIES NA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

Para cada uma das três fitofisionomias será montada uma base de dados com características bionômicas de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas estudadas nas etapas anteriores. Para cada espécie serão utilizados parâmetros florístico/fitossociológicos, auto-ecológicos e populacionais.

Para a detecção de grupos funcionais de plantas nas três fitofisionomias, usaremos o método proposto por PILLAR & SOSINSKI Jr. (2003). Este método se utiliza de um algoritmo que usa três matrizes de dados: a) descrevendo populações com base em seus atributos bionômicos; b) descrevendo comunidades com base nestas populações; e c) descrevendo os sítios onde estas comunidades estão localizadas com base em fatores ambientais ou efeitos. Esta técnica permite uma definição dos grupos funcionais por análise de cluster bem como a associação destes grupos a variáveis ambientais. Para tanto, cada uma das três fitofisionomias será montada uma base de dados com características bionômicas de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas estudadas nas etapas anteriores, bem como com dados referentes a aspectos de solo, topografia, macro- e microclima. Para cada espécie serão utilizados parâmetros florístico/fitossociológicos, auto-ecológicos e populacionais. O algoritmo é implementado pelo software SYNCOSA, que já nos foi disponibilizado pelo próprio autor (Prof. Valério Pillar, UFRGS) e encontra-se

disponível na página <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>.

A escolha das variáveis a serem utilizadas na construção das matrizes seguirá a seguinte estratégia. Nosso objetivo é de listar dados acerca do maior número possível de variáveis referentes a aspectos fitossociológicos, reprodutivos, ecofisiológicos e de crescimento. Uma das vantagens do método de PILLAR & SOSINSKI Jr. (2003) é que podem ser utilizados dados binários, qualitativos, quantitativos ou uma mistura de diferentes tipos de dados. Naturalmente, é mais provável que apenas para um menor número de espécies poderemos dispor e levantar uma mais ampla e detalhada lista de variáveis. Combinaremos este tipo de abordagem, com uma abordagem voltada para um menor número de variáveis porém para um maior número de espécies.

Do ponto de vista fitossociológico, poderão ser utilizados critérios de abundância (comum, intermediária, rara) ou parâmetros específicos como os índices de valor de importância, altura, diâmetro e forma de vida. Já as informações auto-ecológicas incluirão os dados referentes ao sistema de reprodução (síndrome de polinização, síndrome de dispersão, tamanho e tipo de substância de reserva das sementes), dados sobre a germinação e dados referentes à ecofisiologia da fotossíntese (Pontos de Compensação, Taxas de Assimilação, Taxas de Crescimento Líquido) e do metabolismo de nitrogênio (fonte e forma de assimilação). Do ponto de vista populacional serão utilizados dados sobre a estrutura genética, etária e espacial das espécies estudadas.

Uma vez detectados os grupos em cada área, os grupamentos serão coletivamente submetidos à análise de similaridade que permitirá detectar o grau de semelhança entre o conjunto de grupos existentes em cada área. Serão comparadas também as riquezas de espécies média por grupo por área.

Através da análise integrada dos dados obtidos nos estudos auto-ecológicos, populacionais e de grupos funcionais estaremos respondendo, especificamente, as perguntas **(3)** *quais são as características intrínsecas das espécies que determinam seu sucesso reprodutivo; sua capacidade de germinação, recrutamento e crescimento; sua estrutura populacional; sua variabilidade genética; sua inserção em grupos funcionais; e sua participação nos ciclos de carbono e nitrogênio?* **(4)** *estas características se modificam ao*

longo do gradiente altitudinal, representado pelas diferentes fisionomias da Floresta Ombrófila Densa? (5) quais são os principais grupos funcionais na Floresta Ombrófila Densa, e como estes variam ao longo do gradiente altitudinal? (6) quanto maior a diversidade da área estudada, maior será o número de grupos detectados e maior será a riqueza de espécies por grupo? e (7) espécies co-ocorrentes nas três áreas de estudo que possuam maior variação morfo-funcional ocuparão grupos distintos nas três distintas áreas?

O resultado destas análises deve retro-alimentar as etapas anteriores, evidenciando grupos de espécies que precisam de detalhamento tanto do ponto de vista auto-ecológico e como do ponto de vista populacional.

8 – FUNCIONAMENTO DO ECOSISTEMA – CICLOS DO NITROGÊNIO E DO CARBONO

8.1 – Ciclagem de nitrogênio na Floresta Ombrófila Densa

As florestas tropicais geralmente são mais ricas em N que as florestas temperadas (MARTINELLI et al. 1999). As concentrações de N nas folhas e nos solos, bem como a quantidade de serapilheira produzida e a concentração de N nesta, são mais elevadas em florestas tropicais que as temperadas. Esse fato implica em uma ciclagem mais aberta de N em florestas tropicais, onde as perdas líquidas e gasosas desse nutriente são geralmente elevadas. (VITOUSEK et al. 2000). Paralelamente, as taxas de mineralização e nitrificação são também mais elevadas em florestas tropicais. Devido ao fato de o ciclo do N ser mais aberto em florestas tropicais, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ das folhas são mais elevados em florestas tropicais. Uma exceção importante a esse padrão de comportamento é observada nas florestas de altitude. Geralmente, essas florestas, dentre as florestas tropicais, são as mais pobres em N, igualando-se a florestas temperadas (TANNER et al. 1998) As causas para esse empobrecimento são, na maioria das vezes, apenas especulativas. Dentre elas destaca-se a imobilização no solo, decorrente de uma incompleta decomposição da serapilheira (TANNER et al. 1998); a frequência maior de distúrbios, como grandes perdas de solo por erosão devido a declividade acentuada (TANNER et al. 1998); ou mesmo a perda de nutrientes em formas

não assimiláveis pela vegetação, como é o caso de florestas temperadas do Chile que perdem grande quantidade de N-orgânico via escoamento pelos rios (HEDIN et al. 1995).

Por outro lado, CHADWICK et al. (1999) e HEDIN et al. (2003), em estudos recentes sugeriram que, na região tropical, os ecossistemas florestais mais antigos localizados em terras baixas apresentariam uma perda maior de nitrogênio que os sistemas geologicamente mais novos. As fisionomias florestais localizadas nas altitudes mais elevadas da Mata Atlântica combinam duas características. De um lado são consideradas florestas de montanha (pobres em N), por outro lado, são florestas antigas, portanto consideradas mais ricas em N e com maiores perdas que fisionomias florestais de terras baixas. Dado esse quadro, é muito difícil prever qual será o comportamento das fisionomias em altitudes mais elevadas da Mata Atlântica, fato que torna seu estudo mais interessante ainda.

Visando investigar mais profundamente as características do ciclo do N nas várias fisionomias altitudinais da Mata Atlântica do litoral norte do estado de São Paulo, propomos combinar uma série de medidas indicadoras da dinâmica do nitrogênio em nível de populações. Essas medidas são indicadoras dos estoques de N retidos na vegetação e no solo e da sua dinâmica no sistema. Estudos ecofisiológicos sobre a capacidade de assimilação, transporte e reciclagem de N em espécies perenes serão conduzidos conforme detalhado no [ítem 6.4.2.7](#). Esses estudos em nível de espécie serão de fundamental importância para a interpretação dos resultados que serão obtidos nesse ítem, que refletem muito mais a dinâmica do N em nível de população ou em nível do ecossistema como um todo. Também serão importantes para tentativas de escalonamento partindo-se do nível de espécie para o de populações. Estudos sobre a ecofisiologia da fotossíntese e da eficiência do uso da água ([descritos no ítem 6.4.2.6](#)) são também componentes importantes nesse processo de escalonamento, uma vez que as taxas fotossintéticas de tecidos vegetais guardam uma estreita relação com as concentrações de N nos tecidos.

Nossa hipótese de trabalho nesse sub-ítem é a seguinte. “As fisionomias

localizadas em altitudes mais elevadas serão mais empobrecidas em N que as fisionomias localizadas em cotas mais baixas. Esse empobrecimento implicará em uma ciclagem mais fechada de N em altitudes maiores. Conseqüentemente, as taxas de mineralização e nitrificação no solo serão menores, assim como as perdas gasosas de N. A produção de serapilheira será menor, ocorrendo uma vigorosa translocação desse elemento antes das quedas das folhas. Portanto, a serapilheira será empobrecida em N. Finalmente, a concentração foliar de N será menor em altitude e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ menores como conseqüência de uma ciclagem mais fechada de N.

8.1.1 – Mineralização, amonificação e nitrificação do nitrogênio no solo

A mineralização do N no solo refere-se ao processo de conversão do N-orgânico a NH_4^+ e a nitrificação refere-se a passagem de NH_4^+ a NO_3^- . Geralmente, em sistemas com ciclo fechado de N, a taxa de nitrificação é significativamente menor que em sistemas com ciclo aberto de N, mantendo o estoque de N inorgânico na forma de NH_4^+ e não de NO_3^- que é muito mais móvel. Portanto, em decorrência, a concentração de NO_3^- , no solo em sistemas com ciclos fechados é significativamente menor que em sistemas com ciclo aberto de N.

8.1.2 - Perdas gasosas de nitrogênio no solo

Com a menor produção de NO_3^- , as perdas gasosas de N para atmosfera principalmente através do processo de denitrificação são menores em sistemas com ciclos fechados de N em relação a sistemas com ciclos fechados.

8.1.3 - Conteúdo de nitrogênio e fósforo nas folhas

Sistemas com ciclo fechado de N tendem a ter baixas concentrações de N nas folhas em relação a sistemas com ciclo aberto. Portanto, a relação N:P nas folhas tende a ser menor nos sistemas com ciclo fechado de N. Conseqüentemente, o conteúdo de N nas folhas senescentes será também menor, tornando a serapilheira também empobrecida em N nos sistemas com

ciclo fechado.

8.1.4 - Abundância isotópica do nitrogênio

A composição isotópica do N, expressa como $\delta^{15}\text{N}$, é um bom indicador do tipo de ciclagem do N em sistemas florestais. Em ambientes com ciclo aberto de N, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ das folhas é geralmente mais elevado que em ambientes com ciclo fechado (MARTINELLI et al. 1999). Essa tendência deve-se ao fato de que, em sistemas onde as perdas de N são elevadas, o N que fica no sistema tende a ficar isotopicamente enriquecido. Portanto, esperamos que nas fisionomias florestais com ciclagem de N mais fechada, os valores de $\delta^{15}\text{N}$ sejam mais elevados que nas fisionomias mais abertas.

8.1.5. Entradas atmosféricas de nitrogênio

É sabido que florestas respondem à entrada de nitrogênio via atmosfera (deposição úmida e seca). Florestas situadas em locais com elevadas taxas de deposição de N devido à poluição atmosférica alteraram completamente a dinâmica desse nutriente em função dessa entrada extra. Portanto, é fundamental que as entradas atmosférica de N sejam quantificadas na Floresta Ombrófila Densa Montana, a fisionomia que ocorre nas maiores altitudes no local de estudo. Além disso, pouco se sabe sobre a deposição atmosférica em ambientes tropicais. Estudos recentes comparando-se a deposição atmosférica em ambientes perturbados e não perturbados da região amazônica e do estado de São Paulo mostram que, devido às atividades antrópicas, a deposição de N está aumentando significativamente (LARA et al. 2001, ARTAXO et al. 2003).

Acréscimo na deposição de N pode ter efeitos deletérios na vegetação, assim como o amônio pode diminuir o fornecimento de bases-cátions. No entanto, pouco se sabe sobre a deposição de N em regiões não perturbadas do estado de São Paulo, como é o caso da Floresta Ombrófila Densa. Um aspecto interessante desse estudo é a variabilidade da deposição de N com a altitude. O núcleo de Santa Virgínia é caracterizado por constantes eventos de neblina, que é uma importante fonte de água e nutrientes para ecossistemas florestais de montanha. Sabe-se também que a composição química da neblina é,

freqüentemente, dominada por amônio, nitrato e sulfato (COLLET et al. 1993, BURKARD et al. 2003). Portanto, alguns compostos presentes na camada de mistura atmosférica são mais eficientemente incorporados à neblina do que à chuva (COLLET et al. 1993).

a) Deposição úmida

A deposição úmida é principalmente dominada pela precipitação. No entanto, em ecossistemas situados em altas altitudes, como é o caso do Núcleo de Santa Virgínia, o aporte atmosférico através da neblina pode ser uma significativa fonte de nutrientes para ecossistemas florestais (COLLET et al. 1993, LANGE et al. 2003). Portanto, serão coletadas amostras de água de chuva por evento, integradas por um período de 24 horas, em um amostrador wet-only em dois locais de amostragem.

A neblina será coletada em um amostrador do tipo “Caltech Active Strand Cloudwater”. Através de impacto inercial, este amostrador coleta a neblina fracionando as gotas em dois diferentes diâmetros. A amostragem será diária e o coletor será instalado no Núcleo de Santa Virgínia.

b) Deposição seca

Utilizando-se um amostrador “Stacked Filter Unit”, aerossóis serão coletados tanto na moda fina ($PM_{2.5}$) quanto na grossa (CPM). As partículas de aerossol influenciam diversos processos atmosféricos, através do espalhamento de luz solar, formação de gotículas de nuvens e mediação de reações químicas heterogêneas, podendo contribuir para alterações no clima e no ciclo hidrológico (RAMANATHAN et al. 2001). Na deposição seca, as partículas são transportadas para a superfície por difusão turbulenta, e a queda gravitacional pode favorecer a deposição no caso das partículas maiores que 1 μm de diâmetro. Partículas de diâmetro inferior a 0,05 μm são transportadas através da camada quase laminar principalmente por difusão Browniana (WESELY & HICKS 2000, ZHANG et al. 2001). Um dos métodos micrometeorológicos mais utilizados para a medida de fluxos verticais de partículas é o método de covariância turbulenta (EC – *eddy covariance*). Para a medida de fluxo de partículas por EC, dois diferentes tipos de contadores têm sido atualmente utilizados: OPC (optical particle counter) e CPC

(condensational particle counter). No Brasil, nunca foram realizadas medidas de fluxo de partículas, porém há evidências de eventos de nucleação acima do nível do solo na Amazônia (ZHOU et al. 2002). Neste estudo será utilizado um contador CPC.

Todas as amostras serão analisadas para nitrato, amônio, DON (nitrogênio orgânico dissolvido), DOC (carbono orgânico dissolvido) e DIC (carbono inorgânico dissolvido).

8.2 – DINÂMICA DO CARBONO NA VEGETAÇÃO E NO SOLO AO LONGO DO GRADIENTE DE FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

As florestas tropicais desempenham um importante papel mundial, tanto no balanço global de carbono quanto a manutenção da biodiversidade. As florestas tropicais úmidas são caracterizadas por uma considerável heterogeneidade interna na estrutura e dinâmica das comunidades (CLARK et al. 1995). Muito dessa variação está relacionada à ocorrência de mosaicos ambientais (variação na estrutura física e química do solo, drenagem e topografia, gradiente vertical de luz) e à influência do clima regional e do regime de perturbação, natural e antrópico (CLARK & CLARK 2000).

Ainda que haja muita controvérsia sobre esse tema (RICE et al. *no prelo*), estudos recentes sugerem que as florestas tropicais não perturbadas estão aumentando seu estoque de carbono (LUGO & BROWN 1992, FAN et al. 1998, PHILLIPS et al. 1998, PHILLIPS et al. 2002, SCHROEDER 1992, MALHI et al. 2002a). O monitoramento a longo prazo de parcelas de floresta tropical tem demonstrado que nos últimos 20 anos a dinâmica da vegetação tem se alterado (PHILLIPS et al. 1998, PHILLIPS et al. 2002), indicando uma fixação de CO₂ atmosférico da ordem de 0,5 – 1,0 Mg C por ano – o que equivale às emissões de combustível fóssil de toda a União Européia. Todas essas estimativas se referem às florestas que ocorrem na região equatorial. Estudos das florestas tropicais úmidas extra-equatoriais são escassos (CLARK et al. 2003) ou inexistentes.

Para compreender o potencial destas florestas de atuarem como

sumidouro ou emissor de CO_2 , é essencial que se conheça a dinâmica do carbono na vegetação.

O entendimento dos processos reguladores da dinâmica florestal da Mata Atlântica pode contribuir para a resolução de importantes questões sobre esse ecossistema. Neste contexto, o acompanhamento temporal da dinâmica florestal em larga escala, realizado através de parcelas permanentes, tem se mostrado muito eficiente e promissor, principalmente em florestas tropicais úmidas (MALHI et al. 2002b, PHILLIPS et al. 1998), podendo fornecer dados confiáveis para modelos de dinâmica de carbono e previsão de respostas do ecossistema às mudanças globais.

Dentre as informações importantes a serem avaliadas na dinâmica da vegetação está a idade das árvores, que pode fornecer subsídios na determinação do tempo médio de permanência do carbono na vegetação. Outro ponto a ser considerado é a taxa de produção e decomposição da madeira morta, uma das principais fontes de CO_2 para a atmosfera (CHAMBERS et al. 2001).

Ao longo de um gradiente altimétrico e climático da Floresta Ombrófila Densa o balanço de carbono deve variar em função da estrutura e composição florística das fitofisionomias e da matéria orgânica associada. Para avaliar esta variação, serão considerados os componentes: estrutura; biomassa viva; biomassa de madeira morta; produção de serapilheira. Nas parcelas de estudo intensivo, serão estimados, além dos componentes citados acima, a matéria orgânica do solo, a biomassa de raízes, o fluxo de CO_2 e CH_4 do solo, assim como a taxa de crescimento mensal do estrato arbóreo.

O principal objetivo desta etapa do projeto é avaliar a estrutura de florestas de diferentes altitudes na Mata Atlântica e quantificar a contribuição dos diferentes componentes do ciclo do carbono para o balanço global do ecossistema, visando entender como e por que estes fluxos variam entre os locais, ao longo do ano e entre anos. Este trabalho será dividido em pontos específicos: (1) Dinâmica da comunidade arbórea; (2) determinação da distribuição etária da população arbórea, baseada na dinâmica da comunidade e complementada por algumas análises de radiocarbono; (3) estimativa da taxa

de produção e decomposição de madeira morta; (4) determinação das taxas de retorno da matéria orgânica no solo (5) estimativa da idade média do carbono respirado do solo; e (6) comparação destes resultados com modelos pré-existentes e a construção de modelos para prever o potencial das florestas de atuarem como provedor ou sorvedor de carbono.

8.2.1 - Dinâmica Florestal

Serão utilizados os dados gerados no [item 6.4.3.3 - Dinâmica populacional de espécies da Floresta Ombrófila Densa](#)

8.2.2 - Estrutura etária.

Serão utilizados os dados gerados no [item 6.4.3.2 - Caracterização da estrutura de tamanho e da dinâmica de espécies da Floresta Ombrófila Densa](#)

8.2.3 - Produção e decomposição de madeira morta.

A madeira morta sob o solo será quantificada de forma não destrutiva utilizando o método do intercepto (VAN WAGNER 1968). Galhos finos (2,5 a 7,5 cm diâmetro) e galhos grossos e troncos (>7,5 cm diâmetro) serão estimados separadamente. Para cada transecção, os galhos finos serão amostrados ao longo dos primeiros 10 m, enquanto os galhos grossos e os troncos serão amostrados ao longo de toda a transecção. Todo o material lenhoso particulado que intercepte a transecção será medido e, exceto os galhos finos, todo o material será classificado de acordo com seu grau de decomposição utilizando os critérios descritos por DELANEY et al. (1998).

Serão amostrados tronco e raízes das árvores das áreas de estudo, nas quais procederemos à análise radiocarbônica da celulose extraída das sub-amostras, de acordo com VIEIRA (2003).

8.2.4 - Taxa de retorno da MO.

A taxa de retorno da MO será estimada pela combinação de medidas de produção de serapilheira, produção de material lenhoso morto, de estoque de carbono em solos e dinâmica de raízes.

8.2.5 Idade do CO₂ respirado

Serão tomadas amostras de CO₂ respirado do solo e de raízes das árvores na estação seca e na estação úmida para determinação da idade radiocarbônica destes componentes.

Paralelamente a isso, serão realizadas campanhas para determinação do fluxo de CO₂ do solo na estação seca e na estação úmida.

O fluxo de CO₂ será medido com um analisador de gás por infravermelho (IRGA – sigla em inglês) acoplado a um sistema dinâmico de câmara ventilada (DAVIDSON et al. 2002). Anéis de polivinilcarbono-PVC (20cm diâmetro x 10cm altura) serão inseridos a 3cm de profundidade no solo em cada local. No momento de amostragem, uma câmara de PVC será colocada sobre os anéis e o ar circulará entre a câmara (volume do anel + câmara) e o IRGA, através de uma bomba de ar a 0.5 l min⁻¹.

O fluxo de CO₂ do solo para atmosfera será calculado a partir do coeficiente angular da reta obtida pela regressão linear entre a concentração de CO₂ e o tempo.

O fluxo anual de cada anel de medida será determinado através da multiplicação dos fluxos horários medidos em campo pelo número de horas e dias de cada mês.

Os fluxos dos meses que não possuíam medições serão estimados calculando valores médios entre os meses anterior e posterior ao mês não medido. Depois de calcular os fluxos mensais de cada anel em todos os locais de coleta, serão somados os valores mensais resultando nos fluxos anuais para cada anel. Com estes valores, serão calculadas as médias e desvios padrões do fluxo anual para cada local.

Para determinar o $\delta^{13}\text{C}$ e $\Delta^{14}\text{C}$ do CO₂ respirado dos solos, serão analisadas séries temporais de amostras de ar concentrado, em balões pré-evacuados, de acordo com a descrição no [ítem 8.3.4](#).

Para análise do $\Delta^{14}\text{C}$ do CO₂, as amostras serão pré-processadas no Laboratório de Ecologia Isotópica CENA/USP e encaminhadas ao Laboratório de Radiocarbono do Departamento “Earth System Science” da Universidade da Califórnia, Irvine, onde serão analisados em um espectrômetro de aceleração de massa (AMS)

8.3 – VARIABILIDADE ISOTÓPICA DO CARBONO E OXIGÊNIO DO DIÓXIDO DE CARBONO, MATERIAL ORGÂNICO E ÁGUA AO LONGO DO GRADIENTE DE FITOFISIONOMIAS DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

Os processos de fotossíntese e respiração refletem fatores inerentes ao próprio ecossistema, como condições micrometeorológicas e biológicas, e desta forma contribuem para as variações na razão nos isótopos estáveis do carbono e oxigênio do CO₂ e do carbono fixado como material orgânico (TROLIER et al. 1996, CIAIS et al. 1997a, 1997b). Em termos mais específicos a assimilação de CO₂ pelo processo fotossintético determina uma alteração na quantidade relativa dos isótopos estáveis do carbono, ¹²C e ¹³C com relação à fonte, no caso a atmosfera (FARQUHAR et al. 1989, BOWLING et al. 2003). O processo respiratório, por sua vez, libera um CO₂ isotopicamente mais leve de volta à atmosfera, determinando um decréscimo no valor da razão isotópica do CO₂ deste compartimento (PATAKI et al. 2003). Este diferencial permite o escalonamento dos fluxos gasosos a partir do solo, folhas individuais, serapilheira, dossel e a atmosfera, o que será potencialmente interessante na comparação e avaliação das diferentes fisionomias florestais no gradiente altitudinal na serra do Mar proposto neste projeto.

A discriminação isotópica da assimilação fotossintética do CO₂ foi modelada por FARQUHAR et al. (1989) baseada na relação entre concentração de CO₂ dentro da câmara estomática (c_i) e concentração atmosférica (c_a). O interessante deste modelo é que características fisiológicas relacionadas diretamente à razão c_i/c_a , como condutância estomática ou taxa fotossintética podem ser determinadas a partir do valor isotópico de tecidos foliares, por exemplo: uso eficiente da água (FARQUHAR et al. 1989); limitação estomática à fotossíntese (JONES 1992) ou razão entre a assimilação líquida de carbono por conteúdo de nitrogênio da folha (FIELD et al. 1983). Alterações na importância relativa dos processos de fracionamento associado à difusão ou a atividade enzimática em plantas C₃ são função das características fisiológicas da folha, especificamente a razão entre capacidade fotossintética e condutância estomática ao CO₂, o que controla variações na razão c_i/c_a (concentração de CO₂ na câmara estomática = c_i , pela concentração de CO₂

na atmosfera = c_a). LIN & EHLERINGER (1997) demonstraram que, durante a subsequente perda de carbono pela respiração, não há discriminação pela atividade da mitocôndria. Como consequência, o efeito isotópico acumulado durante o processo fotossintético será refletido no valor do $\delta^{13}\text{C}$ da respiração. OMETTO et al. (2002), em trabalho recente na região Amazônica, sugerem que o carbono lábil utilizado para o processo respiratório foi metabolizado poucos dias antes de ser reduzido pelas mitocôndrias. Por outro lado variações no $\delta^{13}\text{C}$ do CO_2 liberado pelo solo pode estar associado a diferentes taxas de decomposição de compostos orgânicos específico com relação à respiração radicular. Plantas que possuem processo fotossintético C_3 apresentam um universo de valores isotópicos de seu material orgânico ($\delta^{13}\text{C}_{\text{planta}}$) entre -27 ‰ a -35 ‰ (MEDINA & MINCHIN 1980, CERRI et al. 1991, BUCHMANN et al. 1997, MARTINELLI et al. 1998, MIRANDA et al. 1997, SOBRADO & EHLERINGER 1997).

Outra perspectiva bastante interessante do uso da metodologia isotópica e que vem contemplar um dos objetivos do projeto é integrar medidas de fluxos de vórtices turbulentos com troca isotópica líquida, com o intuito de particionar fluxos de CO_2 em fotossíntese e respiração com resultados bastante promissores, apesar da inconsistência assumida principalmente pela diferença entre a frequência das medidas de fluxos e isotópicas, como recentemente proposto por BOWLING et al. (2003). No Brasil, recentemente, alguns esforços têm sido realizados na Amazônia e no Cerrado, com utilização da metodologia isotópica para caracterização dos fluxos de CO_2 (OMETTO et al. 2002) e esses trabalhos demonstraram uma variabilidade no sinal isotópico do CO_2 associada a variações climáticas sazonais, principalmente na Amazônia (OMETTO et al. 2002).

A perspectiva de utilização do ^{18}O do CO_2 ($\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{O}$) atmosférico baseia-se no fato de que, durante o processo fotossintético, a reação de hidratação e desidratação do CO_2 ($\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$) no cloroplasto tende a enriquecer a atmosfera em ^{18}O , principalmente pelo fato de que a água no cloroplasto tem uma razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ mais elevada que a encontrada no solo. O fracionamento isotópico durante o processo de transpiração faz com que o reservatório de

água livre nas folhas fique enriquecido em ^{18}O com relação à água do solo que será absorvida pelas raízes. Esta variação abre a perspectiva de partição do fluxo de CO_2 emitido para a atmosfera entre o solo e o dossel florestal (FLANAGAN et al. 1991, OMETTO et al. in press), **o que complementa as informações descritas no item 6.4.2.6.2.**

A compreensão do ciclo hidrológico entre o continuum solo-planta-atmosfera é facilitada com a utilização da razão isotópica do oxigênio da água (H_2^{18}O) contida nestes diversos compartimentos, além de importante componente na determinação do $\text{C}^{18}\text{O}^{16}\text{O}$ atmosférico (FLANAGAN et al. 1991). Esta metodologia nos permitirá, entre outros aspectos identificar o perfil de exploração das raízes, a importância da neblina como processo de aporte de água ao sistema e, complementando o descrito acima, identificar o sinal isotópico do oxigênio do CO_2 liberado. A determinação isotópica da água contida nos tecidos foliares **complementa estudos descritos no item 6.4.2.6.4.**

Considerando que:

- (1) o balanço entre as entradas e saídas de carbono do sistema está intimamente relacionado as condições microclimáticas e fisionômicas da vegetação, que por sua vez , se relacionam ao gradiente fitofisionômico da Floresta Ombrófila Densa ;
- (2) a distribuição da precipitação ao longo do ano determinará um sinal isotópico ao carbono respirado pelo ecossistema, que refletirá as variações de precipitação em uma pequena escala temporal;
- (3) a variação diurna na discriminação do ^{13}C e ^{18}O no nível foliar e de todo ecossistema ocorrerá em associação com mudanças nas taxas fotossintéticas e condutância estomática, por afetarem a razão ci/ca e. da mesma forma, mudanças diárias no déficit de pressão de vapor induzirão mudanças na condutância estomática do ecossistema como um todo, que determinarão variações na discriminação isotópica do carbono do ecossistema;

O objetivo desta etapa do projeto é investigar as trocas de carbono e água entre os sistemas solo-plant-atmosfera através da variabilidade isotópica do carbono e oxigênio do dióxido de carbono, do material orgânico e água, em

coletas mensais distribuídas ao longo do ano, nos diversos compartimentos do sistema, quais sejam: atmosfera, dossel florestal, vegetação (folha, madeira), serapilheira e solo.

8.3.1 Metodologia isotópica

A relação entre o isótopo mais raro sobre o mais abundante é expressa pela composição isotópica (R)

$$R = \frac{{}^{13}\text{C}}{{}^{12}\text{C}} = \frac{{}^{18}\text{O}}{{}^{16}\text{O}}$$

O desvio da razão **R**, com relação à um padrão define a notação “ δ ‰” (delta por mil), que é expressa da seguinte maneira:

$$\delta = \left\{ \frac{R_{amostra} - R_{padr\tilde{a}o}}{R_{padr\tilde{a}o}} \right\} * 1000$$

Os dois processos fundamentais que determinam a discriminação isotópica durante a fotossíntese são: difusão e reação enzimática (discriminação provocada pela ação da Ribulose DiFosfato Carboxilase - RuBP Carboxilase ou Rubisco). O fracionamento ao nível foliar pode ser descrito da seguinte maneira:

$$\Delta = a + (b - a) \cdot \frac{c_i}{c_a}$$

Mas também pode ser descrito como:

$$\delta^{13}\text{C}_{Planta} = \delta^{13}\text{C}_{Atm} - a - (b - a) \cdot \frac{c_i}{c_a}$$

Onde **a** representa o fracionamento isotópico associado à difusão mais lenta do ${}^{13}\text{CO}_2$ no ar e **b** o fracionamento líquido associado à atividade da Rubisco.

8.3.2 - Modelagem da composição isotópica do oxigênio

Para se determinar o impacto das trocas gasosas no valor do $\delta^{18}\text{O}$ no CO_2 atmosférico deve-se medir ou calcular (i) o valor do $\delta^{18}\text{O}$ da água na folha sobre um ciclo diurno; (ii) discriminação fotossintética às moléculas de CO_2 contendo ^{18}O ($\Delta\text{C}^{18}\text{OO}$); (iii) a razão isotópica do CO_2 respirado a noite pelo ecossistema como um todo ($\delta^{18}\text{O}_R$) e do solo ($\delta^{18}\text{O}_{R\text{-solo}}$). O $\delta^{18}\text{O}$ em ramos e raízes são os mesmos que a água do solo até atingir as folhas, quando os processos evaporativos ocorrem. O $\delta^{18}\text{O}_{\text{folha}}$ pode ser calculado usando o modelo de enriquecimento isotópico proposto por CRAIG & GORDON (1965) e adaptado por FLANAGAN et al. (1991).

$$R_{\text{Folha}} = \alpha^* [\alpha_K R_{\text{Ramo}} \left(\frac{e_i - e_a}{e_i} \right) + R_{\text{Atm}} \left(\frac{e_a}{e_i} \right)]$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{Folha}} = \left(\frac{R_{\text{Folha}}}{R_{\text{SMOW}}} - 1 \right)$$

Onde, R é a razão descrita anteriormente, para folha, ramo e atmosfera; e é a pressão parcial de vapor d'água na atmosfera (a) e no interior da câmara estomática (i); α^* é o fator de fracionamento associado ao equilíbrio líquido vapor ($\alpha^* = 1.009$ a 25C), variando com a temperatura segundo MAJOUBE (1971); α_K é o fator de fracionamento cinético associado a difusão da água no ar ($\alpha_K = 1.0285$)

8.3.3 - “Keeling Plot”

Modelo de mistura inicialmente proposto por KEELING (1958) baseado nas mudanças na concentração e razão isotópica do CO_2 atmosférico dentro da vegetação de um ecossistema pode ser utilizada para determinar a razão isotópica tanto do carbono quanto do oxigênio do CO_2 respirado. A relação linear entre $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ e a concentração de CO_2 da atmosfera dentro do dossel pode ser observada na equação abaixo:

$$\delta_{\text{Atm}} = \left([\text{CO}_2]_{\text{Canopy}} / [\text{CO}_2]_{\text{Atm}} \right) * (\delta_{\text{canopy}} - \delta_R) + \delta_R$$

onde, δ é a razão isotópica do carbono ou oxigênio do CO₂ na atmosfera (atm), dentro do dossel (canopy) e respirado (R), e [CO₂] é a concentração do gás nos compartimentos. O δ_R é obtido pelo intercept y de uma regressão linear geométrica média entre $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ e 1/[CO₂] a ser medido em frascos coletados na área de estudo durante o período noturno, quando processo fotossintético não está ativo.

8.3.4 - Coletas

As coletas de ar serão realizadas mensalmente nas três fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa: Terras Baixas, Submontana e Montana. A partir de tubos (Decoron ®) instalados nas torres de fluxos ou plataformas succiona-se o ar por bomba peristáltica (Capex V2X, Charles Austin, West Byfleet, Surrey, UK) que será armazenado em frascos de vidro de 100ml com dois registros de teflon (EHLERINGER & COOK 1998). As coletas de CO₂ liberado pela superfície do solo serão realizadas com uma câmara de 80 litros para que a retirada dos frascos não altere a pressão interna e, conseqüentemente, os fluxos a partir da superfície do solo. Para uma maior estabilidade do $\delta^{18}\text{O}$ do CO₂ coletado deve-se secar a amostra de ar, o que é feito através de um tubo dissecante, contendo perclorato de magnésio, instalado a montante do frasco de coleta. No Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP as análises serão feitas com a utilização de um pré- concentrador (PreCon, Finnigan MAT, Bremen, Germany) em linha com um espectrômetro de massas (Delta Plus, Finnigan MAT, Bremen, Germany).

As amostras de material orgânico serão coletadas trimestralmente buscando contemplar diferentes condições meteorológicas, em diferentes estratos do dossel florestal, na serapilheira e também no solo. Depois de secas a 65 °C em estufa de circulação, as amostras serão moídas e homogeneizadas. Nas amostras de solo faz-se a separação das raízes e o processamento em peneira de 2mm. Sub- amostras são então pesadas em cápsulas de estanho (1.5 mg para amostras vegetais e 15-25mg para amostras de solo) e encaminhadas ao laboratório de espectrometria de massas. Em

método de fluxo contínuo as amostras são colocadas em um analisador elementar (CHNS, Carlo Erba) e a seguir carregadas ao espectrômetro obtendo-se o $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ e as concentrações C% e N%.

Folhas, ramos, solo e vapor d'água atmosférico serão coletados mensalmente para determinação do $\delta^{18}\text{O}$ da água nas três fitofisionomias. Além destas, serão coletadas amostras de água do lençol freático. As amostras serão analisadas pela técnica do “micro-equilíbrio” em sistema de fluxo contínuo (FESSENDER et al. 2002.) com espectrômetro de massas

8.4 – CLIMA E FLUXOS ATMOSFÉRICOS DE ÁGUA, ENERGIA E CO₂

A umidade do solo e os processos biofísicos da vegetação controlam a partição de energia entre os fluxos de calor sensível e a evapotranspiração, influenciando na estrutura da camada limite planetária e, indiretamente, no desenvolvimento dos cúmulos e, potencialmente, na precipitação convectiva (BETTS et al. 2003, ROCHA et al. 1996). Na região da Mata atlântica de São Paulo contrapõem-se notavelmente os padrões da circulação de grande escala (Leste e Norte) e as circulações de brisa marítima e pós-frontais (de Sul), o que influencia nos fluxos locais.

Nesta etapa do projeto, serão realizadas observações de variáveis climáticas e fluxos turbulentos de água, energia e CO₂, utilizando-se estação meteorológica automática e um equipamento de *eddy covariance*, através de uma abordagem similar feita em Cerrados do Sudeste (ROCHA et al. 2002). Uma torre micrometeorológica de 75 m de altura, seção triangular, será instalada próximo à confluência dos Núcleos Santa Virgínia e Picinguaba do PESM, para monitoramento de longo prazo. Pretende-se analisar a variabilidade do ciclo diurno, sazonal e interanual do clima e dos fluxos turbulentos e fazer um vínculo com as medidas de ciclagem de carbono e isotópicas realizadas na superfície. Adicionalmente, pretende-se discernir como as circulações de grande escala no Sudeste e a circulação de brisa marítima controlam os fluxos na escala local. Serão medidas as seguintes variáveis:

- (i) irradiância solar global e PAR (incidente e refletida, LiCor 200X, LiCor Quantum), saldo de radiação (Kipp Zonen Lite), precipitação (Hydrological

Services), velocidade e direção do vento (RMYoung), temperatura e umidade do ar (Campbell HMP45), fluxo de calor no solo (REBS); umidade do solo perfil 5 m (refletômetros Campbell CS615), aquisição de dados com coletor Campbell CR10X, gravação médias 15 min, variância, valores max,min.

- (ii) Fluxos difusivos: perfil de CO₂ no dossel para estimativa do armazenamento de CO₂; efluxo de CO₂ do solo (câmaras automáticas com analisador infra-vermelho Li-820).
- (iii) Fluxos turbulentos: aquisição 10 Hz com coletor Campbell CR5000, anemômetro sônico 3D (Campbell CSAT3), analisador de gás infra-vermelho CO₂/H₂O (Li7500). As médias dos fluxos de momentum, calor, H₂O e CO₂ serão respectivamente (1-4),

$$u_*^2 = \left(\overline{u'w'^2} + \overline{v'w'^2} \right)^{1/2}, \quad (1) \quad H = \rho c_p \overline{w'T'}, \quad (2)$$

$$\lambda E = \rho \lambda \overline{w'q'}, \quad (3) \quad F_c = \overline{w'\rho_c'}, \quad (4)$$

onde u_* = velocidade de atrito (ms^{-1}), λE = evapotranspiração (Wm^{-2}), H = fluxo de calor sensível (Wm^{-2}), F_c = fluxo de CO₂ ($\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$); u' , v' , w' , T' , q' , ρ_c' são respectivamente as flutuações de u, v, w (ms^{-1}), temperatura (K), umidade específica (gg^{-1}) e densidade de CO₂ no ar ($\text{molCO}_2 \text{ m}^{-3}$).

As metas específicas serão:

- (i) Monitoramento automático do clima e dos componentes do ciclo hidrológico à superfície (precipitação, evapotranspiração e umidade do solo) e do ciclo de carbono (fluxo total de CO₂ e respiração do solo);
- (II) Análise da funcionalidade ecofisiológica de florestas ombrófilas densas: produtividade primária do ecossistema e limitantes climáticos;
- (III) Análise da variabilidade climática interanual no ciclo do carbono e no ciclo hidrológico
- (IV) Comparação dos padrões de funcionalidade da floresta ombrófila densa da Mata Atlântica montana com a floresta de terra firme da Amazônia.

9 – MODELAGEM

9.1 – MODELAGEM PREDITIVA DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES

O processo de modelagem preditiva de distribuição consiste em converter dados primários de ocorrência de espécies em mapas de distribuição geográfica indicando a provável presença ou ausência da espécie, neste caso, através da aplicação de algoritmo genético. Esses modelos trabalham, na maioria dos casos, com o conceito de nicho ecológico fundamental da espécie. Este conceito foi definido por MacARTHUR (1972) como sendo um conjunto de condições ambientais, com as quais as populações conseguem se manter, que pode ser representado por um espaço ecológico/ambiental multidimensional.

O modelo será desenvolvido utilizando o GARP - *Genetic Algorithm for Rule-set Prediction* (STOCKWELL & NOBLE 1992, STOCKWELL 1999, STOCKWELL & PETERS 1999, PETERSON & COHOON 1999, PETERSON et al. 1999, 2002, PETERSON & VIEGLAIS 2001), que estabelece regras de ocorrência de acordo com informações ambientais nos pontos de observação e registro das espécies no campo. A partir destas regras, o algoritmo relaciona as características dos pontos de ocorrência com a distribuição da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, resultando em áreas de previsão de ocorrência das espécies.

Usualmente o GARP divide os pontos de ocorrência aleatoriamente em três grupos: 50% dos pontos pertencem ao conjunto de teste extrínseco, 25% ao conjunto de teste intrínseco e 25% ao conjunto de treino. O algoritmo trabalha em um processo iterativo de seleção, buscas por padrões, testes e incorporação ou rejeição: aplica um conjunto de métodos (regras bioclimáticas, regressão logística etc) aos valores das variáveis ambientais de cada ponto de treino. Essa metodologia gera regras (padrões) de ocorrência, que são analisadas com os pontos de testes intrínsecos. Os pontos de teste extrínsecos são utilizados para um teste independente de qualidade de modelos. As regras podem evoluir a partir de um conjunto de procedimentos que imitam a evolução do DNA, como mutações, deleções, crossing over etc (STOCKWELL & NOBLE 1992).

O mapa utilizado como base para a definição da área nativa consistirá em uma matriz raster com milhares de quadrículas. No início da modelagem, serão utilizadas cerca de 35 camadas que representam aspectos locais para relevo (altitude, inclinação), radiação, amplitude térmica diária; temperatura (média anual, média do mês mais frio, média do mês mais quente, temperatura máxima, temperatura mínima), precipitação (média anual, média do mês mais úmido, média do mês mais seco); umidade relativa, etc...

Uma vez convergido o conjunto de camadas que melhor explica a distribuição de pontos na área nativa de ocorrência, será utilizada a ferramenta *Best Subsets* (melhores subconjuntos) do GARP (PETERSON 2001) para selecionar 25 modelos que possuam menor correlação com a porcentagem de pontos de teste extrínseco não incluídos na área prevista da distribuição da planta.

A somatória da sobreposição dos modelos deve gerar uma escala de probabilidade de ocorrência variando de 0/25 (área prevista por nenhum modelo) a 25/25 (área prevista por todos os modelos). Os melhores subconjuntos serão projetados em outras regiões de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa.

Para avaliar o modelo de distribuição nativa, será feito um teste χ^2 baseado nos pontos utilizados, pontos excluídos e área de distribuição do modelo teste. O teste χ^2 será utilizado para comparar o número de pontos que estão na área de previsão com os aqueles em áreas não previstas pelo modelo. Este teste permitirá compreender o quanto o modelo se aproxima de um modelo aleatório, uma vez que a hipótese nula, neste teste, é de que a distribuição seja aleatória.

Para avaliar a qualidade das projeções para outras áreas de Floresta Ombrófila Densa, será utilizado o método de análise *bootstrap* (EFRON & GONG 1983) para a criação de amostras que serão utilizadas para testar a eficácia do modelo em prever a distribuição. Usualmente serão utilizadas 10000 amostras *bootstrap* de tamanho n .

Simultaneamente, aplicando estas técnicas de modelagem de nicho ecológico, será desenvolvido um estudo para determinar os efeitos das

mudanças climáticas na distribuição de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa. Esta modelagem utilizará os cenários previstos pelo IPCC (<http://www.ipcc.ch/>) com diferentes taxas de aumento de CO₂ atmosférico. Por exemplo, um cenário mais conservador como o Hadley HHGSDX50, que se baseia em um aumento de 0,5%.ano⁻¹ de CO₂ nos próximos 50 anos, e um cenário menos conservador como o Hadley HHGGAX50 que trabalha com um incremento de 1%. ano⁻¹ de CO₂ nos próximos 50 anos

Os resultados desta modelagem serão comparados com aqueles recentemente obtidos por SIQUEIRA & PETERSON (2003) para as áreas de Cerrado.

9.2 MODELAGEM ACOPLADA ATMOSFERA-BIOSFERA-HIDROSFERA

Indícios recentes sugerem a influência do tipo de vegetação e do desmatamento regional no regime de precipitação do Sudeste (NEGRÓN-JUAREZ 2004), e particularmente na Mata Atlântica (WEBB et al. 2004). A relação é na verdade complexa, pois a resposta atmosférica varia com o padrão da circulação de grande escala, o ciclo de vida dos sistemas meteorológicos e a região geográfica. A questão é, resumidamente, como os fluxos superficiais contribuem para a gênese, maturidade e decaimento dos sistemas convectivos e, conseqüentemente, na precipitação. Nessa investigação, surgem as variantes do estado da vegetação, que dependem da variabilidade climática. E, sendo visível que o relatório do IPCC de impactos regionais nas mudanças globais é omissivo sobre o Brasil de forma geral, uma investigação abrangente ainda não foi feita. As ferramentas de estudo apropriadas para este sistema acoplado não-linear são modelos físico-matemáticos da atmosfera e da biosfera, como o SiB2 (*Simple Biosphere Model*, SELLERS et al. 1996) e o modelo atmosférico RAMS (*Regional Atmospheric Model System*, PIELKE et al. 1992), implementados no IAG/USP. Esta ferramenta será utilizada como um integrador dos resultados observacionais e preditor de cenários. Como meta específica espera-se:

- (i) simular um modelo atmosférico regional acoplado biosfera-atmosfera (SiB2-RAMS), revalidado para os biomas do Sudeste e forçado

por condições de fronteira com vários cenários climáticos. Será prescrita, nas simulações, uma combinação de condições de fronteira: a vegetação *circa* 1850 e a vegetação atual, e a variação da resolução da grade (desde 1 km até 10 km); o forçamento nas fronteiras será através de casos climáticos de El Niño, La Niña e de extremos climáticos (2xCO₂).

10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem dúvida, o grande avanço conceitual desta proposta é a abordagem integrada dos distintos níveis de organização da Floresta Ombrófila Densa Atlântica, tendo como objetivo maior compreendermos o funcionamento deste complexo ecossistema. Este é o salto qualitativo que pretendemos dar com este projeto.

Temos plena consciência das dificuldades que encontraremos para que os resultados de cada pesquisador(a) não sejam interpretados somente no contexto de sua linha de pesquisa, um *default* tentador, pois é o que habitualmente fazemos. O grande desafio será interpretar os resultados também de uma forma integrada, visando compreender a contribuição de cada espécie/grupo de espécies, ou de cada etapa dos ciclos elucidada, para o funcionamento do ecossistema como um todo.

A concepção desta proposta deriva das novas interfaces que o Programa BIOTA/FAPESP criou, ao colocar pesquisadores de diferentes áreas interagindo em workshops, simpósios e reuniões de avaliação. Praticamente em todos os relatórios do Scientific Advisory Committee do Programa BIOTA/FAPESP é enfatizada a necessidade de projetos integradores, especialmente para os ecossistemas terrestres. Portanto, este projeto é um desdobramento natural do amadurecimento do Programa.

As estratégias que serão utilizadas para promovermos uma efetiva integração dos resultados incluem a organização de um workshop/simpósio anual com a participação de todos os(as) pesquisadores(as) e alunos(as) vinculados ao projeto; reuniões periódicas entre pesquisadores(as)/alunos(as) de áreas não diretamente correlacionadas; integração das equipes de alunos(as) e pesquisadores(as) no campo, com atividades conjuntas de coleta

de dados; definição de protocolos de uso comum; troca de perguntas científicas entre equipes; disciplinas (teórico-práticas e/ou de campo) conjuntas de pós-graduação, envolvendo dois ou mais pesquisadores(as) do projeto; e intercâmbio de alunos entre os diferentes programas de pós-graduação envolvidos no projeto.

Estamos cientes das dificuldades e dos riscos inerentes a uma proposta deste tipo. Mas, acreditamos que ao aliarmos a experiência adquirida na coordenação do Programa BIOTA/FAPESP, com uma equipe de pesquisadores(as) experientes nas respectivas áreas de atuação, temos uma boa chance de sucesso.

11 - REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, J. D. 2000 Abiotic pollen and pollination: ecological, functional, and evolutionary perspectives. **Plant Systematics and Evolution** 222: 167-185.
- AGOSTINI, K. 2004. **Ecologia da polinização de *Mucuna* sp nov (Fabaceae) no litoral norte de São Paulo, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
- AIDAR, M. P. M. & JOLY, C.A. 2003. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** 26(2): 193-202.
- AIDAR, M.P.M. 2000. **Ecofisiologia das estratégias de utilização de nitrogênio em árvores da floresta neotropical**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- AIDAR, M.P.M., SCHMIDT, S., MOSS, G., STEWART, G.R. & JOLY, C.A. 2003. Nitrogen use strategies in Neotropical rainforest trees. **Plant, Cell and Environment** 26(3) 389 – 400.
- ALFENAS, A.C., PETERS, I., BRUNE, W., PASSADOR, G.C. 1991. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, Editora UFV.
- ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO, C.D.R. 1998 – Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências** 28(2): 135-150

- ALVAREZ-BUYLLA, E. R., AND R. GARCIA-BARRIOS. 1991. Seed and forest dynamics: a theoretical framework and an example from the neotropics. **American Naturalist** 137:133-154
- ALVES DOS SANTOS, I. & WITTMANN, D. 2000 Legitimate pollination of the tristylous flowers of *Eichhornia azurea* (Pontederiaceae) by *Ancyloscelis gigas* bees (Anthophoridae, Apoidea). **Plant Systematics and Evolution** 223: 127-137.
- ALVES DOS SANTOS, I. 1999 Abelhas e plantas melíferas da mata atlântica, restingas e dunas do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia** 43: 191-223.
- ALVES, M.A.O. & CUSTÓDIO, A.V.C. 1989. Citogenética de leguminosas coletadas no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Genética** 12:81-92.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP/APG. 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 85: 531-553.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B & ESTELITA, M.E.M. 2000. Development, structure and distribution of colleters in *Mandevilla illustris* and *M. velutina* (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Botânica** 23:113-120.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & ESTELITA, M.E.M. 1997. Laticifer systems in *Mandevilla illustris* and *M. velutina* (Apocynaceae). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae** 66:301-306.
- ARAÚJO, A. C. & SAZIMA, M. 2003 The assemblage of flowers visited by hummingbirds in the “capões” of southern Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Flora* 198(6): 427-435.
- ARAÚJO, A. C. 1996. Beija-flores e seus recursos florais numa área de planície costeira do litoral norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.
- ARAÚJO, A. C., FISCHER, E. A. & SAZIMA, M. 2004. As bromélias na região do Rio Verde. In *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente físico, flora e fauna.* (O. A. V. Marques & W. Duleba, eds), Holos Editora, Ribeirão Preto, 162-171.

- ARIZMENDI, M. C. & ORNELAS, J. F. 1990 Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. **Biotropica** 22: 172-180.
- ARTAXO, P., LARA, L.B.L.S. & PAULIQUEVIS, T.M. 2003. Dry and wet deposition in Amazonia: from natural biogenic aerosols to biomass burning impacts. **IGAC Newsletter Article**, 12-16.
- ASCENSÃO, L., MOTA, L. & CASTRO, M. de M. 1999. Glandular trichomes on the leaves and flowers of *Plectranthus ornatus*: morphology, distribution and histochemistry. **Annals of Botany** 84:437-447.
- ASSIS, M. A. 1999. **Florística e caracterização das comunidades vegetais da Planície Costeira de Picinguaba, Ubatuba/SP**. Tese de doutoramento, Instituto de Biologia, UNICAMP.
- BANDEL, G. 1974. Chromosome numbers and evolution in the Leguminosae. **Caryologia** 27:17-32.
- BARBOSA, A. A. A. 1997 **Biologia reprodutiva de uma comunidade de campo sujo, Uberlândia, MG**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- BARROSO, G.M., MORIM, M.P., PEIXOTO, A.L. & ICHASO, C.L.F. 1999. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa, Editora UFV.
- BARROSO, G.M., PEIXOTO, A.L., COSTA, C.G., ICHASO, C.L.F., GUIMARÃES, E.F., LIMA, H.C. 1984. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. Viçosa, Imprensa Universitária.
- BASKIN, C.C., BASKIN, J.M. 2001. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. Academic Press, San Diego,
- BELTRÃO, G.T.A. & GUERRA, M. 1990. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - III. **Ciência e Cultura** 42:839-845.
- BENATTI, M.N. 2004. **Micota liquenizada da família Parmeliaceae (Ascomycotina) do litoral Sul do Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo.
- BENCKE, C.S.S. & MORELLATO, L.P.C. 2002. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 25(2): 237-248.

- BENKO-ISEPPON, A.M. 1994. Estudo citotaxonômico preliminar em monocotiledôneas dos campos rupestres brasileiros. In: **VI Congresso Latinoamericano de Botânica**. Mar del Plata, Libro de Resúmenes: 241.
- BENZING, D.H., 1990. **Vascular epiphytes**. Cambridge University Press, Cambridge.
- BERNHARDT, P. 2000 Convergent evolution and adaptive radiation of beetle-pollinated angiosperms. **Plant Systematics and Evolution** 222: 293-320.
- BERENDSE, F. & AERTS, R. 1987 Nitrogen use efficiency: a biologically meaningful definition? **Functional Ecology** 1, 293-296.
- BETTS, A.K., BALL, J.H., BOSILOVICH, M., VITERBO, P., ZHANG, Y.C. & ROSSOW, W.B. 2003. Intercomparison of water and energy budgets for five Mississippi subbasins between ECMWF reanalysis (ERA-40) and NASA Data Assimilation Office fvGCM for 1990-1999. **Journal of Geophysical Research** 108(16):1-12.
- BITTRICH, V. & AMARAL, M. C. E. 1997 Floral biology of some *Clusia* species from Central America. **Kew Bulletin** 52: 617-635.
- BOLIN, B. & COOK, R.B. 1983. **The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions**, SCOPE 21, John Wiley and Sons, New York.
- BORBA, E. L. & SEMIR, J. 1999 Temporal variation in pollinarium size after its removal in species of *Bulbophyllum*: a different mechanism preventing self-pollination in Orchidaceae. **Plant Systematics and Evolution** 217: 197-204.
- BORBA, E. L., FELIX, J. M., SOLFERINI, V. N. & SEMIR, J. 2001 Fly-pollinated *Pleurothallis* (Orchidaceae) species have high genetic variability: evidence from isozyme markers. **American Journal of Botany** 88: 419-428.
- BORBA, E. L., SHEPHERD, G. J. & SEMIR, J. 1999 Reproductive systems and crossing potential in three species of *Bulbophyllum* (Orchidaceae) occurring in Brazilian "campo rupestre" vegetation. **Plant Systematics and Evolution** 217: 205-214.

- BOWLING, D. R., PATAKI, D. E. & EHLERINGER, J. R. 2003. Critical evaluation of micrometeorological methods for measuring ecosystem-atmosphere isotopic exchange of CO₂. **Agricultural and Forest Meteorology**, 116, 159-179
- BRODO, I.M., SHARNOFF, S.D., SHARNOFF, S., 2001. **Lichens of North America**. Yale University Press. New Haven & London.
- BROWER, J.E. & ZAR, J.H. 1984. **Field and laboratory methods for general ecology**. Wm. C. Brown Pub., Dubuque.
- BROWN, K.S. Jr. 1987 **Conclusion, synthesis and alternative hypotheses**. In Biogeography and Quaternary history in Tropical America (Whitmore, T.C. & Prance, G.T. eds), Oxford Science Publications, 175 – 196.
- BUCHMANN, N., GUEHL, J.M., BARIGAH, T. S. & EHLERINGER J.R. 1997. Interseasonal comparison of CO₂ concentrations, isotopic composition and carbon dynamics in an Amazonian rain forest (French Guiana). **Oecologia**, 110, 120-131.
- BURKARD, R., BÜTZBERGER, P. & EUGSTER, W. 2003. Vertical fogwater flux measurements above an elevated forest canopy at the Lägeren research site, Switzerland. **Atmospheric Environment** 37: 2979-2990.
- BUZATO, S., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 1994 Pollination of three species of *Abutilon* (Malvaceae) intermediate between bat and hummingbird flower syndromes. **Flora** 189: 327-334.
- BUZATO, S., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 2000 Hummingbird-pollinated floras at three atlantic forest sites. *Biotropica* 32(b): 824-841.
- CAEMMERER, S. VON & FARQUHAR, G.D. 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta** 153: 376-387.
- CALLAWAY, R.M., BROOKER, R.W., CHOLER, P., KIKVIDZE, Z., LORTIE, C.J., MICHALET, R., PAOLINI, L., PUGNAIRE, F.I., NEWINGHAM, B., ASCHEHOUG, E.T., ARMAS, C., KIKODZE, D. & COOK, B.J. 2002. Positive interactions among alpine plants increase with stress. **Nature** 417: 844-848.

- CANELA, M. B. F. & SAZIMA, M. 2003 *Aechmea pectinata*: a hummingbird-dependent bromeliad with inconspicuous flowers from the rainforest in south-eastern Brazil. **Annals of Botany** 92: 731-737.
- CARMELLO, S.M., MACHADO, S.R. & GREGÓRIO, E.A. 1995. Ultrastructural aspects of the secretory duct development in *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica** 18:95-103.
- CARVALHEIRA, G.M.G., GUERRA, M., SANTOS, G.A., ANDRADE, V.C., FARIAS, M.C.A. 1991. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - IV. **Acta Botânica Brasilica** 5:37-51.
- CASTELLANI, T. T. & STUBBLEBINE, W. H. 1993. Sucessão secundária inicial em mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica** 16: 181-203.
- CASTRO, C. C. & OLIVEIRA, P. E. 2002 Pollination biology of distylous Rubiaceae in the atlantic rain forest, SE Brazil. **Plant Biology** 115: 640-646.
- CASTRO, M. de M., LEITÃO-FILHO, H.F. & MONTEIRO, W.R. 1997. Utilização de estruturas secretoras na identificação dos gêneros de Asteraceae de uma vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 20:163-174.
- CATALDO, D.A., HAROON, M., SCHRADER, L.E. & YOUNGS, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications of Soil Science and Plant Annals** 6:71-80.
- CERRI C.C., VOLKOFF B. & ANDREAUX F. 1991. Nature and behavior of organic-matter in soils under natural forest, and after deforestation, burning and cultivation, near Manaus. **Forest Ecology and Management**. 38 (3-4): 247-257.
- CESAR, O. & MONTEIRO, R. 1995. Florística e fitossociologia de uma floresta de restinga em Picinguaba (Parque Estadual da Serra do Mar), Município de Ubatuba/SP. **Naturalia** 20: 89-105.
- CHADWICK, O.A., DERRY, L.A., VITOUSEK, P.M., HUEBERT, B.J. & HEDIN, L.O. 1999. Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development. **Nature** 397: 491-497.

- CHAMBERS, J. Q., SANTOS, J., RIBEIRO, R. J. & HIGUCHI, N. 2001. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. **Forest Ecology and Management** 152:73-84.
- CHEN, J. SAUNDERS, S.C., CROW, T.R., NAIMAN, R.J., BROSOFSKE, K.D., MROZ, G.D. BROOKSHIRE, B.L. & FRANKLIN, J.F. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. **BioScience** 49:288-297.
- CHUNG, M.G., CHUNG, M.Y., OH, G.S. & EPPERSON, B.K. 2000. Spatial genetic structure in a *Neolitsea sericea* population (Lauraceae). **Heredity** 85:490-495.
- CHUNG, M.Y., EPPERSON, B.K. & CHUNG, M.G. 2003a. Genetic structure of age classes in *Camellia japonica* (Theaceae). **Evolution** 57:62-73.
- CHUNG, M.Y., NASON, J.D., EPPERSON, J.K. & CHUNG, M.G. 2003b. Temporal aspects of the fine-scale genetic structure in a population of *Cinnamomum insularimontanum* (Lauraceae). **Heredity** 90:98-106.
- CIAIS, P., DENNING, A. S., TANS, P. P., BERRY, J. A., RANDALL, D. A., COLLATZ, G. J., SELLERS, P. J., WHITE, J. W. C., TROLIER, M., MEIJER, H. A. J., FRANCEY, R. J., MONFRAY, P. & HEIMANN, M. 1997a. A three-dimensional synthesis study of $\delta^{18}\text{O}$ in atmospheric CO_2 1. Surface fluxes. **Journal of Geophysical Research** 102:5857-5872.
- CIAIS, P., TANS, P. P., DENNING, A. S., FRANCEY, R. J., TROLIER, M., MEIJER, H. A. J., WHITE, J. W. C., BERRY, J. A., RANDALL, D.A., COLLATZ, G.J., SELLERS, P.J., MONFRAY, P. & HEIMANN, M. 1997b. A three-dimensional synthesis study of $\delta^{18}\text{O}$ in atmospheric CO_2 2. Simulations with the TM2 transport model. **Journal of Geophysical Research**. 102: 5873-5883.
- CLARK, D. A., CLARK, D. B., SANDOVAL, R., & CASTRO, M. V. 1995. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain forest palms. **Ecology** 76:2581-2594
- CLARK, D. A., PIPER, S. C., KEELING, C. D. & CLARK, D. B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. **Proceedings of the National Academy of Sciences -USA** 100:5852-5857

- CLARK, D. B. & CLARK, D. A. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management** 137:185-198.
- CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. **Ecological Monographs** 62:315-344.
- CLARK, D.A. & CLARK, D.B. 1999. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. **Ecological Applications** 9:981-997.
- CLARK, D.B., CLARK, D.A. & RICH, P.M. 1993. Comparative analysis of microhabitat utilization by saplings of nine tree species in Neotropical rain forest. **Biotropica** 25: 397-407.
- CLARK, D.B., CLARK, D.A., RICH, P.M., WEISS, S. & OBERBAUER, S.F. 1996. Landscape-scale evaluation of understory light and canopy structure: methods and application in a Neotropical lowland rain forest. **Canadian Journal of Forest Research** 26:747-757.
- CLARK, G. 1973. **Staining procedures**. 3rd ed., Baltimore, The Williams & Wilkins Co.
- COCUCCI, A. A. & VOGEL, S. 2001 Oil-producing flowers of *Sisyrinchium* species (Iridaceae) and their pollinators in southern South America. **Flora** 196: 26-46.
- COLEMAN, J.R. 1982. Chromosome number of some angiosperms collected in the State of São Paulo. **Revista Brasileira de Genética** 5:533-549.
- COLEMAN, J.R. & DE MENEZES, E.M. 1980. Chromosome number in the Leguminosae from the State of São Paulo, Brazil. **Rhodora** 82:475-481.
- COLLET, J.J., OBERHOLZER, B. & STAEHELIN, J. 1993. Cloud chemistry at Mt. Rigi, Switzerland: dependence on drop size and relationship to precipitation chemistry. **Atmospheric Environment** 27 (1): 33-42.
- CORNER, E.J.H. 1976. **The seeds of dicotyledons**. Cambridge, University Press. 2v.
- COSTA, L.G.S. & MANTOVANI, W. 1992. Dinâmica sucessional da floresta mesófila semidecídua em Piracicaba (SP). In: **Simpósio sobre Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas**. Rio de Janeiro, RJ.

- CRAIG, H. & GORDON, L. I. 1965. Deuterium and oxygen – 18 variations in the ocean and the marine atmosphere. In: Torgiogi E. (ed.). **Proc. Conf. on Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures**. Laboratory of Geology and Nuclear Science, Pisa, 9-130.
- CUADRADO, A. & JOUVE, N. 1994. Mapping and organization of highly-repeated DNA sequences by means of simultaneous and sequential FISH and C-banding in 6x-*Triticale*. **Chromosome Research** 2: 231-238.
- CULBERSON, R.S., 1972. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by standardized thin layer chromatographic methods. **Journal of Chromatography** 72: 113-125.
- CUTTER, E.G. 1978. **Plant anatomy. Part I. Cells and tissues**. 2nd ed., London, Edward Arnold.
- DAFNI, A. 1992 **Pollination ecology – A practical approach**. Oxford, IRL Press at Oxford University.
- DAVIDSON, E.A., SAVAGE, K, VERCHOT, LV. & NAVARRO R. 2002. Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. **Agricultural and Forest Meteorology** 113:21-37
- DE MATTOS, E.A. & SCARANO, F.R. (2002) Carbon sequestration: what really matters? A reply to Buckeridge & Aidar. **Biota Neotropica** 2(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v2n2/pt/download?point-of-view+BN01002022002+item>
- DE MATTOS, E.A. 1998. Perspectives on comparative ecophysiology of some Brazilian vegetation types: leaf CO₂ and H₂O gas exchange, chlorophyll a fluorescence and carbon isotope discrimination. In **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics**. (FR Scarano, AC Franco, eds.) Series Oecologia Brasiliensis IV PPGE-UFRJ: Rio de Janeiro 1-13.
- DE MATTOS, E.A., BRAZ, M.I.G., CAVALIN, P.O., ROSADO, B.H.P., GOMES, J.M., MARTINS, L.S.T. & ARRUDA, R.C.O. 2004. Variação espacial e temporal em parâmetros fiseoecológicos de plantas. In **Pesquisas de Longa Duração na Restinga de Jurubatiba: Ecologia, história natural e conservação**. (C.F.D. Rocha, F.A. Esteves & F.R. Scarano, eds). Editora Rima, São Carlos, 99-116.

- DELANEY, M., BROWN, S., LUGO, A.E., TORRES-LEZAMA, A. & QUINTERO, N.B. 1998. The quantity and turnover of dead wood in permanent forest plots in six life zones of Venezuela. **Biotropica** 30:2–11.
- DELOUCHE, J.C., STILL, T.W., RAPED, M. & LIENHARD, M. 1962. The tetrazolium test for seed viability. **Bulletin of the Mississippi Agricultural Experimental Station** 51:1-64.
- DEMMIG-ADAMS, B. 1990. Carotenoids and photoprotection in plants. A role for the xanthophyll zeaxanthin. **Biochemical & Biophysical Acta** 1020: 1-24.
- DÍAZ, S., SYMSTAD, A.J., CHAPIN, F.S. III, WARDLE, D.A. & HUENNEKE, L.F. 2003. Functional diversity revealed by removal experiments. **Trends in Ecology and Evolution** 18:140-146.
- DUNNING, J. S. 1982 **South American land birds**. Pennsylvania, Harrowood Books.
- EFRON, B. & GONG, G. 1983. A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and crossvalidation. **The American Statistician** 37: 36-48.
- EHLERINGER, J. R. & COOK C. S. 1998. Carbon and oxygen isotope ratios of ecosystem respiration along an Oregon conifer transect: preliminary observations based on small-flask sampling. **Tree Physiology** 18:513-519.
- ELIASARO, S. 1992. **Líquens do Gênero Heterodermia (Pyxinaceae - Ascomycotina) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ELIASARO, S. 2001. **Estudio taxonomico y floristico sobre las Parmeliaceae sensu stricto (Ascomycota liquenizadas) del Segundo Planalto del estado de Paraná, Brasil**. Tese de Doutorado, Universidad de Buenos Aires.
- EMBRAPA. 1989. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: normas e critérios para levantamentos pedológicos**. EMBRAPA, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. 1999 **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA Produção de Informação, Brasília

- ENDRESS, P. K. 1994 **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge, Cambridge University Press.
- EPPERSON, B.K. & ALVAREZ-BUYLLA, E.R. 1997. Limited seed dispersal and genetic structure in life stages of *Cecropia obtusifolia*. **Evolution** 51:275-282.
- ERICKSSON, O. & EHRLÉN, J. 1992. Seed and microsite limitation of recruitment in plant population. **Oecologia** 91: 360 – 64.
- ESAU, K. 1977. **Anatomy of seed plants**. 2nd ed., New York, John Wiley & Sons.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1980 **The principles of pollination ecology**. Oxford, Pergamon Press.
- FAHN, A. 1979. **Secretory tissues in plants**. London, Academic Press Inc.
- FAN, S., GLOOR, M., MAHLMAN, J., PACALA, S., SARMIENTO, J., TAKAHASHI, T. & TANS, P. 1998. A large terrestrial carbon sink in north America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. **Science** 82:442-446.
- FAO-UNESCO. 1988. **Soil map of the world**. Revised legend. World Soil Resources Report 60, FAO, Roma.
- FARQUHAR, G. D., EHLERINGER, J. R. & HUBICK, K. T. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review Plant Physiology Molecular Biology**. 40: 503-537
- FELFILI, J.M. 1997. Dynamics of natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. **Forest Ecology and Management** 91: 235-245.
- FESSENDER, J. E., COOK, C.S. & EHLERINGER, J.R. 2002. Rapid ¹⁸O analysis of small sized water samples using a continuous-flow isotope ratio mass spectrometer. **Rapid Communications in Mass Spectrometry** 16:1257-1260.
- FIDALGO, O. & BONONI, V.L.R. 1984. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Instituto de Botânica, São Paulo.
- FIDALGO, O. & BONONI, V.L.R. 1989. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. Série Documentos. Instituto de Botânica. São Paulo.

- FIELD, C.B., MERINO, J. & MOONEY, H.A. 1983. Compromises between water-use efficiency and nitrogen-use efficiency in five species of California evergreens. **Oecologia**, 60, 384-389.
- FISCHER, E. A. 2000. **Polinização por morcegos Glossophaginae versus Phyllosotominae em floresta de terra firme na Amazônia central**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- FLANAGAN, L. B. & EHLERINGER, J. R. 1991. Stable isotope composition of stem and leaf water: applications to the study of plant water use. **Functional Ecology** 5: 270-277
- FLEIG, M. 1997. **Os gêneros *Parmotrema*, *Rimelia* e *Rimeliella* (Lichenes-Ascomycota, Parmeliaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- FORMAN, R.T.T., 1975. Canopy lichens with blue-green algae: a nitrogen source in a Colombian rain forest. **Ecology** 56(5): 1176-1184.
- FORNI-MARTINS, E.R. & GUERRA, M. 1999. Longitudinal differentiation in chromosomes of some *Sesbania* Scop. Species (Fabaceae). **Caryologia** 52 (1-2): 97-103.
- FORNI-MARTINS, E.R. 1984. **Estudos citotaxonômicos no complexo *Phaseolus-Vigna-Macroptilium* (Leguminosae Papilionoideae)**. Tese de Mestrado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas.
- FORNI-MARTINS, E.R., FRANCHI-TANIBATA, M. & LUCENA, M.A.C. 1994. Karyotypes of species of *Sesbania* Scop. **Cytologia** 5: 479-482.
- FORNI-MARTINS, E.R. & MARTINS, F.R. 2000. Chromosome studies on Brazilian *cerrado* plants. **Genetics and Molecular Biology** 23(4): 947-955.
- FORNI-MARTINS, E.R., PINTO-MAGLIO, C.A.F. & CRUZ, N.D. 1992. Biologia da reprodução em plantas de cerrado. **Anais do VIII Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo**:77-82.
- FORNI-MARTINS, E.R., PINTO-MAGLIO, C.A.F. & CRUZ, N.D. 1995. Chromosome numbers in Brazilian cerrado plants. **Revista Brasileira de Genética** 18(2):281-288.

- FOURNIER, L. A. 1971 Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba** 21: 422-423.
- FRANKEL, O.H., BROWN, A.H.D., BURDON, J.J. 1995. **The conservation of plant biodiversity**. Cambridge University Press, Cambridge
- FREITAS, L. & SAZIMA, M. 2001 Nectar features in *Esterhazyia macrodonta*, a hummingbird-pollinated Scrophulariaceae in southeastern Brazil. **Journal of Plant Research** 114: 187-191.
- FREITAS, L. & SAZIMA, M. 2003 Floral biology and pollination mechanisms in two *Viola* species – from nectar to pollen flowers? **Annals of Botany** 91: 311-317.
- FREITAS, L. 2002 **Biologia da polinização em campos de altitude no Parque Nacional da Serra da Bocaina, SP**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- GALETTI, M. LAPS, R. & PIZO, M.A. 2000. Frugivory by toucans (Ramphastidae) at two altitudes in the Atlantic Forest of Brazil. **Biotropica**. 32(b) 842 – 850
- GALETTI, M., ZIPPARRO, V. & MORELLATO, L. P. C. 1999. Fruit phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland Atlantic forest of Brazil. **Ecotropica** 5: 115 – 122.
- GALLOWAY, D.J. 1985. **Flora of New Zealand – lichens**. Wellington. Government Printer.
- GANDOLFI, S. 2000. **História Natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no Município de Campinas (SP)**. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas.
- GANDOLFI, S., LEITÃO FILHO, H.F. & BEZERRA, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia** 55:753-767.
- GENTRY, A. H. 1974 Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica** 6: 64-68.
- GENTRY, A.H. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. **Oikos**. 63: 19-82.

- GERLACH, D. 1969. **Botanische Mikrotechnik: eine Einführung**. Stuttgart, George Thieme.
- GIBBS, P. E., OLIVEIRA, P. E. & BIANCHI, M. B. 1999 Postzygotic control of selfing in *Hymenaea stigonocarpa* (Leguminosae-Caesalpinioideae), a bat-pollinated tree of the Brazilian cerrados. **International Journal of Plant Science** 160: 72-78.
- GITAY, H. & NOBLE, I.R. 1997. What are functional types and how should we seek them? In **Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change** (T.M. Smith, H.H. Shugart & F.I. Woodward, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 3-19.
- GIVNISH, T.J. 1979. On the adaptative significance of leaf form. In **Topics in Plant Population Biology** (O.T. Solbrig, S. Jain, G.B. Johnson & P.H. Raven, eds.). Columbia University Press, New York, 375-407.
- GOLDENBERG, R. & SHEPHERD, G. J. 1998 Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in "cerrado" vegetation. **Plant Systematics and Evolution** 211: 13-29.
- GOTTSBERGER, G. 1996 Floral ecology: report on the years 1992 (1991) to 1994 (1995). **Progress in Botany** 57: 369-415.
- GOULDEN, M.L., MILLER, S.D., ROCHA, H.R., MENTON, M.C. & FREITAS, H.C. 2004. Diel and seasonal patterns of tropical forest CO₂ exchange. **Journal of Ecological Applications** (in press).
- GRACE, J., LLOYD, J., McINTYRE, J., MIRANDA, A. C., MEIR, P., MIRANDA, H. S., NOBRE, C., MONCRIEFF, J., MASSHEDER, J., MALHI, Y., WRIGHT, I. & GASH, J. 1995. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993. **Science** 270:778-780
- GRANTSOU, R. 1989. **Os beija-flores do Brasil**. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura.
- GRIME, J.P. 2001. **Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties**. 2nd ed. John Wiley, New York
- GUERRA, 1985. Cytogenetics of Rutaceae. III. Heterochromatin patterns. **Caryologia** 38: 335-346.

- GUERRA, M. 1983. O uso do Giemsa em citogenética vegetal - comparação entre a coloração simples e o bandeamento. **Ciência e Cultura** 35:190-193.
- GUERRA, M. 1986. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - I. **Revista Brasileira de Genética** 9:21-40.
- GUERRA, M. 1990. A situação da Citotaxonomia de angiospermas nos trópicos e, em particular no Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 4:75-86.
- GUERRA, M. 1984. Cytogenetics of Rutaceae II. Nuclear DNA content. **American Journal of Botany** 37: 219-226.
- GUERRA, M. 1987. Cytogenetics of Rutaceae. IV. Structure and systematic significance of the interphase nuclei. **Cytologia** 52: 213-222.
- GUERRA, M. 1993. Cytogenetics of Rutaceae. V. High chromosomal variability in *Citrus* species revealed by CMA/DAPI staining. **Heredity** 71: 234-241.
- GUERRA, M., SANTOS, K.G.B., SILVA, A.E.B., EHRENDORFER, F. 2000. Heterochromatin banding patterns in Rutaceae-Auranthioideae – a case of parallel chromosomal evolution. **American Journal of Botany** 87(5): 735-747.
- GUEVARA SADA, S. & GÓMEZ-POMPA, A. 1972. Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico. **Journal of the Arnold Arboretum** 53: 312-335.
- GUNN, C.R. 1981. Seeds of Leguminosae. In **Advances in legume systematics**. (R.M. Polhill & P.H. Raven, eds.) Royal Botanic Gardens, Kew, 913-925.
- GUNN, C.R. 1984. Fruits and seeds of genera in the subfamily Mimosoideae (Fabaceae). **United States Department of Agriculture Technical Bulletin** 1681: 1-194.
- HALE, M.E. 1965. A monograph of *Parmelia* subgenus *Amphigymnia*. **Contributions from the United States National Herbarium** 36: 193-358.
- HALE, M.E. 1975. A Revision of the Lichen Genus *Hypotrachyna* (Parmeliaceae) in Tropical America. **Smithsonian Contributions to Botany** 25: 1-73.

- HALE, M.E. 1976a. A Monograph of the Lichen Genus *Pseudoparmelia* Lyngé (Parmeliaceae). **Smithsonian Contributions to Botany** 31: 1-62.
- HALE, M.E. 1976b. A Monograph of the Lichen Genus *Bulbothrix* Hale (Parmeliaceae). **Smithsonian Contributions to Botany** 32: 1-29.
- HALE, M.E. 1987. **How to Know the Lichens**. 2nd ed. WCB/McGraw-Hill. Boston.
- HALE, M.E.Jr., 1983. **Lichen Handbook. A guide to the lichens of eastern North America**. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- HALL, J. B., & SWAINE, M.D. 1980. Seed stocks in Ghanaian forest soils. **Biotropica** 12:256-263.
- HEDIN, L. O., ARMESTO, J.J. & JOHNSON, A. H. 1995. Patterns of nutrient loss from unpolluted, old-growth temperate forests: Evaluation of biogeochemical theory. **Ecology** 76:493-509.
- HEDIN, L.O., VITOUSEK, P.M & MATSON, P.A. 2003. Pathways and implications of nutrient losses during four million years of tropical forest ecosystem development. **Ecology** 84 (9): 2231-2255
- HENRIQUES, R.P.B. & SOUSA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. **Biotropica** 21: 204-209.
- HILL, M.O. & GAUCH, H.G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. **Vegetatio** 42: 47-58.
- HOFSTEDE, R.G.M., DICKINSON, K.J.M., MARK, A.F., 2001. Distribution, abundance and biomass of epiphytic-lianoid communities in a New Zealand lowland *Nothofagus*-podocarp temperate rain forest: tropical comparisons. **Journal of Biogeography** 28(8): 1033- 1049.
- HUBBELL, S.P. & FOSTER, R.B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In **Conservation Biology: the science of scarcity and diversity** (M. Soulé, ed.). Sunderland, Massachusetts, pp. 205-231.
- HUNECK, S. & YOSHIMURA, I., 1996. **Identification of lichen substances**. Springer. Berlin.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO/IPT. 1981 **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Divisão de Minas e Geologia Aplicada/IPT, São Paulo

- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO/IGC. 1990. **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo (escala 1:10.000)**. IGC, São Paulo.
- JENSEN, W.A. 1962. **Botanical histochemistry**. San Francisco, W.H. Freeman.
- JOHANSEN, D.A. 1940. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book.
- JOLY, C.A. & FELIPPE, G.M. 1979. Germinação e fenologia de *Zeyhera digitalis*: um estudo preliminar. **Hoehnea** 8: 35-40
- JOLY, C.A. & CRAWFORD, R.M.M. 1983 - Germination and some aspects of the metabolism of *Chorisia speciosa* St.Hil. seeds under anoxia. **Revista Brasileira de Botânica** 6(2): 85-90
- JOLY, C.A., AIDAR, M.P.M., KLINK, C.A., MCGRATH, D.G., MOREIRA, A. G., MOUTINHO, P., NEPSTAD, D.C., OLIVEIRA, A. A., POTT, A., RODAL, M.J.N. & SAMPAIO, E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for biodiversity conservation. **Ciência e Cultura** 51(5/6):331-348.
- JONES, H.G. 1992. **Plants and Microclimate**, Cambridge University Press, Cambridge.
- JONES, H.G. 1994. **Plants and Microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. 2nd Edition. Cambridge University Press.
- JUDD, W.S., CAMPBELL, C.S., KELLOGG, E.A. & STEVENS, P.F. 1999. **Plant systematics – a phylogenetic approach**. Sunderland: Sinauer Associates.
- JUVIK, J.O., NULLET, D., BANKO, P. & HUGHES, K. 1993. Forest climatology near the tree line in Hawaii. **Agriculture and Forest Meteorology** 66 : 159-172.
- KALISZ, S., NASON, J.D., HANZAWA, F.M., TONSOR, S.J. 2001. Spatial population genetic structure in *Trilium grandiflorum*: the roles of dispersal, mating, history, and selection. **Evolution** 55:1560-1568.
- KARNOVSKY, M.J. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology** 27: 137A-138A.

- KEARNS, C. A. & INOUE, D. W. 1993 **Techniques for pollination biologists**. Niwot, University Press of Colorado.
- KEELING, C. D. 1958. The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. **Geochimica et Cosmochimica Acta** 13: 322-334.
- KEPHART, S.R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. **American Journal of Botany** 77:693-712.
- KNOPS, J.M.H., NASH III, T.H., SCHLESINGER, W.H., 1996. The influence of epiphytic lichens on the nutrient cycling of an oak woodland. **Ecological Monographs** 66 (2): 159-180.
- KNUDSON, L.L., TIBBITTS, T.W. & EDWARDS, G.E. 1977. Measurement of ozone injury by determination of chlorophyll concentration. **Plant Physiology** 60:606-608.
- KREBS, C.J. 1999. **Ecological methodology**. Addison Wesley Longman, Menlo Park.
- KRONKA, F.J.N., NALON, M.A., MATSUKUMA, C.K., PAVÃO, M., YWANE, M.S.S., KANASHIRO, M.M., LIMA, L.M.P.R., PIRES, A.S., SHIDA, C.N., FUKUDA, J.C., GUILLAUMON, J.R., BARBOSA, O., BARRADAS, A.M.F., BORGO, S.C., MONTEIRO, C.H.B., PONTINHAS, A.A.S., ANDRADE, G.G., **JOLY, C. A.**, COUTO, H.T.Z. & BAITELLO, J.B. 2003. O verde em São Paulo. **Pesquisa FAPESP** 91:48-53 + Mapa Suplemento.
- LABORIAU, L.G. & COSTA, J.A.F. 1976. Objetivos e instalações básicas de um laboratório de Fisiologia Vegetal. **Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro.
- LACERDA, M. S. 2001. **Composição florística e estrutura da comunidade arbórea num gradiente altitudinal da Mata Atlântica**. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- LAMBERS, H, CHAPIN III, F.S & PONS, T.L. 1998. **Plant Physiological Ecology**. Springer-Verlag, Berlin.
- LANG, G.E. & KNIGHT, D.H. 1983. Tree growth, mortality, recruitment, and canopy gap formation during a 10-year period in tropical moist forest. **Ecology** 64: 1075-80.

- LANGE, C.A., MATSCHULLAT, J., ZIMMERMANN, F., STERZIK, G. & WIENHAUS, O. 2003. Fog frequency and chemical composition of fog water – a relevant contribution to atmospheric deposition in the eastern Erzgebirge, Germany. **Atmospheric Environment** 37: 3731-3739.
- LARA, L.B.L.S., ARTAXO, P., MARTINELLI, L.A., VICTORIA, R.L., CAMARGO, P.B., KRUSCHE, A., AYERS, G.P., FERRAZ, E.S.B. & BALLESTER, M.V. 2001. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba river basin, Southeast Brazil. **Atmospheric Environment** 35: 4937-4945.
- LEHNER, P. N. 1979 **Handbook of ethological methods**. Garland STPM Press.
- LEMKE, T. O. 1981 Foraging ecology of the long nosed bat, *Glossophaga soricina*, with respect to resource availability. **Ecology** 65: 538-548.
- LICHTENTHALER, H.K. & WELLBURN, A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions** 603(11): 591-592.
- LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., HARTSHORN, G. & PERALTA, R. 1985. Growth rate and age-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology** 1:97-109
- LIENGSIRI, C., YEH, F.C., BOYLE, T.J.B. 1995. Isozyme analysis of a tropical forest tree, *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. **Thailand Forest Ecology and Management** 74:13-22.
- LIN, G. & EHLERINGER J. R. 1997. Carbon isotopic fractionation does not occur during dark respiration in C₃ and C₄ plants. **Plant Physiology** 114:391-394.
- LOBO, P.C. & JOLY, C.A. 1996 - Ecofisiologia da germinação de sementes de *Talauma ovata* St.Hil.(Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. **Revista Brasileira de Botânica** 19(1): 35- 40.
- LOCATELLI, E. & MACHADO, I. C. 1999 Floral biology of *Cereus fernambucensis* : a sphingophilous cactus of restinga. **Bradleya** 17: 86-94.
- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 1998a. Chromosomal studies and evolution in Sapindaceae. **Caryologia** 51(1): 81-93.

- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 1998b. Cytological studies in climbers of a Brazilian forest reserve. **Cytologia** 63: 415-420.
- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 2001. Cytological studies on *Banisteriopsis* C.B. Robinson ex Small and *Heteropterys* Kunth (Malpighiaceae). **Cytologia** 66: 253-259.
- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 2002a. Cytogenetics and evolutive analysis of *Lophanthera* (Malpighiaceae). **Cytologia** 67: 41-45.
- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 2002b. Cytogenetics of twelve species of Malpighiaceae A. Juss. **Caryologia** 55 (4): 367-374.
- LOMBELLO,R.A. & FORNI-MARTINS,E.R. 2003. Malpighiaceae: correlations between habit, fruit type and basic chromosome number. **Acta Botanica Brasilica** 17(2): 171-178.
- LOPES, A. V. 2002 **Polinização por beija-flores em remanescente da mata atlântica pernambucana, nordeste do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- LOPES, A. V., VOGEL, S. & MACHADO, I. C. 2002 Secretory trichomes, a substitutive floral nectar source in *Lundia* A. DC. (Bignoniaceae), a genus lacking a functional disk. **Annals of Botany** 90: 169-174.
- LOREAU, M., NAEEM, S., INCHAUSTI, P., BENGTSSON, J., GRIME, J., HOOPER, D., HUSTON, M., RAFFAELLI, D., SCHMID, B., TILMAN, D. & WARDLE, D. 2001 Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. **Science** 284: 510-514
- LOWMAN, M.D. & WITTMAN, P.K., 1996. Forest canopies: methods, hypotheses, and future directions. **Annual Review of Ecology and Systematics** 27:55-81.
- LUGO, A.E. & BROWN, S. 1992. Tropical forest as sink of atmospheric carbon. **Forest Ecology and Management** 54: 239-255
- MacARTHUR, R. 1972. **Geographical Ecology**. Princeton Univ. Press, Princeton.
- MACHADO, I. C. & SAZIMA, M. 1987 Estudo comparativo da biologia floral de duas espécies invasoras: *Ipomoea hederifolia* e *I. quamoclit* (Convolvulaceae). **Revista Brasileira de Biologia** 47: 425-436.

- MACHADO, I. C. 1990 **Biologia floral de espécies de caatinga no município de Alagoinha (PE)**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- MACHADO, I. C., SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 1997 Bat pollination of the terrestrial herb *Irlbachia alata* (Gentianaceae) in northeastern Brazil. **Plant Systematics and Evolution** 209: 231-237.
- MACHADO, I.C., VOGEL, S. & LOPES, A. V. 2002 Pollination of *Angelonia cornigera* Hook. (Scrophulariaceae) by long-legged, oil-collecting bees in NE Brazil. **Plant Biology** 115: 352-359.
- MACHADO, S.R. & CARMELLO-GUERREIRO, S.M. 2001. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botanica Brasilica** 15:189-195.
- MACHADO, S.R., GREGÓRIO, E.A., YANAGIZAWA, Y. & CARMELLO, S.M. 1995. Ultrastructural aspects of the peltate glandular trichomes of the gynoeceum in *Zeyheria digitalis* (Vell.) Hoehne (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Botânica** 18:197-205.
- MAHY, G., VEKEMANS, X., JACQUEMART, A. & SLOOVER, J., DE. 1997. Allozyme diversity and genetic structure in south-western populations of heather, *Calluna vulgaris*. **New Phytologist** 137:325-334.
- MAJOUBE, M. 1971. Fractionnement en oxygene 18 et en deuterium entre l'eau et sa vapeur. **Journal de Chimie et Physique** 58:1423-1436.
- MALCOLM, W.M. & GALLOWAY, D.J. 1997. **New Zealand Lichens**. Museum of New Zeland Te Papa Tongarewa. Christchurch. 192p.
- MALHI, Y., PHILLIPS, O. L., LLOYD, J., BAKER, T., WRIGHT, J., ALMEIDA, S., ARROYO, L., FREDERIKSEN, T., GRACE, J., HIGUCHI, N., KILLEEN, T., LAURANCE, W. F., LEANO, C., LEWIS, S., MEIR, P., MONTEAGUDO, A., NEILL, D., VARGAS, P. N., PANFIL, S. N., PATINO, S., PITMAN, N., QUESADA, C. A., RUDAS-LL, A., SALOMAO, R., SALESKA, S., SILVA, N., SILVEIRA, M., SOMBROEK, W. G., VALENCIA, R., MARTINEZ, R. V., VIEIRA, I. C. G., & VINCETI, B. 2002b. An international network to monitor the structure, composition and dynamics of Amazonian forests (RAINFOR). **Journal of Vegetation Science** 1:439-450.

- MALHI, Y., MEIR, P. & BROWN, S. 2002a. Forests, carbon and global climate. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A-Mathematical Physical and Engineering Sciences** 360(1797) 1567-1591.
- MARCELLI, M.P. 1998a. Diversidade dos fungos liquenizados no Estado de São Paulo: um diagnóstico. In **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. (Joly, C.A. & Bicudo, C.E.M. eds), Vol. 2 : 25-35. FAPESP, São Paulo.
- MARCELLI, M.P. 1998b. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In **Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications** (Marcelli, M.P. & Seaward, M.R.D. eds.) 25-45. CETESB. São Paulo.
- MARCELLI, M.P., 1987. **Ecologia dos líquens da região sul-sudeste do Brasil, com especial atenção ao de Itanhaém (SP)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MARCELLI, M.P., 1990. Líquens de Restingas e Manguezais da Ilha do Cardoso I. **Anais do II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira (Águas de Lindóia, SP)**. Vol.III: 382 - 392.
- MARCELLI, M.P., 1991. Aspects of the Foliose Lichen Flora of the Central-Southern São Paulo Coast (Brasil). In **Systematics, Conservation, and Ecology of tropical lichens** (Galloway, D.J. ed.) 151-170. Systematics Association Special Volume No. 42. Clarendon Press. Oxford.
- MARCELLI, M.P., 1992. Ecologia Líquênica nos manguezais do Sul- Sudeste Brasileiro. **Bibliotheca Lichenologica** 47: 1-310.
- MARCELLI, M.P., 1993. O Gênero *Pannaria* (Pannariaceae, Líquens) no litoral centro-sul do Estado de São Paulo. - **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. ACIESP** (Serra Negra, SP): 158 - 167.
- MARCELLI, M.P., 1995. Habitat selection of epiphytic lichens on *Rhizophora* mangle in the mangroves of the Itanhaém river, São Paulo, Brazil. In **Flechten Follmann, Contributions to lichenology in Honour of Gerhard Follmann**. (Daniels, F.J.A., Schultz, M. & Peine, J. eds.). 533-541. Geobotanical and Phytotaxonomical Study Group, Botanical Institute, University of Cologne, Cologne.

- MARCELLI, M.P., 2003. **Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Brazil.** http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/brazil_1.htm
- MARCELLI, M.P., PEREIRA, E.C. & IACOMINI, M. 1998. A Bibliography on Brazilian Lichenology. In **Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications** (Marcelli, M.P. & Seaward, M.R.D. eds.) 47-63. CETESB. São Paulo.
- MARGARIS, N., KOEDAN, A. & VOKOU, D. 1982. **Aromatic plants: basic and applied aspects. World crops: production, utilization and description.** v. 7, The Hague, Martinus Nijhoff Publishers.
- MARQUES, M.C.M. & JOLY, C. A. 2000. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botanica Brasilica** 14(1): 113-20.
- MARTIN, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. **The American Midland Naturalist** 3: 513-660.
- MARTIN, F. N. 1959 Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. **Stain Technology** 34: 125-128.
- MARTINELLI, L. A., ALMEIDA, S., BROWN, I. F., MOREIRA, M. Z., VICTORIA, R. L., STERNBERG, L. S. L., FERREIRA, C. A. C. & THOMAS, W.W. 1998. Stable carbon isotope ratio of tree leaves, boles and fine litter in a tropical forest in Rondônia, Brazil, **Oecologia** 114: 170-179.
- MARTINELLI, L.A., PICCOLO, M.C., TOWNSEND, A.R., VITOUSEK, P.M., CUEVAS, E., MCDOWELL, W., ROBERTSON, G.P., SANTOS, O.C. & TRESSEDER, K. 1999. Nitrogen stable isotopic composition of leaves and soil: Tropical versus temperate forests. **Biogeochemistry** 46(1-3): 45-65
- MARTINS, F.R. 1991. **Estrutura de uma floresta mesófila.** Editora UNICAMP, Campinas.
- MASSEY, L.K. & HAMRICK, J.L. 1998. Genetic diversity and population structure of *Yucca filamentosa* (Agavaceae). **American Journal of Botany** 85:340-345.
- MCKEY, D. 1994. Legumes and nitrogen: the evolutionary ecology of nitrogen-demanding lifestyle. In **Advances in Legume Systematics 5: The Nitrogen Factor** (Sprent, J.J. & McKey, D. eds), Royal Botanic Gardens, Kew

- MEDINA, E., & MINCHIN, P. 1980. Stratification of $\delta^{13}\text{C}$ values of leaves in Amazonian rainforests. **Oecologia** 45: 355-378.
- MEDINA, D.M. & CONAGIN, C.H.T.M. 1964. **Técnica citológica** Publicação n. 2610. Instituto Agronômico, Campinas.
- MEHRA, P.N. 1972. Cytogenetical evolution of hardwoods. **The Nucleus** 15:64-83.
- MEINZER, F.C., GOLDSTEIN, G. & GRANTZ, D.A. 1990. Carbon isotope discrimination in coffee genotypes grown under limited water supply. **Plant Physiology** 92: 130-135.
- METZGER, J.P., BERNACCI, L.C. & GOLDENBERG, R. 1997. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). **Plant Ecology** 133: 135-152.
- MIRANDA, A. C. , MIRANDA H. S. , LLOYD J. , GRACE , J., FRANCEY, R. J., MCINTYRE, J. A. , MEIR, P. , RIGGAN, P. , LOCKWOOD, R. & BRASS, J. 1997. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: an analysis using eddy covariance and stable isotopes. **Plant, Cell and Environment** 20:315-328.
- MONTEIRO, W.R., CASTRO, M. de M., FAHN, A., CALDEIRA, W. 1995. Observations on the development of the foliar secretory cavities of *Porophyllum lanceolatum* (Asteraceae). **Nordic Journal of Botany** 15 (1): 69-76.
- MONTEIRO, W.R., CALDEIRA, W., CASTRO, M. de M., MAHLBERG, P.G. & CRUZ, M.V. 2003. Ultrastructural observations on foliar glandular trichomes of *Stevia rebaudiana*. **South African Journal of Botany** 69(4):489-499.
- MONTEIRO, W.R., CASTRO, M. de M., MAZZONI-VIVEIROS, S.C. & MAHLBERG, P.G. 2001. Development and some histochemical aspects of foliar glandular trichomes of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bert. – Asteraceae. **Revista Brasileira de Botânica** 24:349-357.
- MONTEIRO, W.R., FAHN, A., CALDEIRA, W. & CASTRO, M. de M. 1999. Ultrastructural observations on the foliar secretory cavities of *Porophyllum lanceolatum* DC. (Asteraceae). **Flora** 194:113-126.

- MORAES, P.L.R. & DERBYSHIRE, M.T.V.C. 2004. Estrutura genética de populações naturais de *Cryptocarya moschata* Nees (Lauraceae) na Mata Atlântica do sudeste brasileiro. **Biota Neotropica** 4(1) <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/fullpaper?bn00404012004+en>
- MORAES, P.L.R., MONTEIRO, R., VENCOVSKY, R. 2002. Genetic differentiation and diversity of natural populations of *Cryptocarya* spp. (Lauraceae) from the Brazilian Atlantic rain forest. **Lundiana** 3:99-109.
- MORELLATO, L.P.C., TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.C., ROMERA, E.C. & ZIPPARRO, V.B. 2000. phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. *Biotropica*. 32(b): 811-823.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. **Aims and methods for vegetation ecology**. J. Wiley & Sons, New York.
- MURREN, C.J. 2003. Spatial and demographic population genetic structure in *Catsetum viridiflavum* across a human-disturbed habitat. **Journal of Evolutionary Biology** 16:333-342.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A, MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G. A B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:852-858.
- NAEEM, S. 2003. Models of ecosystem reliability and their implications for the question of expendability. *In The importance of species: perspectives on expendability and triage* (P. Kareiva & S. A. Levin, eds.). Princeton: Princeton University Press, 109-139.
- NASH, T.H., III, & GRIES, C. 1991. Lichens as indicators of air pollution. *In The Handbook of Environmental Chemistry. Vol.4 Part C* (Hutzinger, O. ed.) Springer-Verlag, Berlin.
- NEFF, J.C., TOWNSEND, A.R, GLEIXNER, G., LEHMAN, S.J., TURNBULL, J. & BOWMAN, W.D. 2002. Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. **Nature** 419:915-917.
- NEGRÓN-JUAREZ, R. I., 2004. **Variabilidade climática regional e controle da vegetação no Sudeste do Brasil: um estudo de observações sobre Cerrado e Cana-de-açúcar e de modelagem numérica da atmosfera**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo

- NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W. & BAKER, H. G. 1994 A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 26: 141-159.
- NG, F.S.P. 1978. Strategies of establishment in Malayan forest trees. In **Tropical trees as living systems** (P.B. Tomlinson & M.H. Zimmermann, eds.) Cambridge University Press. Cambridge
- NOBEL, P.S. 1991. **Physicochemical and environmental plant physiology**. Academic Press, New York.
- O'BRIEN, T.P., FEDER, N. & McCULLY, M.E. 1964. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma** 59: 368-373.
- OHASHI, K. & YAHARA, T. 2001. Behavioral responses of pollinators to variation in floral display size and their influences on the evolution of floral traits. In **Cognitive ecology of pollination: animal behavior and floral evolution** (Chittka, L. & Thomson, J. D. ,eds.) Cambridge, Cambridge University Press, 274-296.
- OKAMOTO, J.M. & JOLY, C.A. 2000 - Ecophysiology and respiratory metabolism during the germination of *Inga sessilis* (Vell.) Mart. (Mimosaceae) seeds subjected to hypoxia and anoxia. **Revista Brasileira de Botânica** 23(1): 51-57
- OLIVEIRA FILHO, A T. & FONTES, M.A. L. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810
- OLIVEIRA, A.L.P.C. 1992. **Evolução cariotípica no gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- OLIVEIRA, P. E. & GIBBS, P. E. 2000 Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora** 195: 311-329.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., CAMISÃO-NETO, A.A. & VOLPATO, M.M.L. 1996. Structure and dispersion of four tree populations in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. **Biotropica** 28: 762-769.
- OMETTO, J. P. H. B., FLANAGAN, L. B., MARTINELLI, L. A. MOREIRA, M. Z., HIGUCHI, N., & EHLERINGER, J. R. 2002. Carbon Isotope discrimination in forest and pasture ecosystems of the Amazon Basin, Brazil. **Global Biogeochemical Cycles** 16(4) 1029-1109.

- OMETTO, J.P.H.B., FLANAGAN, L., MARTINELLI, L. A. & EHLERINGER, J. R. Oxygen isotope ratios of CO₂ fluxing between forest and pasture ecosystem of the Amazon Basin, Brazil. **Ecological Applications** (no prelo).
- PASSOS, F. C., SILVA, W. R., PEDRO, W. A. & BONIN, M. R. 2003. Frugivory in bats (Mammalia, Chiroptera) at the Intervales State Park, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(3): 511-517
- PATAKI, D. E., EHLERINGER, J. R., FLANAGAN, L. B., YAKIR, D., BOWLING, D. R., STILL, C. J., BUCHMANN, L., KAPLAN, J. O. & BERRY, J. A. 2003. The Application and Interpretation of Keeling Plots in terrestrial carbon cycle research. **Global Biogeochemical Cycle**. 17(1):1022-1029.
- PEAKALL, E. & SMOUSE, P.E. 2001. GenAlEx V5: Genetic Analysis in Excel. **Population genetic software for teaching and research**. Australian National University, Canberra. <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlEx/>
- PEARSON, T. R. H., BURSLEM, D.F.R.P., MULLINS, C.E. & DALLING, J.W. 2003a Functional significance of photoblastic germination in neotropical pioneer trees: a seed's eye view. **Functional Ecology** 17(3): 394-402.
- PEARSON, T.R.H., BURSLEM, D.F.R.P., GOERIZ, R.E. & DALLING, J.W. 2003b. Interactions of gap size and herbivory on establishment, growth and survival of three species of neotropical pioneer trees. **Journal of Ecology** 91, 785-796
- PEIXOTO, A.L., ROSA, M.M.T. & JOELS, L.C.M. 1995. Diagramas de perfil e de cobertura de um trecho da floresta de tabuleiro na reserva florestal de linhares (Espírito Santo, Brasil). **Acta Botanica Brasilica** 9:177-194.
- PERRY, D. R. & WILLIAMS, J. 1981 The tropical rain forest canopy: a method providing total access. **Biotropica** 13: 283-285.
- PETERSON, A. T. & COHOON, K. C. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographical data completeness. **Ecological Modelling** 117: 159-164.
- PETERSON, A. T. & VIEGLAIS, D. A.. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. **BioScience** 51:363-371.

- PETERSON, A. T. 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. **Condor**, 103: 599-605.
- PETERSON, A. T., SOBERÓN, J. & SÁNCHEZ-CORDERO, V. 1999. Conservation of ecological niches in evolutionary time. **Science** 285: 1265-1267.
- PETERSON, A. T., STOCKWELL, D. R. B. & KLUZA, D. A. 2002. Distributional prediction based on ecological niche modeling of primary occurrence data. In **Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy** (J. M. Scott, P. J. Heglund & M. L. Morrison, eds.), Island Press, Washington, p. 617-623.
- PHILLIPS, O. L., MALHI, Y., HIGUCHI, N., LAURANCE, W. F., NUNEZ, P. V., VASQUEZ, R. M., LAURANCE, S. G., FERREIRA, L. V., STERN, M., BROWN, S. & GRACE, J. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plots. **Science** 282:439-442
- PHILLIPS, O. L., MALHI, Y., VINCETI, B., BAKER, T., LEWIS, S. L., HIGUCHI, N., LAURANCE, W. F., VARGAS, P. N., MARTINEZ, R. V., LAURANCE, S., FERREIRA, L. V., STERN, M., BROWN, S. & GRACE, J. 2002. Changes in growth of tropical forests: evaluating potential biases. **Ecological Applications** 12:576-587.
- PIELKE, R.A., COTTON, W., WALKO, R., TREMBACK, C., LYONS, W., GRASSO, L.D., NICHOLLS, M., MORAN, M., WESTLEY, D., LEE, T. & COPELAND, E. J. 1992. A comprehensive meteorological modeling system - RAMS. **Meteorology and Atmospheric Physics** 49: 69-91.
- PILLAR, V. D. 1999. On the identification of optimal plant functional types. **Journal of Vegetation Science** 10: 631-640.
- PILLAR, V. D & SOSINSKI JR, E. 2003. An improved method for searching plant functional types by numerical analysis. **Journal of Vegetation Science** 14:323-332.
- PIMENTEL-GOMES, F.A. 1984. **Estatística moderna na pesquisa agropecuária**. Potafos. Piracicaba.
- PIZO, M.A. 1996. Feeding ecology of two *Cacicus* species (Emberizidae, Icterinae). Ararajuba. 4(2) 87 – 92

- POLHILL, R.M. & RAVEN, P.H. 1981. **Advances in legume systematics**. Part 1, Royal Botanical Gardens, Kew..
- POMBAL, E. C. P. & MORELLATO, L. P. C. 2000 Differentiation of floral color and odor in two fly pollinated species of *Metrodorea* (Rutaceae) from Brazil. **Plant Systematics and Evolution** 221: 141-156.
- PONÇANO, W.L., CARNEIRO, C.D.R., BISTRICHI, C. A, ALMEIDA, F.F.M. & PRADINI, F.L. 1981. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**, v.1. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- PRIMACK, R. B., ASHTON, P. S., CHAI, P., & LEE, H. S. 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, East Malaysia. **Ecology** 66, 577-588
- RADFORD, A. E., DICKINSON, W. C., MASSEY, J. R. & Bell, C. R. 1974 **Vascular plant systematics**. New York, Harper & Row Publishers.
- RAMANATHAN, V., CRUTZEN, P. J., KIEHL, J. T., & ROSENFELD, D. 2001. Aerosol, climate, and the hydrological cycle. **Science** 294: 2119–2124
- RAVEN, P. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: Cytology. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 62:724-764.
- RAYMOND, M. & ROUSSET, F. 1995. GENEPOP (Version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. **Journal of Heredity** 86:248-249.
- REICH, P.B., WALTERS, M.B. & ELLSWORTH, D.S. (1992) Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. **Ecological Monographs** 63(3): 365-392.
- REYNOLDS, E.S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. **Journal of Cell Biology** 17: 208.
- RIBBENS, E., SILANDER, J.A. & PACALA, S. 1994. Seedling recruitment in forests: calibrating models to predict patterns of tree seedling dispersion. **Ecology**. 75(6): 1794-1806.
- RIBEIRO, C.H. 1998. **A família Parmeliaceae (Ascomycota liquenizados) em regiões montanhosas dos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.

- RICE, A.H., PYLE, E.H., SALESKA, S.R., HUTYRA, L., PALACE, M., KELLER, M., CAMARGO, P.B., PORTILHO, K., MARQUES, D.F. & WOFSY, S.C. **(In Press)**. Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth amazonian forest. *Ecological Applications, LBA Special Issue*.
- RICH, P.M. 1990. Characterizing plant canopies with hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology** 65:107-127.
- RIO, M.C.S. do, CASTRO, M. de M. & KINOSHITA, L.S. 2002. Distribuição e caracterização anatômica dos coléteres foliares de *Prestonia coalita* (Vell.) Woodson (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Botânica** 25:339-349.
- RITCHEY, J.E., MELACK, J., AUFDENKAMPE, A., BALLESTER, V. & HESS, L. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. **Nature** 416: 617
- RIZZINI, C. T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2ª edição, Ambito Cultural Edições Ltda
- ROCHA, H.R., NOBRE, C.A., BONATTI, J.P., WRIGTH, I.R. & SELLERS, P.J. 1996. A vegetation-atmospheric interaction study for Amazonian deforestation using field data and a single column model. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society** 122 :567-598.
- ROCHA, H. R., FREITAS, H. C., DIAS, M. A. F. S., LIGO, M. A., CABRAL, O. M. R., TANNUS, R. N., ROSOLEM, R. 2002. Measurements of CO₂ exchange over a woodland savanna (Cerrado *Sensu stricto*) in southeast Brasil. **Biota Neotropica** 2(1): www.biotaneotropica.org.br/v2n1/pt/download?article+BN01702012002+item
- ROCHA, H.R., M.L. GOULDEN, M.L., MILLER, S.D, MENTON, M.C, PINTO, L.D.V.O., FREITAS, H.C. & FIGUEIRA, A.M.S. 2003. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. **Journal of Ecological Applications**, (in press).
- ROCHA, O.J. & LOBO, J.A. 1998. Genetic diversity and outcrossing rates in the guanacaste tree (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq.) in the dry forests of Costa Rica. In **Recent Advances in Biotechnology for Tree Conservation and Management, Proceedings of an IFS Workshop**. International Foundation for Science, Stockholm, 65-81.

- RODERICK, M.L., BERRY, S.L., NOBLE, I.R. & FARQUHAR, G.D. 1999. A theoretical approach to linking the composition and morphology with the function of leaves. **Functional Ecology** 13: 683-695.
- RODRIGUES, R.R. & SHEPHERD, G.J. 2000. Fatores condicionadores de matas ciliares. In **Matas Ciliares: uma abordagem multidisciplinar** (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão-Filho, eds.). EDUSP, São Paulo, p.101-108.
- RODRIGUES, R.R. 1992 Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação num gradiente altitudinal da serra do Japi, Jundiaí, SP. In **História Natural da Serra do Japi**. (L.P.C. Morellato, ed.). Editora da UNICAMP, Campinas, p.64-97.
- RODRIGUEZ, E., HEALEY, P.L. & MEHTA, I. 1984 **Biology and chemistry of plant trichomes**. New York, Plenum Press
- ROUBIK, D. W. 2000 Deceptive orchids with Meliponini as pollinators. **Plant Systematics and Evolution** 222: 271-279.
- SALESKA, S.R., MILLER, S.D., MATROSS, D.M., GOULDEN, M.L., WOFSY, S.C., ROCHA, H.R., CAMARGO P.B., CRILL, P., DAUBE, B.C., FREITAS, H.C., HUTYRA, L., KELLER, M., KIRCHOFF, M.M., MUNGER, J.W., PYLE, E.H., RICE, A.H. & SILVA, H. 2003. Carbon in Amazon forests: unexpected seasonal fluxes and disturbance-induced losses. **Science** 302: 1554-1557
- SALIS, S.M., SHEPHERD, G.J. & JOLY, C.A. 1995. Floristic comparison between mesophytic forests of the interior of the state of São Paulo, S.E. Brazil. **Vegetatio** 119:155-164
- SAN MARTIN-GAJARDO, I. & FREITAS, L. 1999 Hummingbird pollination in *Besleria longimucronata* Hoehne (Gesneriaceae) in southeastern Brazil. **Biociências** 7: 13-24.
- SANCHEZ, M. 1994. **Florística e fitossociologia da vegetação arbórea nas margens do rio da Fazenda (Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Picinguaba), Ubatuba/SP**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- SANTIAGO, L.S., KITAJIMA, K., WRIGHT, S.J. & MULKEY, S.S. 2004. Coordinated changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. **Oecologia** 139: 495-502

- SANTOS, F.A.M., RODRIGUES, R.R., TAMASHIRO, J.V.E. & SHEPHERD, G.J. 1998. The dynamics of tree populations in a semideciduous forest at Santa Genebra reserve, Campinas, SE, Brazil. **Supplement to Bulletin of the Ecological Society of America** 77: 389.
- SASS, J.E. 1951. Botanical microtechnique. Ames, Iowa State University.
- SAZIMA, M., & SAZIMA, I. 1999 The perching bird *Coereba flaveola* as a co-pollinator of bromeliad flowers in southeastern Brazil. **Canadian Journal of Zoology** 77: 47-51.
- SAZIMA, M. & SAZIMA, I. 1989 Oil-gathering bees visit flowers of eglandular morphs of the oil-producing Malpighiaceae. **Botanica Acta** 102: 106-111.
- SAZIMA, M., BUZATO, S. & SAZIMA, I. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic forest sites in Brazil. **Annals of Botany** 83(6): 705-712.
- SAZIMA, M., BUZATO, S. & SAZIMA, I. 2003 *Dysochroma viridiflorum* (Solanaceae): a reproductively bat-dependent epiphyte from the atlantic rainforest in Brazil. **Annals of Botany** 92: 725-730.
- SAZIMA, M., SAZIMA, I. & BUZATO, S. 1994 Nectar by day and night: *Siphocampylus sulfureus* (Lobeliaceae) pollinated by hummingbirds and bats. **Plant Systematics and Evolution** 191: 236-247.
- SAZIMA, M., VOGEL, S., PRADO, A. L., OLIVEIRA, D. M., FRANZ, G. & SAZIMA, I. 2001 The sweet jelly of *Combretum lanceolatum* flowers (Combretaceae): a cornucopia resource for bird pollinators in the Pantanal, western Brazil. **Plant Systematics and Evolution** 227: 195-208.
- SCARANO F.R & CRAWFORD R.M.M. 1992. Ontogeny and the concept of anoxia-tolerance: the case of the Amazonian leguminous tree *Parkia pendula*. **Journal of Tropical Ecology** 8: 349-352
- SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany** 90: 517-524.

- SCARANO, F.R., RIOS, R.I. & ESTEVES, F.A. 1998. Tree species richness, diversity and flooding regime: case studies of recuperation after anthropic impact in Brazilian flood-prone forests. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences** 24: 223-235.
- SCARANO, F.R., DUARTE, H.M., RIBEIRO, K.T., RODRIGUES, P.J.F.P., BARCELLOS, E.M.B., FRANCO, A.C., BRULFERT, J., DELÉENS, E. & LÜTTGE, U. 2001. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographical distribution to ecophysiological parameters. **Botanical Journal of the Linnean Society** 136: 345-364.
- SCHLINDWEIN, C. & MARTINS, C. F. 2000 Competition between the oligolectic bee *Ptilothrix plumata* (Anthophoridae) and the flower closing beetle *Pristimerus calcaratus* (Curculionidae) for floral resources of *Pavonia cancellata* (Malvaceae). **Plant Systematics and Evolution** 224: 183-194.
- SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., BRADSTREET, E.D. & HEMMINGSEN, E.A. 1965. Sap pressure in vascular plants. Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. **Science** 148 : 339-346.
- SCHROEDER, P. 1992. Storage potencial of C in short rotation of tropical tree plantations. **Forest Ecology and Management** 50(1/2):31-41
- SCHWARZACHER, T., AMBROS,P., SCHWEIZER,D. 1980. Application of Giemsa banding to orchid karyotype analysis. **Plant Systematics and Evolution** 134:293-297.
- SCHWEIZER, D. 1980. Fluorescent chromosome banding in plants: Applications, mechanisms and implications for chromosome structure. In **The Plant Genome** (D.R. Davis & D.A. Hopwood, eds.). The John Innes Charity, Norwich.
- SELLERS, P.J., RANDALL, D., COLLATZ, C., BERRY, J., FIELD, C., DALZICH, D., ZHANG, C. & COLLELO, G. 1996. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs, Part I: Model formulation. **Journal of Climate**, 9, 676-705.
- SETZER, J. 1966. **Atlas climatológico do estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Paraguai. CESP, São Paulo
- SHEIL, D., BURSLEM, D. F. R. P. & ALDER, D. 1995. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology** 83:331-333.

- SHEPHERD, G.J. 1994. FITOPAC I. **Manual do usuário**. UNICAMP, Campinas.
- SHUGART, H.H. 1984. **A theory of forest dynamics**. New York: Springer.
- SHUGART, H.H. 1997. Plant and ecosystem functional types. In **Plant functional types: their relevance to ecosystem properties and global change** (T.M.Smith, H.H. Shugart & F.I.Woodward, eds.).Cambridge University Press, Cambridge, pp. 20-43.
- SILVA, F. 1985 **Guia para determinação de morcegos: Rio Grande do Sul**. Martins Livreiro –Editor, Porto Alegre.
- SILVA-MATOS, D.M., FRECKLETON, R. & WATKINSON, A.R. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. **Ecology** 80: 2635-2650.
- SINGER, RB. & SAZIMA, M. 1999. The pollination mechanism in the *Pelexia* alliance (Orchidaceae: Spiranthinae). **Botanical Journal of the Linnean Society** 131:249 - 262
- SINGER, R. B. & SAZIMA, M. 2001 Flower morphology and pollination mechanism in three sympatric Goodyerinae orchids from southeastern Brazil. **Annals of Botany** 88: 989-997.
- SINGER, R. B. & SAZIMA, M. 2004. Abelhas euglossini como polinizadoras de orquídeas na região de Picinguaba. In **Orquídeas no Brasil: uma compilação científica** (F. Barros e G Kerbauy eds.) (no prelo)
- SIQUEIRA, M.F. & PETERSON, A. T. 2003. Consequences of global climate changes for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotropica** 3(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/fullpaper?bn00803022003+en>
- SMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. 1996. **Atlas das Unidades de Conservação do Estado de São Paulo. Parte 1. Litoral**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente & CESP
- SMITH, T.M., SHUGART, H.H. & WOODWARD, F.I. 1997. **Plant functional types**. Cambridge: Cambridge University Press.
- SMOUSE, P.E. & PEAKALL, R. 1999. Spatial autocorrelation analysis of individual multiallele and multilocus genetic structure. **Heredity** 82:561-573.

- SNOW, D. W. & SNOW, B. K. 1986 Feeding ecology of hummingbirds in the Serra do Mar, southeastern Brazil. **El Hornero** 12: 289-296.
- SOARES, M.M., GUERRA, M. & GALINDO, F. 1988. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - II. **Ciência e Cultura** 40:780-786.
- SOBRADO, M.A., & J.R. EHLERINGER. 1997. Leaf carbon isotope ratios from a tropical dry forest in Venezuela. **Flora** 192:121-124.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed. New York: W.H. Freeman.
- SOLLINS P. 1998. Factors influencing species composition in tropical lowland rain forest: does soil matter? **Ecology** 79: 23-30, 1998
- SONG, G., HONG, D.Y., WANG, H.Q., LIU, Z.Y., ZHANG, C.M. 1998. Population genetic structure and conservation of an endangered conifer, *Cathaya argyrophylla* (Pinaceae). **International Journal of Plant Sciences** 159:351-357.
- SOS MATA ATLÂNTICA. 1993. **Evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados do domínio da Mata Atlântica no período 1985-1990**. São Paulo. Fundação SOS Mata Atlântica & Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- SOUZA, A.F., MARTINS, F.R. & BERNACCI, L.C. 2003. Clonal growth and reproductive strategies of the understory tropical palm *Geonoma brevispatha*: an ontogenetic approach. **Canadian Journal of Botany** 81: 101-12.
- SOUZA, M.G.C. 2000. **Citogenética de Leguminosae da Amazônia Oriental, Pará**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SPRENT, J.I. 2001. **Nodulation in legumes**. Royal Botanic Gardens, Kew.
- STEIN, B. A. 1992 Sicklebill hummingbirds, ants and flowers. **BioScience** 42: 27-33.
- STEWART, G.R., PATE, J.S. & UNKOVICH, M. 1993. Characteristics of inorganic nitrogen assimilation of plants in fire-prone Mediterranean type vegetation. **Plant, Cell and Environment** 16:351-363.

- STEWART, G.R., POPP, M., HOLZAPFEL, I., STEWART, J.I. & DICKIE-ESKEW, A. 1986. Localization of nitrate reduction in ferns and its relationship to environment and physiological characteristics. **New Phytologist** 104:373-384
- STILES, F. G. 1978 Temporal organization of flowering among the hummingbird foodplants of a tropical wet forest. **Biotropica** 10: 194-210.
- STOCKWELL, D. R. B. & NOBLE, I. R., 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. **Mathematics and Computer Simulation** 33: 385-390.
- STOCKWELL, D. R. B. & PETERS, D. P. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. **International Journal of Geographic Information Science** 13: 143-158.
- STOCKWELL, D. R. B. 1999. Genetic algorithms II. In A. H. Fielding, ed. **Machine learning methods for ecological applications**. Kluwer Academic Publishers, Boston, p. 123-144
- SWAINE, M. D. & LIEBERMAN, D. 1987. Note on the calculation of mortality rates. **Journal of Tropical Ecology** 3: ii-iii
- SWINSCOW, T.D.V. & KROG, H. 1988. **Macrolichens of East Africa**. British Museum of Natural History. London. 390p.
- TABANEZ, A. J., VIANA, V. M. & DIAS, A. de S. 1997. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Biologia**: 57:47-60.
- TABARELLI, M. & MANTOVANI, W. 1999. A riqueza das espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo (Brasil). **Revista Brasileira de Botânica**. 22 (2) 217-233.
- TABARELLI, M., VILLANI, J. P. & MANTOVANI, W. 1994. Estudo comparativo da vegetação de dois trechos de floresta secundária no Núcleo Santa Virginia/SP. **Revista do Instituto Florestal** 6 (1): 1 – 11.
- TAKASHIMA, T., HIKOSAKA, K. & T. HIROSE. 2004. Photosynthesis or persistence: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduous *Quercus* species. **Plant, Cell & Environment** 27(8): 1047-1054.
- TANNER E.V.J., VITOUSEK, P.M. & CUEVAS E. 1998. Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains. **Ecology** 79: 10-22

- TER BRAAK, C.J.F. 1988. **CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis (version 2.1)**. Technical report, Wageningen, TNO-Institute of Applied Computer, Science.
- TILMAN, D. & LEHMAN, C. 2001. Biodiversity, composition and ecosystem processes: theory and concepts. In **The functional consequences of biodiversity: empirical progress and theoretical extensions** (A.P. Kinzig, S.W. Pacala & D. Tilman, eds.). Princeton: Princeton University Press, 9-41.
- TILMAN, D. 1988. **Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities**. Princeton University Press, Princeton.
- TORRES, R. B., MARTINS, F. R. & KINOSHITA, L. S. 1997. Climate, soil and tree flora relationships in forests in the state of São Paulo, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 20 (1): 41-49.
- TROLIER, M., WHITE, J.W.C., TANS, P.P., MASARIE, K.A. & GEMERY, P.A. 1996. Monitoring the isotopic composition of atmospheric CO₂: Measurements from the NOAA Global Air Sampling Network. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres** 101 (D20): 25897-25916.
- TURNBULL, M.H. & YATES, D.J. 1993. Seasonal variation in red/far-red ratio and photon flux density in an Australian sub-tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology** 64:111-127.
- VAINIO, E.A. 1890a. Étude sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil, pars prima. **Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica** 7(1): i-xxix, 1-247.
- VAINIO, E.A. 1890b. Étude sur la classification naturelle et la morphologie des lichens du Brésil, pars secunda. **Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica** 7(2): 1-256.
- VALIO, I.F.M. & JOLY, C.A. 1979. Light sensitivity of the seeds on the distribution of *Cecropia glaziovii* Snethlage (Moraceae). **Zeitschrift Pflanzenphysiologie** 91: 371-76.
- VALIO, I.F.M. & SCARPA, F.M. 2001. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. **Revista Brasileira de Botânica** 24(1): 79-84.

- VAN KOOTEN, O. & SNEL, J.F.H. 1990. The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. **Photosynthesis Research** 25: 147-150.
- VAN WAGNER, C.E. 1968. The line-intersect method in forest fuel sampling. **Forest Science** 14: 20–26
- VARASSIN, I. G. 2002 **Estrutura espacial e temporal de uma comunidade de Bromeliaceae e seus polinizadores em floresta atlântica no sudeste do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.
- VARASSIN, I. G., TRIGO, J. R. & SAZIMA, M. 2001 The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil. **Botanical Journal of the Linnean Society** 136: 139-152.
- VÁZQUEZ-YANES, C.R. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1990. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia** 83: 171 – 175.
- VÁZQUEZ-YANES, C.R. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecological Systematics** 24: 69-87.
- VELOSO, H. P. & KLEIN, R. M. 1968 As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. V - Agrupamentos arbóreos da encosta catarinense, situados em sua parte norte. **Sellowia** 20: 53-126.
- VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- VIANA, V. M. & TABANEZ, A. A. J. 1996. Biology and conservation of forest fragments in the brazilian atlantic moist forest. In **Forest Patches in Tropical Landscapes** (J. Schellas, & R. Greenberg, eds.). Island Press, Washington, 151-167.
- VICENTINI, A. & FISCHER, E. A. 1999 Pollination of *Moronobea coccinea* (Clusiaceae) by the Golden-Winged parakeet in the Central Amazon. **Biotropica** 31: 692-696.
- VICTOR, M. A. M. 1977. **A Devastação Florestal**. São Paulo, UNIPRESS, Sociedade Brasileira de Silvicultura.

- VIEIRA, E.M., PIZO, M. A. & IZAR, P. 2003. Fruit and seed exploitation by small rodents of the Brazilian Atlantic forest. *Mammalia* 67(4):
- VIEIRA, S.A. 2003. **Mudanças globais e taxa de crescimento arbóreo na Amazônia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo
- VIEIRA, M.L.C. 1988. **Estudo citotaxonômico de espécies brasileiras do gênero *Stylosanthes* Sw.** Tese de Mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VITOUSEK, P. M., CASSMAN, K., CLEVELAND, C., CREWS, T., FIELD, C. B., GRIMM, N. B., HOWARTH, R. W., MARTINELLI, L. A., MARINO, R., RASTETTER, E. B., SPRENT, J. 2000. Towards an ecological understanding of biological nitrogen fixation. ***Biogeochemistry*** 48: 1-45.
- VITOUSEK, P. M., ABER, J. D., HOWARTH, R. W., LIKENS, G. E., MATSON, P. A., SCHINDLER, D. W., SCHLESINGER, W. H. & TILMAN, D. G. 1997. Human alteration of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. ***Ecological Applications*** 7:737-750.
- VITOUSEK, P.M. & REINERS, W.A. 1975. Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. ***BioScience*** 25: 376-381.
- VOGEL, S. & WESTERKAMP, C. 1991. Pollination: an integrating factor of biocenoses. In ***Species conservation: a population biological approach*** (Seitz, A. & Loeschcke, V. eds.). Birkhäuser Verlag, Basel.
- WALKER, F.J. & JAMES, P.W., 1980. A revised guide to microchemical techniques for the identifications of lichen products. ***Bulletin of the British Lichen Society*** 46 (supl.): 13-29.
- WEBB T.J., WOODWARD, F., HANNAH, L. & GASTON, K. 2004. Forest cover-rainfall relationships in a biodiversity hotspot: the Atlantic forest of Brazil ***Journal of Ecological Applications*** (in press)
- WERKER, E. 1997. **Seed Anatomy - Encyclopedia of Plant Anatomy**. Berlin, Gebrüder Borntraeger
- WESELY, M.L. & HICKS, B.B. 2000. A review of the current knowledge on dry deposition. ***Atmospheric Environment*** 34: 2261-2282.
- WESTOBY, M., FALSTER, D.S., MOLES, A. T., VESK, P. A. & WRIGHT, I. J. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. ***Annual Review of Ecology & Systematics*** 33:125-159.

- WHITACRE, D. F. 1981 Additional techniques and safety hints for climbing tall trees, and some equipment and information sources. **Biotropica** 13: 286-291.
- WHITMORE, T.C., BROWN, N.D., SWAINE, M.D., KENNEDY, D., GOODWIN-BAILEY, M.C.I. & GONG, W.K. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation total in a Bornean tropical rain forest. **Journal of Tropical Ecology** 9: 131-151.
- WITKOWSKI, E.T.F. & LAMONT, B.B. 1991. Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. **Oecologia** 88: 486-493.
- ZAR, J.H. 1984. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, New Jersey.
- ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical Analysis**, 4th ed., Prentice Hall, New Jersey.
- ZEISLER, M. 1938 Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. **Beiheft Botanisches Zentralblatt** 58: 308-318.
- ZHANG, L., GONG, S., PADRO, J., & BARRIE, L. 2001. A size-segregated particle dry deposition scheme for an atmospheric aerosol module. **Atmospheric Environment** 35: 549-560.
- ZHOU, J., SWIETLICKI, E., HANSSON, H.C. & ARTAXO, P. 2002. Sub-micrometer aerosol particle size distribution and hygroscopic growth measured in the Amazon rain forest during the wet season. **Journal of Geophysical Research** 107: 8055.