

Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências
Departamento de Ecologia Geral

**A regeneração natural e fatores determinantes na
dominância de espécies em Floresta de Restinga na Ilha
do Cardoso, Cananéia, SP, Brasil**

Mariana Brando Balázs da Costa Faria
Orientador: Alexandre Adalardo de Oliveira

São Paulo
Outubro de 2005

A regeneração natural e fatores determinantes na dominância de espécies em Floresta de Restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP, Brasil.

Resumo

A chuva de sementes influencia o recrutamento das populações e representa um importante componente no potencial de regeneração de uma floresta. A regeneração de florestas depende, principalmente, do recrutamento de indivíduos a partir da chuva de sementes recentemente dispersas. A limitação na dispersão e no recrutamento das fases iniciais do ciclo de vida das plantas são mecanismos de crucial importância no controle da regeneração florestal, e pode ser afetado por diversos fatores, como efeitos dependentes da densidade; especialização das plantas a determinados habitats e herbivoria. Esses mecanismos podem afetar a população simultaneamente e são importantes para a manutenção e promoção da alta diversidade de espécies em florestas tropicais. Poucos são os estudos envolvendo a dinâmica de regeneração natural em florestas de restinga. Este projeto tem como objetivo, portanto, analisar a dinâmica de regeneração natural de duas florestas de restinga (alta e baixa) pouco perturbadas e com diferenças edáficas e de radiação na tentativa de entender os mecanismos que promovem as variações na composição e estrutura arbórea desses dois sistemas.

Introdução

A variação anual na produção de frutos e de sementes influencia o recrutamento das populações e representa um importante componente no potencial de regeneração de uma floresta (Penhalber & Mantovani 1997, Grombone-Guaratini 1999, Grombone-Guaratini & Rodrigues 2002). A contribuição relativa de diferentes fontes de sementes (chuva de sementes local e chuva de sementes imigrante) pode determinar a estrutura futura da comunidade de espécies arbóreas (Martínez-Ramos & Soto-Castro 1993). Segundo Harper (1977), a chuva de sementes é fundamental no potencial de estabelecimento de uma população em um determinado habitat; suas características dependem da distância e da concentração de fontes produtoras de propágulos, dos atributos de dispersão apresentados pelos propágulos e da atividade dos agentes de dispersão.

Em florestas tropicais, as plantas geralmente utilizam diferentes agentes dispersores, como animais (zoocoria) ou vento (anemocoria). Esse processo pode, ainda, depender exclusivamente das plantas (autocoria) (Faria *et al.* 2003).

As espécies de estádios tardios da sucessão florestal geralmente são dispersas por animais, especialmente aves, enquanto que espécies de fases sucessionais iniciais são comumente dispersas pelo vento. Em florestas tropicais o predomínio de um ou de outro na comunidade pode indicar seu estágio sucessional e/ou seu grau de conservação (Harper 1977, van der Pijl 1982, Terborgh 1990, Guevara & Laborde 1993, Martínez-Ramos & Soto-Castro 1993, Wheelwright 1993).

Nas florestas tropicais, a síndrome de dispersão mais freqüente é a zoocoria. Geralmente, entre 60 e 90% das espécies apresentam frutos adaptados à dispersão por animais (Frankie *et al.* 1974, Howe & Smallwood 1982, Morellato & Leitão-Filho 1992, Pedroni 2001).

A chuva de sementes depende diretamente da fenologia das espécies e, geralmente, está relacionada a melhores condições abióticas e bióticas para a maturação e liberação de sementes, e para o estabelecimento de plântulas (Rathcke & Lacey 1985). Segundo Foster (1982), a fenologia de frutificação em florestas tropicais revela picos durante o período mais úmido do ano.

O padrão sazonal da produção de propágulos pode afetar a composição da chuva de sementes. Isso, porque ocorrem variações na disponibilidade de agentes dispersores e heterogeneidade na composição de sementes que caem, influenciando o recrutamento das populações (Silva 2003).

O estudo da dinâmica da chuva de sementes é essencial para a compreensão dos processos de recrutamento, da estrutura e da distribuição espacial das populações de adultos presentes em uma determinada área (Grombone-Guaratini 1999). Tanto em decorrência da renovação natural das populações quanto após algum distúrbio, a regeneração das florestas depende principalmente do recrutamento de indivíduos a partir da chuva de sementes recentemente dispersas (Alvarez-Buylla & Garcia-Barrios 1991).

O recrutamento resulta de um processo multifase de produção, dispersão e deposição de sementes, e germinação e estabelecimento da plântula (Steven & Wright 2002).

Estudos sobre regeneração de árvores tropicais geralmente se concentram no estágio de plântula, porque plântulas são mais abundantes do que outros estágios de vida e pode ser um estágio limitante crítico na dinâmica de populações (Clark 1986).

A limitação no recrutamento das fases iniciais do ciclo de vida das plantas é um dos mecanismos mais importantes que controlam a regeneração florestal e pode ser devido a um pequeno número de sementes produzidas e/ou dispersas, ou mesmo a processos pós-dispersão, afetando o sucesso de estabelecimento de plântulas (Alves 2003).

O recrutamento de plântulas pode ser afetado por efeitos dependentes da densidade (efeitos Jazen-Connell; Jazen 1970; Connell 1971). Esses efeitos são fatores importantes na dinâmica de populações para a manutenção da diversidade de espécies em florestas tropicais (Itoh *et al.* 2004; Muller-Landau *et al.* 2004; John & Sukumar 2004; Wills *et al.* 2004; Ahumada *et al.* 2004). Os efeitos dependentes da densidade afetam o recrutamento de plântulas de uma determinada espécie, em locais onde muitas espécies coespecíficas estão presentes, levando a uma distribuição menos agregada da espécie (Itoh *et al.* 2004; Muller-Landau *et al.* 2004; John & Sukumar 2004; Wills *et al.* 2004; Ahumada *et al.* 2004).

A preferência a determinados habitats (como diferentes tipo de solo ou locais com maior ou menor incidência de luz, por exemplo) e a especialização a nichos diferentes também são mecanismos importantes que podem afetar o recrutamento de plântulas e explicar a coexistência e a manutenção da alta diversidade de espécies em florestas tropicais (Itoh 2004). Nesse caso, há um agrupamento de indivíduos, diferentemente do que ocorre com os efeitos dependentes da densidade (Itoh 2004).

Os herbívoros também têm se mostrado importantes reguladores da dinâmica de populações de plantas (Fine *et al.* 2004). Alguns estudos mostram que os herbívoros podem limitar significativamente a distribuição de plantas, geralmente restringindo as espécies a determinados habitats que as mesmas podem tolerar fisiologicamente na presença de herbívoros (Fine *et al.* 2004). Fine *et al.* (2004) sugerem que os herbívoros podem levar a diversificação de espécies em florestas tropicais, pois eles fazem com que gradientes abióticos existentes (diferentes tipos de solo, por exemplo) sejam mais divergentes levando a especialização a determinados habitats, através do aumento das diferenças entre os mesmos. Esses mecanismos podem afetar a população simultaneamente, e sua importância relativa pode diferir dependendo da espécie e da escala espacial (Itoh 2004).

Justificativa

Entender a relação entre a produção de sementes e o estabelecimento da plântula é essencial na compreensão da variação no processo de recrutamento através do tempo e do espaço (Steven & Wright 2002). Entretanto, pouco se sabe sobre a natureza da dinâmica das populações de plântulas ano a ano, ou sobre a contribuição da demografia de plântulas no recrutamento da população futura (Steven 1994).

Poucos são os estudos envolvendo os processos dinâmicos em restingas, principalmente, a regeneração natural. Marques (2002) e Silva (2003) estudaram, respectivamente, a chuva de sementes e a regeneração natural de duas florestas de restingas pouco perturbadas na Ilha do Mel – PR, e de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga – SP. Esses são os dois únicos estudos que abordam a regeneração natural de florestas de restingas, sendo que apenas Marques (2002) o faz em floresta de restinga pouco perturbada. Além disso, não há estudos em florestas de restingas que analisam alguns dos mecanismos responsáveis pela alta diversidade de espécies em florestas tropicais como os efeitos dependentes da densidade, a especialização a habitats e a atuação de herbívoros.

As planícies litorâneas da costa brasileira vêm sendo ocupadas desde mil anos antes da colonização portuguesa (Mantovani 2003). O fator mais importante na degradação das formações de restinga atualmente tem sido projetos de urbanização, frutos da expansão urbana ou para fins de lazer, já que exigem aterros e terraplenagens (Mantovani 2003).

O estudo sobre a regeneração natural de uma floresta de restinga pouco perturbada contribuirá para aumentar o pouco conhecimento que se tem nessa área e, assim, buscar novas metodologias para a recuperação de áreas de restinga degradadas devido à ocupação humana.

Além disso, estudos mais específicos sobre o recrutamento e estabelecimento de plântulas, assim como a especialização a determinados habitats e o papel de herbívoros são fundamentais para a compreensão dos fatores que levam à alta diversidade de espécies em florestas tropicais quando comparadas às florestas temperadas.

E é a partir do levantamento de dados sobre a chuva de sementes e a biologia das plântulas - principalmente em parcelas permanentes que permitem estudos em larga escala e longo prazo, que essa dinâmica pode ser entendida.

Objetivos

Este projeto tem como objetivos analisar a dinâmica de regeneração natural de duas fisionomias de florestas de restinga (alta e baixa) pouco perturbadas na tentativa de entender os mecanismos que promovem as variações na composição e estrutura arbórea desses dois sistemas, como a especialização a diferentes habitats (solo e luz) e interação com outros organismos.

Os objetivos específicos são:

1. Caracterizar a chuva de sementes de uma floresta alta e de uma floresta baixa de restinga, assim como as diferenças encontradas em relação aos diferentes tipos de solo e incidência de luz;
2. Caracterizar a comunidade de plântulas das duas florestas de restinga quanto à riqueza e abundância de espécies, e sua composição florística, assim como as diferenças encontradas em relação aos diferentes tipos de solo e incidência de luz;
3. Verificar qual a contribuição da restrição na dispersão e diferenças no nicho de regeneração, na variação da comunidade arbórea dessas duas florestas;
4. Testar se os herbívoros desempenham algum papel na manutenção da especialização a diferentes habitats, como os diferentes tipos de solo e incidência de luz nas duas florestas de restinga.

Hipóteses

Este estudo procura responder as seguintes questões:

- (i) Há diferenças na diversidade e composição da chuva de sementes entre florestas de restinga alta e baixa?
- (ii) Há restrição no recrutamento das espécies relacionado à limitação na dispersão ou ao ambiente edáfico ou luminosidade?
- (iii) O crescimento de espécies especializadas a um tipo de ambiente edáfico é comprometido quando transplantadas para outro habitat?
- (iv) A herbivoria pode restringir o crescimento das espécies transplantadas a outros ambientes edáficos?

Predições

- (i) Espera-se que a composição da chuva de sementes seja similar, com maior dominância na floresta baixa, devido a menor diversidade na composição florística observada nesse sistema.
- (ii) Espera-se que a limitação na dispersão não seja tão pronunciada quanto as restrições ambientais de luz e solo na diferenciação da regeneração das espécies nos diferentes ambientes, e que esse seja um fator predominante na diferenciação dessas comunidades.
- (iii) Corroborando a predição (ii) esperamos que espécies abundantes em um ambiente tenham seu crescimento comprometido quando transplantadas a outro habitat.
- (iv) Se a herbivoria é um fator determinante na seleção das espécies entre esses ambientes espera-se então que aquelas com melhor desempenho em ambientes com maior limitação de nutrientes tenham seu desempenho diminuído quando esse fator (herbívoros) é isolado. Espécies mais aptas a viverem em ambientes com restrição de nutrientes geralmente investem mais em proteção contra herbívoros.

Métodos

A Ilha do Cardoso

O estudo será realizado no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC). A Ilha do Cardoso situa-se no extremo sul do litoral do Estado de São Paulo no município de Cananéia, entre os paralelos 25°03'05"– 25°18'18" e os meridianos 47°53'48" – 48°05'42". Faz parte do complexo estuarino lagunar Iguape-Cananéia-Paranaguá, considerado o terceiro do mundo em termos de produtividade pela União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN).

A Ilha possui uma área de aproximadamente 22.500 ha e foi transformada em Parque Estadual pelo Decreto nº 40.319 de 1962 (Negreiros *et al.* 1974). Dados climáticos coletados em baixa altitude (<200 m) para o período de dois anos (1990 – 1991) revelam que a média das temperaturas mínimas está em torno de 19°C, a média das máximas em torno de 27°C e a precipitação anual entre 1800 – 2000 mm (Melo & Mantovani 1994).

A topografia é predominantemente montanhosa, sendo a região central da ilha ocupada por um maciço de mais de 800 m de altura. Os solos das planícies são resultado de sedimentação marinha recente e são de tipo podzol hidromórfico, caracterizado pelo alto teor de areia, baixos teores de argila e silte e baixa fertilidade.

Na ilha são encontradas diferentes formações vegetacionais naturais, relacionadas principalmente às características do substrato: 1. campo de altitude nos altos dos morros onde os solos são rasos e as rochas afloram; 2. floresta atlântica de encosta nos terrenos de maior declive; 3. vegetação de dunas próximo a zona de maré; 4. floresta de restinga nos podzóis hidromórficos da planície litorânea e os 5. manguezais nos solos lodosos das várzeas dos rios periodicamente inundados por água salobra.

Área de estudo

Este estudo será conduzido na floresta de restinga localizada na Ilha do Cardoso, próxima à sede do CEPARNIC. Serão estudadas duas florestas com fisionomias vegetacionais e tipos de solo distintos: uma Floresta Alta de Restinga (FAR) e uma Floresta Baixa de Restinga (FBR).

A FAR faz parte de uma parcela permanente de 10,24 ha do Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” – FAPESP Processo nº 1999/09635-0.

A FBR fica no entorno das Trilha Didática e das Almas (Ortega & Oliveira, 2005). Optou-se por realizar o estudo nessa área por já apresentar dados que serão importantes para a discussão dos dados obtidos nesse trabalho.

De acordo com o trabalho de Ortega & Oliveira (2005) - que comparou as duas florestas quanto à riqueza e à complexidade estrutural - essa duas florestas são diferentes estruturalmente e há uma grande diferença em relação à riqueza média de espécies entre as duas florestas (os autores amostraram 45 espécies na FBR e 91 espécies na FAR). As famílias mais comuns na FBR, segundo Ortega & Oliveira (2005), foram Aquifoliaceae, Clusiaceae e Myrtaceae; na FAR as famílias mais comuns foram Annonaceae, Myrtaceae e Arecaceae, sendo que Myrtaceae foi a família com maior riqueza de espécies nas duas florestas.

Coleta de dados

Os estudos serão conduzidos na parcela permanente de 10,24 ha (FAR) e em uma parcela de 1000 m² de FBR, vizinha à FAR.

Na FAR foram alocadas 256 sub-parcelas permanentes de 400 m² cada, numa parcela maior de 320 x 320 m, totalizando 10,24 ha de área amostrada (Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” – FAPESP Processo n° 1999/09635-0). Todos os indivíduos de espécies arbóreas da parcela permanente com PAP maior ou igual a 15 cm foram amostrados, georreferenciados e identificados.

Na FBR foram demarcadas dez parcelas de 10 x 10 m, totalizando 1000 m² de área amostral (Ortega & Oliveira 2005). Todos os indivíduos dentro dos limites da parcela com altura maior que 1,3 m foram identificados e medidos (PAP e altura) (Ortega & Oliveira 2005).

Caracterização do solo

- Floresta Alta de Restinga

No levantamento ultradetalhado de solo da parcela permanente do PEIC foi verificada a dominância de solos classificados como Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico e Espodossolo Ferrocárbico Heteromórfico típico (3º Relatório Temático do Projeto Parcelas Permanentes 2004 - <http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/>) (Figura 1). Há ainda, algumas pequenas manchas espalhadas na parcela de Organossolos. O Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico ocorre nas porções mais elevadas da parcela, onde o lençol freático tem menor importância, e o Espodossolo Ferrocárbico Heteromórfico típico ocorre onde o lençol freático aflora quase permanentemente.

Para um maior detalhamento dos solos no presente experimento serão feitos, para os três ambientes edáficos e fisionômicos definidos, a análise da matéria orgânica por ignição e a capacidade de campo. Para a determinação da matéria orgânica total do solo por ignição, será submetido à incineração em uma mufla a 550° C, 5 g de solo seco a 105° C em um cadinho de porcelana (P₁), durante 1-2 horas. Após a incineração, o solo será esfriado em dessecador e pesado novamente (P₂). A porcentagem de matéria orgânica perdida por ignição será calculada por $(P_1 - P_2) \times 20$.

A capacidade de campo é a quantidade de água que o solo pode reter por forças capilares. Para a sua estimativa será pesado um recipiente com orifícios de drenagem, revestido com papel filtro. Nesse recipiente será colocada uma amostra de solo de volume conhecido e de estrutura intacta, para embeber com água durante 24 horas. Após as 24 horas, a água será drenada por 48 horas e todo o conjunto será pesado (P_1). O conjunto será seco em estufa a 105°C durante 12-24 horas, esfriado em dessecador e pesado (P_2). A estimativa da capacidade de campo do solo será dada por:

$$\text{CAP.CAM \%} = (P_1 - P_2/\text{Vol.Solo}) \times 100$$

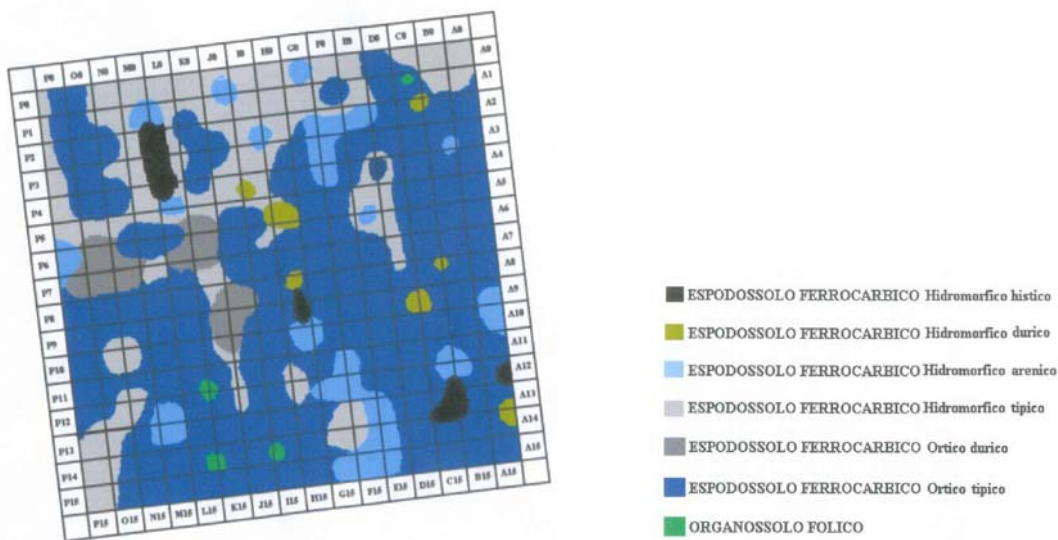


Figura 1. Mapa ultradetalhado do solo da parcela permanente (FAR), Ilha do Cardoso, SP. Na FAR serão considerados dois habitats distintos em relação ao tipo de solo: FAR com Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico típico (FAR-EFH), e FAR com Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico (FAR-EFO).

- Floresta Baixa de Restinga

O solo da FBR é predominantemente arenoso com uma fina camada de húmus (Ortega & Oliveira 2005). Entretanto, para esse estudo será feita uma caracterização mais detalhada do solo dessa área a fim de se obter dados que possam ser comparáveis aos existentes para a parcela permanente, ou seja, para a FAR. A caracterização ultradetalhada do solo da FBR será feita através da mesma metodologia empregada para a caracterização ultradetalhada do solo da FAR (ver Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” – FAPESP Processo

nº 1999/09635-0). Além disso, será realizada também a análise da matéria orgânica e da capacidade de campo do solo da FBR nos mesmos padrões que na FAR.

Caracterização de luz

A caracterização do ambiente de luz será realizada na FAR e na FBR, sendo que a FAR será dividida em duas áreas amostrais de acordo com o tipo de solo: FAR-EFO (espodossolo ferrocárbico órtico típico) e FAR-EFH (espodossolo ferrocárbico heteromórfico típico). Serão estudados, portanto, três habitats diferentes: FBR, FAR-EFO e FAR-EFH. Para essa caracterização, será utilizada uma câmara digital Nikon Coolpixel 4700, com uma lente grande-angular (lente olho de peixe) montada na altura de 10cm do solo, para desse modo caracterizar o ambiente de luz das plântulas. O topo da fotografia será orientado para o norte magnético, determinado com uma bússola, e nivelado em relação ao solo por um nível de bolha comum, dentro da bússola. As fotografias serão obtidas em dias totalmente nublados ou ao final da tarde, com o sol praticamente abaixo da linha do horizonte, para evitar reflexos na lente (Martini 2002). As fotografias obtidas serão analisadas no programa GLA (Gap Light Analyzer – Fazer *et al.* 1999).

Chuva de sementes e fenologia

Os padrões sazonais de disponibilidade de sementes serão estimados mensalmente através de observações fenológicas e de coletores de sementes, por um período de 12 meses (n = 12 coletas), nos três habitats diferentes (FBR, FAR-EFO e FAR-EFH).

Para a estimativa mensal e caracterização da chuva de sementes serão distribuídos 90 coletores quadrados de 0,5 m² suspensos a 80 cm do solo - construídos com estrutura em PVC e tela de nylon com malha de 1 mm (Harms *et. al* 2000) – entre as três áreas de estudo (FBR; FAR-EFO e FAR-EFH), totalizando 30 coletores para cada tipo fitofisionômico-edáfico. Os coletores serão distribuídos aleatoriamente dentro de cada área, sendo que as clareiras serão evitadas por possuírem condições de solo, temperatura, umidade, incidência de luz e dinâmica de regeneração peculiares, não sendo objetivo do presente estudo.

A cada 30 dias todo o material depositado nos coletores será coletado e levado ao laboratório para posterior secagem e triagem. No campo, o material será acondicionado em

sacos de papel e no laboratório será seco em estufa a uma temperatura de 60°C até peso constante.

Posteriormente, o conteúdo de cada coletor será pesado separadamente em uma balança (peso seco total). A produção mensal de sementes (PS) em g/m² será calculada como: $PS = (P/A)$, onde P = somatória do peso em g de todos os coletores; A = área em m² amostrada pelos coletores (Faria *et al.* 2003).

Todos os frutos/sementes não-predados com tamanho superior a 1 mm (tamanho da malha de nylon do coletor) encontrados nos coletores serão separados em morfoespécies e para cada coletor serão anotados: o número de espécies e o número total de sementes. Serão desconsiderados da amostra todos os frutos/sementes predados e os frutos/sementes imaturos, por não possuírem importância significativa na chuva, uma vez que sua germinação não é viável. A contagem de frutos maduros será multiplicada pelo número total de sementes por fruto e somada a contagem de sementes simples para se obter a estimativa total de número de sementes que caíram nos coletores (Muller-Landau *et al.* 2002)

A identificação do fruto/semente será feita através de comparação com os indivíduos adultos que estejam em frutificação, uma vez que todos os indivíduos da parcela permanente com PAP maior ou igual a 15 cm foram amostrados, georreferenciados e identificados (Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” – FAPESP Processo nº 1999/09635-0) e que todos os indivíduos da parcela da Floresta Baixa de Restinga foram identificados (Ortega & Oliveira 2005), e também por literatura pertinente (Lorenzi 1992, 1998; Barroso *et al.* 1999; Sampaio *et al.* 2005; Couto & Cordeiro 2005), no maior nível de detalhamento possível. As sementes não identificadas serão germinadas em gerbox contendo areia esterilizada e dispostas em canteiros cobertos com sombrite 70% (ou estufa) (Silva 2003). Amostras de areia esterilizada serão colocadas em 8 gerbox-controle nos canteiros cobertos, afim de se verificar uma possível contaminação por sementes externas (Silva 2003). A cada 15 dias será feito um levantamento das sementes germinadas. As plântulas que surgirem serão quantificadas e identificadas. Posteriormente, as espécies identificadas serão classificadas quanto à forma de vida (arbusto, árvore, epífita e liana) e síndrome de dispersão de sementes (anemocoria, zoocoria e autocoria). A classificação será feita a partir

das características morfológicas dos frutos das espécies, segundo critérios de van der Pijl (1982) e de Barroso *et al.* (1999).

Para caracterizar o padrão de frutificação da comunidade local de árvores/arbustos, serão feitas observações mensais qualitativas das espécies arbóreas e arbustivas em frutificação presentes ao redor de cada um dos 90 coletores de sementes (distância média de 5 m de raio), com o auxílio de binóculos (Faria *et al.* 2003). Serão feitos também caminhamentos em toda a parcela da FAR e da FBR para verificar a presença de outros indivíduos em frutificação, além daqueles ao redor dos coletores.

Plântulas

Para a caracterização da comunidade de plântulas das Florestas Baixa e Alta do PEIC serão alocadas 3 parcelas de 1 x 1 m para cada coletor localizadas a aproximadamente 2,0 m de cada 3 lados do coletor, totalizando 270 parcelas (Harms *et al.* 2000). A cada 6 meses, durante 1 ano (n = 3 levantamentos), todas as plântulas de espécies arbustivas/arbóreas < 50 cm serão medidas (altura e diâmetro na altura do solo), marcadas e identificadas (Harms *et al.* 2000; Muller-Landau *et al.* 2002). A identificação das plântulas será feita no local ou, posteriormente, através de fotografias tiradas das mesmas ou por comparação com as sementes germinadas da chuva de sementes.

Experimento: herbivoria versus especialização a habitat

Para testar se a herbivoria leva a especialização a habitats serão selecionadas as duas espécies características da Floresta Baixa de Restinga e da Floresta Alta de Restinga, respectivamente. De acordo com Ortega & Oliveira (2005), as espécies mais abundantes na FAR são *Xylopia langsdorffiana* (Annonaceae) e *Euterpe edulis* (Arecaceae); e na FBR são *Ilex theazans* (Aquifoliaceae) e *Clusia criuva* (Clusiaceae). Desse modo, essas serão as espécies utilizadas no experimento.

Para cada espécie, então, serão investigados dois processos: a sobrevivência e o desenvolvimento de suas plântulas.

Em cada área (FAR e FBR) serão transplantadas 110 plântulas de cada espécie (totalizando 880 plântulas). Para isolar o efeito dos herbívoros serão construídas 22 armações de 3 m x 3 m x 2 m, completamente cobertas por uma rede de nylon com malha

de 1 mm (Fine *et al.* 2004). Para o grupo controle serão construídas 22 armações, nas mesmas dimensões que a anterior, porém, somente com a parte de cima coberta com rede de nylon com malha de 1 mm (Fine *et al.* 2004). Em cada uma das 22 armações protegidas e 22 armações controle serão plantadas 5 plântulas de cada espécie, de modo que as plântulas da mesma espécie não fiquem muito próximas umas das outras (Figura 2). As plântulas serão adquiridas em viveiros ou removidas de seu habitat natural em programas de resgate e transportadas ao local do experimento em sacos plásticos. Serão selecionadas as plântulas que tiverem entre 10 e 40 cm de altura (Fine *et al.* 2004). Para cada área então (FAR e FBR), serão colocadas 22 armações (11 controle e 11 protegidas), de forma que as armações fiquem distantes dos adultos coespecíficos das espécies selecionadas. Na FAR, o experimento será realizado fora dos limites da parcela, próximo às suas divisas.

Toda semana, o material vegetal (serrapilheira) depositado sobre as armações será retirado e colocado ao redor das plântulas para permitir a entrada natural de nutrientes e para não bloquear a luz solar.

Para o grupo controle e para o grupo protegido serão medidos, a cada 30 dias, o crescimento da área foliar e a altura do meristema, e anotados os indivíduos mortos para cada espécie, durante um ano.

I	X	C	X	I
C	E	I	E	C
X	I	X	C	X
E	C	E	I	E

Figura 2. Disposição das plântulas nas armações cobertas e controle. I = *Ilex theazans*; C = *Clusia criuva*; X = *Xilopia langsdorffiana*; E = *Euterpe edulis*.

Análise dos dados

Caracterização do ambiente de luz

O ambiente de luz será caracterizado através da porcentagem total de abertura do dossel (ABTOT), estimada a partir das fotografias hemisféricas com o programa Gap Light Analyzer v.2 (GLA). Será realizada uma análise de variância, com os valores

transformados pelo arcoseno da raiz quadrada, para verificar se há diferenças no total de abertura entre os ambientes.

Chuva de sementes e fenologia

O padrão temporal da produção e da chuva de sementes será determinado comparando-se a proporção mensal de espécies e de sementes por m² amostrados durante o período de estudo. Por sua vez, o padrão espacial da chuva de sementes será avaliado comparando-se as três áreas amostradas em relação ao número total de espécies e de sementes, e a produção total (biomassa) de sementes durante o período de estudo, através de uma análise de variância (ANOVA). O teste de comparação múltipla *a posteriori* utilizado será o de Tukey HSD (Zar 1999). Todas as análises de variância serão feitas no programa SYSTAT 8.0 (1998).

A diversidade de espécies da chuva de sementes será estimada através dos índices de Shannon (H'), Equabilidade (J) e o de Simpson (1-D) (Pielou 1975). O índice de Shannon será comparado, entre as florestas utilizando-se análise de variância segundo procedimentos descritos em Brower *et al.* (1997).

Diferenças na composição florística da chuva de sementes entre as três áreas amostradas serão testadas através do Procedimento de Permutação de Resposta Múltipla, conhecido como MRPP (McCune & Mefford 1999). O teste será feito a partir de uma matriz de dados de abundância das espécies em cada área, utilizando a distância de Sørensen como medida de dissimilaridade, e testa se as composições da chuva de sementes das áreas são mais similares entre si do que seria esperado caso as amostras de sementes estivessem distribuídas ao acaso entre todas as áreas. Esta estatística, denominada "A", varia de zero a um, e tem valor máximo quando todas as áreas têm a mesma composição de espécies na chuva de sementes (McCune & Mefford 1999). Além desse teste, será comparada a variância do índice Sørensen padronizado para o número de espécies entre pares de amostras de diferentes habitats e a variância encontrada em todo o conjunto de dados. A razão entre essas variâncias será confrontada com a distribuição F na tabela da ANOVA para o grau de significância de 0,05.

Gráficos representando a porcentagem mensal de indivíduos e o número de espécies em fase de frutificação amostrados na fenologia, e o número de espécies amostrados na

chuva de sementes serão utilizados para caracterizar o padrão de frutificação da comunidade local de árvores/arbustos. Para verificar a existência de uma tendência de frutificação (número de espécies da chuva de sementes e da fenologia) em relação à época do ano será feita uma análise descritiva circular (teste de Rayleigh) (Zar 1999). A hipótese nula é a de que a distribuição circular é uniforme, ou seja, não há uma direção média significativa no período de frutificação (mês). Para verificar a influência do clima no padrão de frutificação da comunidade, será calculado o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) entre o número de espécies de árvores/arbustos observadas frutificando em cada mês e as variáveis climáticas (temperatura média e pluviosidade mensais) para o período de estudo, a partir dos dados climáticos da área de estudo (PEIC). Essa mesma correlação será feita para o número de espécies da chuva de sementes e as variáveis climáticas. Essas análises serão feitas no programa SYSTAT 8.0 (1998).

Plântulas

A riqueza de plântulas será avaliada comparando-se as três áreas amostradas em relação ao número total de espécies, através de uma análise de variância (ANOVA). O teste de comparação múltipla *a posteriori* utilizado será o de Tukey HSD (Zar 1999). Todas as análises de variância serão feitas no programa SYSTAT 8.0 (1998).

Diferenças na composição florística das plântulas entre as três áreas amostradas serão testadas através do Procedimento de Permutação de Resposta Múltipla, conhecido como MRPP (McCune & Mefford 1999). A diversidade de espécies da comunidade de plântulas será estimada através dos índices de Shannon (H'), Equabilidade (J) e o de Simpson (1-D). Esses dados serão comparados com os encontrados para a chuva de sementes.

Regeneração natural

Para avaliar a importância da chuva de sementes de espécies lenhosas florestais no potencial de regeneração florestal em cada área estudada e na comunidade, serão feitas comparações entre a similaridade florística: 1. da comunidade local de plântulas e a chuva de sementes somente de espécies arbóreas e arbustivas; 2. da comunidade de plântulas e a comunidade de local de adultos de espécies arbóreas e arbustivas e 3. da chuva de sementes

e a comunidade local de adultos de espécies arbóreas e arbustivas através do índice de similaridade de Sørensen de presença e ausência (Greig-Smith 1983).

Para avaliar o quanto cada espécie falha na ocupação dos locais disponíveis para a regeneração (Marques 2002) serão calculadas: 1. limitação à dispersão (seed limitation) – proporção de parcelas que não receberam sementes de determinada espécie; 2. limitação à emergência (seedling limitation) e 3. limitação ao estabelecimento (establishment limitation) (Nathan & Muller-Landau 2000; Muller-Landau *et al.* 2002):

1. Limitação à dispersão (LD)

$LD = 1 - n^{\circ}$ de parcelas que recebeu a semente/ n° total de parcelas

2. Limitação à emergência (LEM)

$LEM = 1 - n^{\circ}$ de plântulas que foram recrutadas/ n° total de parcelas

3. Limitação ao estabelecimento (LES)

$LES = 1 - n^{\circ}$ de parcelas nas quais houve o estabelecimento/ n° de parcelas nas quais a semente foi dispersa

Para essas análises serão consideradas apenas as dez espécies mais importantes da chuva de sementes em cada um dos habitats selecionados.

Experimento: herbivoria versus especialização a habitat

Para avaliar as diferenças entre as plântulas da FAR e da FBR e entre o grupo controle e o grupo protegido serão medidas as taxas de crescimento (área foliar/dia e altura do meristema/dia) e a taxa de mortalidade. Para os dados de crescimento, utilizaremos um desenho experimental de ANOVA fatorial tendo como fatores fixos tipo florestal (2 níveis), Herbivoria (2 níveis) e espécie (4 níveis) e as diferenças entre tratamentos. Caso haja diferenças significativas apontadas pela ANOVA, seguiremos para uma comparação planejada para comparar as médias individuais entre habitats, herbivoria e tratamento.

A taxa de mortalidade será avaliada de duas formas. Primeiro, será calculada a média da porcentagem da mortalidade para todas as espécies para cada armação protegida e para o controle no final do experimento. Será realizado um teste não paramétrico Scheirer-Ray-Hare extensão do Kruskal-Wallis para comparar a mortalidade das espécies

especialistas da FAR e da FBR entre habitats e tratamento. A média individual do grupo será comparada através de um teste não paramétrico de comparações múltiplas por STP baseado no teste U de Mann-Whitney. Segundo, uma análise de sobrevivência será realizada, calculando o número de dias vivos para cada plântula no final do experimento (plântulas vivas e mortas) e comparando a média de tempo de sobrevivência para as espécies especialistas da FAR e da FBR em cada combinação habitat/proteção com um teste Wilcoxon Signed Rank (Fine *et al.* 2004).

Plano de trabalho e Cronograma

Atividades	Semestres			
	1°	2°	3°	4°
Leitura bibliografia				
Aula/Créditos				
Reconhecimento da área de estudo				
Montagem das parcelas				
Instalação dos coletores				
Montagem do experimento				
Coleta de dados				
Análise dos dados				
Escrita dissertação				
Qualificação				
Apresentação dissertação				

Atividade realizada

Referências Bibliográficas

- Ahumada, J. A., Hubbell, S. P., Condit, R. & Foster, R. B. 2004. Long-term tree survival in neotropical forest – The influence of local biotic neighborhood. *In*: Losos, E. & Leigh, E. G. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism findings from a large-scale network. Pp. 408-432. The University of Chicago Press.
- Alvarez-Buylla, E. R. & Garcia-Barrios, R. 1991. Seed and forest dynamics: a theoretical framework and an example from the neotropics. *American Naturalist* 137(2): 133 -154.
- Alves, L. F. 2003. Efeito da conectividade na abundância e riqueza de plântulas e jovens de espécies arbóreas em paisagens fragmentadas. Relatório Técnico - Bolsa de Pós-Doutoramento/FAPESP (Processo N° 00/03945-6) vinculada ao Programa

- BIOTA/FAPESP: Conservação da Biodiversidade em Paisagens Fragmentadas no Planalto Atlântico de São Paulo (Processo N° 99/05123-4).Sub-Projeto 7.
- Araújo, D. S. D. & Lacerda, L. D. 1987. A natureza da restinga. *Ciência Hoje* 6(33): 42-48.
- Barroso, G. M., Morim, M. P., Peixoto, A. L. & Ichaso, C. L. F. 1999. Frutos e sementes – morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Brower, J. E., Zar, J. H. & Von Ende, C. 1997. Field and laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill, New York.
- Clark, D. A. 1986. Regeneration of canopy trees in tropical wet forest. *Trends in Ecology and Evolution* 1(6): 150-154.
- Connell, J. H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Pp. 298-313.
- Couto, O. S. & Cordeiro, R. M. S. 2005. Manual de reconhecimento de espécies vegetais da restinga do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, Departamento do Estado de Proteção de Recursos Naturais – DEPRN – São Paulo. 440 p.
- Faria, M. B. B. C., Alfano, A. C. C., Alves, L. F. & Franco, G. A. D. C. 2003. Chuva de sementes em uma floresta tropical Montana do planalto paulista. *Anais do VI Congresso de Ecologia do Brasil*. Pp. 310-311. Fortaleza, CE, 09-14/11/2003.
- Fine, P. V. A., Mesones, I. & Coley, P. D. 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. *Science* 305:663-665.
- Foster, R. B. 1982. The seasonal rhythm of fruit fall on Barro Colorado Island. *In*: Leigh, E. G., A. S. Rand, and D. M. Windsor, (eds.). *The ecology of a tropical forest: seasonal rhythms and long-term changes*. Pp. 151-172. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- Frankie, G. W., Baker, H. & Opler, P. A. 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica. *Journal of Ecology* 62:881-913.
- Fazer, G. W., Canham, C. D. & Lertzman, K. P. 1999. Gap Light Analyser (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-color fisheye photographs, users manual and program documentation.

- Copyright c 1999: Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystems Studies, Millbrook, New York.
- Greig-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. 3rd edition Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Grombone-Guaratini, M. T. & Rodrigues, R. R. 2002. Seed bank and seed rain in a seasonal semi-deciduous forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 18:759-774.
- Grombone-Guaratini, M. T. 1999. Dinâmica de uma floresta estacional semidecidual: o banco, a chuva de sementes e o estrato de regeneração. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 150 p
- Janzen, D. H. 1970. Herbivories and the number of trees species in tropical forests. *Am. Nat.* 104:501-528.
- Silva, D. C. G. 2003. Florística, estrutura e informações sobre a regeneração natural de fragmentos de floresta de restinga no município de Bertioga – SP. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 109 p.
- Guevara, S. & Laborde, J. 1993. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. *Vegetatio* 107/108:319-338.
- Harms, K. E., Wright, S. J., Calderón, O., Hernández, A. & Herre, E. A. 2000. Pervasive density-dependent recruitment enhances seedling diversity in a tropical forest. *Nature* 404:493-495.
- Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, London.
- Howe, H. F. & Smallwood, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13:201-228.
- Itoh, A., Rokujo, N., Kanzaki, M., Yamakura, T., LaFrankie, J. V., Ashton, P. S. & Lee, H. S. 2004. An approach for assessing species-specific density-dependence and habitat effects in recruitment of a tropical rainforest tree. *In*: Losos, E. & Leigh, E. G. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism findings from a large-scale network. Pp. 320-339. The University of Chicago Press.
- John, R. & Sukumar, R. 2004. Distance- and density-related effects in a tropical dry deciduous forest tree community at Mudumalai, Southern India. *In*: Losos, E. & Leigh, E.

- G. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism findings from a large-scale network. Pp. 363-383. The University of Chicago Press.
- Lorenzi, H. 1992. Árvores Brasileiras. Editora Plantarum Nova Odessa.
- Lorenzi, H. 1998. Árvores Brasileiras. Vol. 2. Editora Plantarum Nova Odessa.
- Mantovani, W. 2003. A degradação dos biomas brasileiros. *In*: Ribeiro, W. C. (org.). Patrimônio Ambiental Brasileiro. Uspiana: Brasil 500 anos. Editora da Universidade de São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, SP.
- Marques, M. C. M. 2002. Dinâmica da dispersão de sementes e regeneração de plantas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 144 p.
- Martínez-Ramos, M. & Soto-Castro, A. 1993. Seed rain and advanced regeneration in a tropical rain forest. *Vegetatio* 107/108:299-318.
- McCune, B. & Mefford, M. J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, Version 4.19. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Melo, M. M. R. F. & Mantovani, W. 1994. Composição florística e estrutura de trecho de mata atlântica de encosta na Ilha do Cardoso (Cananéia, SP, Brasil). *Boletim do Instituto Botânica* 9: 107-158.
- Morellato, L. P. C. & Leitão-Filho, H. F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão de sementes na Serra do Japi. *In*: Morellato, L. P. C. (ed.). História Natural da Serra do Japi, pp. 112-140. Editora da UNICAMP, Campinas, SP.
- Muller-Landau, H. C., Wright, S. J., Calderón, O., Hubbell, S. P. & Foster, R. B. 2002. Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a tropical forest. *In*: Levey, D. J., Silva, W. R. & Galetti, M. (eds.). Seed Dispersal and Frugivory: Ecology, Evolution and Conservation. CAB International.
- Muller-Landau, H. C., Dalling, J. W., Harms, K. E., Wright, S. J., Condit, R., Hubbell, S. P. & Foster, R. B. 2004. Seed dispersal and density-dependent seed and seedling survival in *Trichilia tuberculata* and *Miconia argentea*. *In*: Losos, E. & Leigh, E. G. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism findings from a large-scale network. Pp. 340-362. The University of Chicago Press.

- Nathan, R. & Muller-Landau, H. C. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology and Evolution* 15(7): 278-285.
- Ortega, J. S. & Oliveira, A. A. 2005. Riqueza e complexidade estrutural da vegetação de mata de restinga, Parque Estadual Ilha do Cardoso, SP. Trabalho de Iniciação Científica. Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia Geral, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 40 p.
- Pedroni, F. 2001. Aspectos da estrutura e dinâmica da comunidade arbórea na Mata Atlântica de planície e encosta em Picinguaba, Ubatuba, SP. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 196 p.
- Penhalber, E. F. & Mantovani, W. 1997: Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 20:205-220.
- Pielou, E. C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley, New York. 165 p.
- Projeto Temático “Diversidade, dinâmica e conservação em Florestas do Estado de São Paulo: 40 ha de parcelas permanentes” – FAPESP Processo nº 1999/09635-0.
- Rathcke, B. & E. P. Lacey. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16:179-214.
- Sampaio, D., Souza, V. C., Oliveira, A. A., Paula-Souza, J. & Rodrigues, R. R. 2005. Árvores da restinga – Guia de Identificação. Editora Neotrópica, São Paulo. 277 p.
- Steven, D. De & Wright, S. J. 2002. Consequences of variable reproduction for seedling recruitment in three neotropical tree species. *Ecology* 83(8): 2315-2327.
- Steven, D. De. 1994. Tropical seedling dynamics: recruitment patterns and their population consequences for three canopy species in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 10: 369-383.
- SYSTAT 8.0. 1998. SYSTAT 8.0 Statistics by SPSS Inc., USA.
- Terborgh, J. 1990. Seed and fruit dispersal-commentary. In: Bawa, K.S. & Handley, M. (eds.) *Reproductive ecology of tropical forest plants*. The Parthenon Group, Paris. Pp. 181-190.
- van der Pijl, A. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 2nd edition. Springer-Verlag, Berlin.
- Wheelwright, N. 1993. Fruit size in a tropical tree species: variation, preference by birds and heritability. *Vegetatio* 107/108:163-174.

Wills, C., Condit, R., Hubbell, S. P., Foster, R. B. & Manokaran, N. 2004. Comparable Nonrandom forces act to maintain diversity in both a New World and an Old World rainforest plot. *In*: Losos, E. & Leigh, E. G. (eds.). Tropical forest diversity and dynamism findings from a large-scale network. Pp. 384-407. The University of Chicago Press.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. 4th edition. Prentice Hall, New Jersey.