

PROJETO DE DOUTORADO

Estrutura e dinâmica populacional de três espécies arbóreas em fragmentos florestais no Planalto Atlântico de São Paulo

Aluna: Cristiane Follmann Jurinitz
Orientador: Alexandre Adalardo de Oliveira

Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências
Departamento de Ecologia

Resumo

A drástica redução da área de ocorrência da Floresta Atlântica é um dos problemas mais sérios para a conservação da biodiversidade brasileira e mundial. Elucidar como atuam os efeitos da fragmentação é, portanto, um dos maiores desafios dos estudos ecológicos no âmbito deste bioma. Para as espécies arbóreas já foram comprovados diversos efeitos do processo de fragmentação. No entanto, muito pouco se sabe sobre os processos demográficos responsáveis por estes efeitos e que podem levar à extinção de espécies. Para propiciar este entendimento, estudos de dinâmica de populações são fundamentais. O desenvolvimento do presente projeto tem como objetivo geral determinar a estrutura e investigar aspectos da dinâmica de três espécies arbóreas com características ecológicas distintas na situação de floresta fragmentada e contínua no Planalto Atlântico Paulista. Serão selecionadas três espécies arbóreas tolerantes à sombra, cada uma ocupante de um estrato na floresta (sub-bosque, dossel e emergente), e seis fragmentos e seis áreas contínuas em duas paisagens no Planalto de Ibiúna. Para a análise demográfica, serão alocadas parcelas permanentes, nas quais serão acompanhados indivíduos em todos os estádios de desenvolvimento, sendo realizados recenseamentos anuais. Por fim, com o intuito de integrar toda a análise demográfica, serão empregados modelos matriciais e análises de experimentos de resposta de tabela de vida, que permitirão previsões a cerca da conservação a longo prazo destas espécies.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, fragmentação, dinâmica de populações arbóreas, demografia de árvores, modelos matriciais, experimentos de resposta de tabela de vida.

1 Introdução

A Floresta Atlântica vem sofrendo com o processo de fragmentação desde o início da colonização do Brasil, tendo resultado na sua drástica redução a menos de 8 % da área original (Fundação SOS Mata Atlântica 1998). O fato de ser detentora de uma das mais elevadas biodiversidades do Planeta, somado ao risco a que este bioma está submetido, colocam a Floresta Atlântica em uma posição de área prioritária para a conservação em termos mundiais (Myers *et al.* 2000).

Em função da sua distribuição ao longo da costa leste do país, a Floresta Atlântica perpassa atualmente realidades regionais bem contrastantes, com diferentes históricos de ocupação, o que gerou distintas paisagens, tamanhos de remanescentes, além de variados graus de isolamento e estados de conservação (Morellato & Haddad 2000). A Região Sudeste, paradoxalmente, abriga tanto os maiores remanescentes de Floresta Atlântica quanto as maiores cidades do país, o que só é possível devido as suas características geológicas, definidas pela presença da Serra do Mar, cujas encostas íngremes concentram estes remanescentes nas maiores altitudes (Morellato & Haddad 2000).

Em uma síntese dos estudos sobre os efeitos da fragmentação de habitats na Amazônia brasileira, Laurance *et al.* (2002) apontam para a existência de uma correlação negativa entre as taxas de extinção de espécies e a área de um fragmento. Com relação às espécies arbóreas, diversos trabalhos apontam para os riscos de extinções a curto prazo em áreas fragmentadas (Tabanez *et al.* 1997, Tabarelli *et al.* 1999, Silva & Tabarelli 2000, Laurance *et al.* 2002, Oliveira *et al.* 2004, Tabarelli *et al.* 2004). Um dos fatores tidos como mais críticos para as árvores tropicais é a sua ocorrência em baixíssimas densidades (raridade), de modo que mesmo que determinada espécie esteja representada em um fragmento no momento do seu isolamento, sua população pode ser tão pequena que terá pouca chance de persistir por um longo período (Laurance *et al.* 2002). Sendo o componente arbóreo um elemento chave por formar o arcabouço estrutural da floresta (Richards 1996) e influenciar todos os demais organismos que nela vivem, pode-se prever um efeito em cascata tendendo à modificação estrutural dos fragmentos com o passar do tempo. De fato, Laurance *et al.* (2002) descrevem diversas mudanças constatadas em habitats fragmentados, tais como um hiper-dinamismo, uma hiper-abundância de determinadas espécies, invasões de espécies e mudanças na estrutura trófica, culminando com mudanças nos processos ecológicos e ecossistêmicos.

De um modo geral, as pesquisas sobre os efeitos da fragmentação têm demonstrado que a grande maioria está relacionada a um conjunto de mudanças nas condições físicas das margens ou

bordas artificiais, o chamado *efeito de borda* (revisão em Laurance *et al.* 2002 e Tabarelli *et al.* 2004). Para as espécies arbóreas, uma das principais conseqüências deste efeito é o aumento significativo das taxas de danos físicos e de mortalidade de indivíduos adultos a partir da fragmentação, o que, gradativamente, altera a composição florística e a riqueza do fragmento (Laurance *et al.* 2002). Neste processo, espécies tolerantes à sombra, mais sensíveis ao efeito de borda, passam a ocorrer em menor abundância em fragmentos pequenos, enquanto espécies pioneiras de vida curta se beneficiam com a fragmentação, tornando-se mais abundantes nestes. Concomitantemente, o efeito de borda afeta o recrutamento das espécies e altera a taxa de mortalidade de indivíduos jovens (Laurance *et al.* 2002, Oliveira *et al.* 2004, Tabarelli *et al.* 2004). Portanto, em contraste a um número relativamente elevado de trabalhos que enfocam os efeitos da fragmentação, muito pouco se sabe sobre os processos demográficos que levam à extinção de espécies (Bruna 2003).

Nas últimas décadas, o número de trabalhos com dinâmica de populações arbóreas multiplicou-se (Clark & Clark 1992, Condit *et al.* 1994, Batista *et al.* 1998, Clark & Clark 1999, Connell & Green 2000, Davies 2001, Delissio & Primack 2003, entre outros), sendo, no entanto, ainda pouco expressivo diante da alta diversidade de espécies arbóreas tropicais (Clark & Clark 1999). O entendimento e a previsibilidade da dinâmica das florestas tropicais é um dos maiores desafios da ecologia na atualidade (Santos *et al.* 1998), dada a importância deste ecossistema no ciclo global do carbono em contraste ao seu acelerado processo de degradação (Fichtler *et al.* 2003, Bawa *et al.* 2004). Deste modo, o enfoque em nível populacional é essencial para que haja o entendimento da dinâmica e a manutenção das espécies no sistema (Watkinson 1997, Clark & Clark 1999).

Uma análise integrada da demografia pode ser obtida através de modelos matriciais (Caswell 2001). Estas análises vêm sendo cada vez mais utilizadas em estudos demográficos de plantas, tanto arbóreas quanto herbáceas, por serem excelentes ferramentas de predição do futuro das populações, tanto para fins conservacionistas como para o manejo sustentável das mesmas (Silva Matos *et al.* 1999, Fonseca 2001, Bruna 2003, Freckleton *et al.* 2003, entre outros).

Além da importância para o entendimento dos mecanismos mantenedores da alta diversidade das florestas tropicais, os estudos demográficos são essenciais para o planejamento da utilização sustentada de recursos florestais. Como exemplos desta aplicabilidade, podem ser citados os estudos na Amazônia envolvendo a castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*) (Peres & Baider 1997, Peres *et al.* 2003) e as pesquisas com o palmitero (*Euterpe edulis*) na Floresta Atlântica (Reis *et al.* 1996, Reis *et al.* 2000, Freckleton *et al.* 2003).

Acompanhando esta tendência, o número de estudos enfocando a dinâmica de populações arbóreas vem crescendo no sudeste do Brasil. Alves (2000) analisou a estrutura e a dinâmica quatro espécies arbóreas de dossel e subdossel nativas na Floresta Atlântica no Litoral Norte de São Paulo. Marques & Joly (2000) investigaram a estrutura e a dinâmica, por dois anos consecutivos, da espécie arbórea de dossel *Calophyllum brasiliense* em uma área de Floresta Atlântica Higrófila. Ainda com relação a esta espécie, Fischer & Santos (2001) enfocaram a demografia, fenologia (floração e frutificação) e a expressão sexual de *C. brasiliense* comparativamente em duas áreas de Floresta Atlântica Costeira, sendo uma paludosa. Santos (2000) estudou as relações alométricas, o crescimento e a demografia das folhas de duas espécies de *Cecropia*, uma delas associada a formigas, em uma área de Floresta Atlântica. Alves & Santos (2002) estudaram a alometria e a forma da copa de quatro espécies arbóreas de dossel e subdossel também da Floresta Atlântica. Silva Matos (2000) relacionou a herbivoria e a demografia de *Euterpe edulis* em uma área de Floresta Semidecídua. Nesta mesma área, Fonseca (2001) conduziu um estudo demográfico da espécie emergente *Aspidosperma polyneuron*, comparando dois períodos de mais de dez anos de intervalo e aplicando análises de modelos matriciais.

A partir do exposto, propomos um estudo que pretende determinar a estrutura e investigar aspectos da dinâmica de três espécies arbóreas que ocupam estratos distintos na floresta (abrangendo todos os estádios do seu desenvolvimento) na situação de floresta fragmentada e contínua no Planalto Atlântico Paulista, bem como comparar estes dois ambientes quanto aos parâmetros demográficos.

Justificativa

Em Floresta Atlântica, os efeitos da fragmentação em espécies arbóreas em nível populacional, abrangendo todos os estádios do desenvolvimento, são praticamente desconhecidos até o momento. Diante disso, propomos uma abordagem onde os processos demográficos afetados por estes efeitos e que podem culminar com a extinção de espécies serão investigados através de análises que integram dados de parcelas permanentes em modelos matriciais e análises de experimentos de resposta de tabela de vida.

Além disso, o presente projeto insere-se no Projeto Temático intitulado “Conservação da Biodiversidade em Paisagens Fragmentadas no Planalto Atlântico de São Paulo – II” (Processo nº 04/11122-0), Subprojeto “Estrutura e dinâmica da vegetação”, cuja pergunta central é: “Qual a importância relativa da estrutura e dinâmica do habitat em relação à estrutura da paisagem?”. Para se responder a esta pergunta no nível da paisagem, é necessário entender a dinâmica dos fragmentos e das áreas contínuas com relação às suas populações. Dessa forma, os resultados gerados pelo desenvolvimento desta proposta servirão de suporte a outros subprojetos.

2 Objetivos

O objetivo do presente projeto é testar as seguintes hipóteses:

- 1. A fragmentação altera a estrutura populacional das espécies estudadas, provocando uma redução no número de indivíduos adultos e reprodutivos através dos seguintes mecanismos demográficos: i) redução do recrutamento, ii) redução da taxa de crescimento e iii) aumento da mortalidade.**
- 2. O efeito da fragmentação difere em termos de intensidade e mecanismo de atuação em espécies não-pioneiras ocupantes de diferentes estratos na floresta.** Neste caso, esperamos que a espécie de sub-bosque, pelas suas características ecológicas mais umbrófilas, seja afetada negativamente de forma mais severa pela fragmentação do que as outras duas espécies.
- 3. O ambiente de luz é um dos fatores explicativos das diferenças demográficas encontradas.** Pretendemos responder: 1- existem diferenças significativas no ambiente de luz ao qual as populações de fragmentos e floresta contínua estão submetidas? 2- o coeficiente de variação da luz pode ser relacionado a maiores diferenças nos parâmetros demográficos estudados? 3- de que modo a influência da luz varia em cada ambiente de acordo com as características ecológicas de cada espécie?
- 4. Qual é o efeito da fragmentação na dinâmica populacional destas espécies e quais são os fatores responsáveis pelas mudanças na dinâmica populacional?**

Para respondermos a estas perguntas, pretendemos: 1- calcular a taxa de crescimento (λ) das populações a partir da aplicação de modelos matriciais e verificar se esta difere entre fragmentos e florestas contínuas; 2- simular a dinâmica populacional com modelos matriciais estocásticos e determinar a contribuição para λ das diferentes taxas demográficas aplicando-se análises de experimentos de resposta de tabela de vida.

3 Materiais e métodos

3.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se no Planalto Atlântico Paulista, na região delimitada pelo Projeto Temático citado anteriormente. Mais especificamente, situa-se no Planalto de Ibiúna, onde foram selecionadas uma paisagem fragmentada, denominada Paisagem Fragmentada 2 (PF2) Jurupará, que apresenta 42% de cobertura florestal, e uma paisagem contínua próxima a esta, a Paisagem Contínua 2 (PC2) denominada Ibiúna, que será considerada como controle. Em ambas paisagens a seleção das áreas para a realização dos estudos demográficos contará com o auxílio de uma imagem de satélite. A partir desta, serão selecionados seis fragmentos na PF2 em estágio avançado de regeneração e de tamanho médio (entre 10 e 50 ha), bem como seis áreas na PC2 mais próximas possível a estes fragmentos.

Esta região, situada acima das Serras do Mar e de Paranapiacaba, está sob embasamentos cristalinos, entre 800 e 1.100 m.n.m. (Ponçano *et al.* 1981). O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, nas maiores altitudes, ou Cfa, mais próximo da Depressão Periférica, sendo a precipitação média anual em torno de 1.300 mm (Sabesp 1997). A vegetação florestal que cobria originalmente a região é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (Veloso *et al.* 1991).

3.2 Critérios para a seleção das espécies

Serão selecionadas três espécies arbóreas, cada uma ocupante de um estrato na floresta (sub-bosque, dossel e emergente), mas todas consideradas como tolerantes à sombra (ou seja, não-pioneiras). Outra característica de extrema relevância a ser considerada é a síndrome de dispersão, dando-se preferência a espécies zoocóricas (de frutos grandes), que tenham importância para a fauna de aves e mamíferos, que são o foco central do Projeto Temático.

Dessa forma, as espécies que serão alvo dos estudos demográficos serão selecionadas a partir de levantamentos fitossociológicos que serão realizados em outros subprojetos envolvendo a equipe de vegetação do Projeto Temático. Para tanto, algumas características, além das já mencionadas, servirão de pré-requisito para esta escolha. Em primeiro lugar, a frequência destas espécies, ou seja, que as três estejam presentes em todas as áreas de estudo. Além da presença, é necessário considerar a abundância, para que a densidade encontrada não inviabilize a suficiência amostral. Outro requisito

muito importante é o fácil reconhecimento das espécies a campo, principalmente nas fases iniciais do seu desenvolvimento e em estágio vegetativo.

3.3 Estrutura populacional das espécies

Para a análise demográfica das três espécies, serão alocadas parcelas permanentes de 1 ha (100 m x 100 m) em cada uma das áreas de estudo (seis fragmentos e seis áreas contínuas). O local de instalação de cada parcela será definido como o ponto central de cada fragmento e área contínua, selecionado a partir da imagem de satélite. Posteriormente, estas parcelas serão subdivididas em subunidades (20 x 20 m) a fim de facilitar o trabalho de campo. Para garantir o caráter permanente destas, serão utilizados tubos de PVC com 1,5 m de altura (3/4" de diâmetro), além do seu georreferenciamento, conforme protocolo estabelecido em Condit (1998).

3.3.1 Censo – nestas parcelas de 1 ha serão inventariados e mapeados todos os indivíduos arbóreos pertencentes às três espécies em questão com diâmetro à altura do peito (DAP a 1,3 m do solo) igual ou superior a 1 cm. Indivíduos perfilhados serão incluídos desde que um dos perfilhos satisfaça o critério mínimo de inclusão, sendo registrado o DAP de cada um dos demais fustes. A influência de raízes tabulares na medida do diâmetro será evitada tomando-se as medidas 50 cm acima destas (Condit 1998). Cada indivíduo receberá uma pequena placa de alumínio, que será fixada ao caule através de um fio de náilon, na qual constará o código da sua localização e uma numeração referente ao seu número na população conforme a ordem de ingresso. A fim de prevenir erros nos recenseamentos, todos os indivíduos receberão uma marcação com spray de tinta colorida no ponto de medição do DAP (Condit 1998). Serão realizadas coletas testemunho das três espécies estudadas, em estágio reprodutivo, conforme as recomendações de Fidalgo & Bononi (1984) para incorporação à Coleção de Referência do Departamento de Ecologia IBUSP, e ao Herbário da USP (SPF) e ao Herbário do Instituto de Botânica São Paulo (SP).

Em cada uma das doze parcelas permanentes, será sorteado um ponto a partir do qual será definido um retângulo de 4 m x 100 m (400 m²) para a realização do censo e mapeamento dos indivíduos das classes de tamanho restantes de cada população, ou seja, com DAP < 1 cm e altura entre 20 e 130 cm. Para viabilizar o levantamento, estes retângulos serão subdivididos em subunidades de 1 m x 1 m. Da mesma forma como para os indivíduos com DAP ≥ 1 cm, todos os indivíduos inventariados receberão placas de alumínio codificadas.

A altura mínima de 20 cm para esta classe de tamanho foi definida com o intuito de selecionar plântulas já estabelecidas, evitando as recém germinadas, além de proporcionar uma identificação mais segura e confiável (Nicotra *et al.* 1999, Farris-Lopez *et al.* 2004). Destaca-se ainda que estas parcelas de

1 x 1 m (1 m²) vem sendo empregadas no estudo de plântulas e juvenis (Bebber *et al.* 2004, Farris-Lopez *et al.* 2004, são alguns exemplos), mas, conforme a densidade encontrada para cada espécie em questão, poderão ser testados outros tamanhos de parcela ou de área total amostrada.

O diâmetro dos indivíduos inventariados será medido com uma fita métrica graduada, para as árvores com DAP \geq 1 cm, e com um paquímetro, para as árvores com DAP $<$ 1 cm (Clark & Clark 1991, Clark *et al.* 1993), enquanto a altura total será estimada através da comparação a tubos conectados de tamanho conhecido. No entanto, para indivíduos com DAP $<$ 1 cm será medido também o diâmetro ao nível do solo (DNS) com um paquímetro (Clark *et al.* 1993, Fonseca *et al.* 2004). Indivíduos com altura inferior a 130 cm (ou 1,3 m) não possuirão medida de DAP, sendo, portanto, medido apenas o seu diâmetro ao nível do solo (DNS). Além disso, para a classe de tamanho de DAP $<$ 1 cm e altura entre 20 e 130 cm serão registradas também a presença de cotilédones ou cicatrizes cotiledonares bem como a presença ou testemunho de patógenos e atividade de herbivoria, incluindo-se insetos minadores e galhadores. Estas informações serão de extrema utilidade para auxiliar na interpretação das taxas mortalidade destes indivíduos.

3.3.2 Crescimento e recenseamento

Os indivíduos com DAP \geq 1 cm terão seu diâmetro monitorado semestralmente a partir de fitas dendrométricas (Daubenmire 1972, Reich & Borchert 1982, Pélissier & Pascal 2000, Baker *et al.* 2003). Estas fitas serão instaladas na altura de medição do DAP (1,3 m do solo) no momento do primeiro censo. Conforme recomendado nos trabalhos supracitados, deve ser considerado um período de ajuste das fitas ao fuste de pelo menos 30 dias antes de ser realizada a primeira leitura. Na presença de raízes tabulares ou irregularidades nos fustes, serão seguidas as mesmas especificações citadas no item 3.3.1. No caso de indivíduos perfilhados, será utilizada uma fita em cada fuste. As leituras semestrais serão realizadas sempre na mesma seqüência como tentativa de padronização do intervalo de tempo. As taxas de crescimento em diâmetro de cada espécie serão calculadas como a diferença entre duas medidas (da segunda em relação à primeira, e assim sucessivamente) dividida pela quantidade de tempo (Clark & Clark 1999).

Para os demais indivíduos (DAP $<$ 1 cm), o recenseamento será realizado anualmente, sendo avaliado o crescimento a partir dos diâmetros (DAP ou DNS) e da altura total. Entretanto, sabe-se que as estimativas de altura (cuja precisão é inversamente proporcional à altura do indivíduo) podem causar um erro na interpretação das taxas de crescimento. Diante disso, será definida a campo uma altura máxima confiável para uma avaliação do crescimento, a qual poderá ser particular de cada espécie estudada. As taxas anuais de crescimento em diâmetro e em altura de cada espécie serão calculadas como a

diferença entre duas medidas (do segundo censo em relação ao primeiro, e assim sucessivamente) dividida pela quantidade de tempo (= número de dias entre as medições/365) (Clark & Clark 1999).

3.3.3 Mortalidade e recrutamento

A mortalidade será definida como a morte propriamente dita ou o desaparecimento de um determinado indivíduo (Condit *et al.* 1995). A taxa anual de mortalidade (m) para cada espécie em cada classe de tamanho (considerando-se o DAP do início de cada intervalo) será calculada através do modelo exponencial (Swaine *et al.* 1987, Condit *et al.* 1995, Alves 2000, Fonseca 2001) conforme a seguinte equação:

$$m = -\ln \left((N_0 - N_m) / N_0 \right) / \Delta t$$

onde: N_0 = número de indivíduos no início do intervalo; N_m = número de indivíduos que morreram durante o intervalo; Δt = intervalo de tempo entre as duas amostragens

O recrutamento será definido tanto como a incorporação de novos indivíduos à população quanto a passagem das plantas de uma classe de tamanho para a outra. A taxa anual de recrutamento (i) para cada espécie em cada classe de tamanho será calculada a partir do ingresso anual de indivíduos nas classes conforme a seguinte equação (Alves 2000, Fonseca 2001):

$$i = \ln \left((N_0 + I) / N_0 \right) / \Delta t$$

onde: I = número de indivíduos ingressantes na classe de tamanho durante o intervalo

Será calculada também, para cada espécie em cada classe de tamanho e considerando-se todas as classes conjuntamente, a taxa de incremento anual (r), que revela o balanço entre as taxas de recrutamento e mortalidade, indicando como mudou a abundância populacional, conforme a seguinte equação (Alves 2000, Fonseca 2001):

$$r = \ln \left(N_1 / N_0 \right) / \Delta t$$

onde: N_1 = número de indivíduos ao final do intervalo

Neste cálculo, valores de $r = 0$ indicam estabilidade populacional, $r > 0$ indicam aumento populacional e $r < 0$ indicam declínio populacional.

3.3.4 Fenologia

O comportamento fenológico de espécies arbóreas tropicais é pouco estudado, principalmente no que diz respeito às árvores nativas na Mata Atlântica (Bencke & Morellato 2002). Estudos já demonstraram que uma avaliação concomitante das fenofases e das variações em diâmetro das espécies arbóreas pode proporcionar um melhor entendimento dos ritmos de crescimento (Daubenmire 1972, Reich & Borchert 1982).

Em cada uma das áreas amostradas nos fragmentos e nas áreas contínuas, todos os indivíduos com DAP ≥ 10 cm serão avaliados mensalmente quanto às fenofases de floração, frutificação e de brotamento e queda foliar (Bencke & Morellato 2002). Será realizada também uma estimativa da intensidade dos eventos fenológicos para cada indivíduo a partir de uma escala semiquantitativa (Bencke & Morellato 2002). Caso seja necessário, o DAP mínimo pode ser alterado evitando-se uma amostra menor do que dez indivíduos em cada área. As observações serão realizadas com auxílio de um binóculo e serão incluídos somente os indivíduos que apresentem uma boa visibilidade da copa (Bencke & Morellato 2002). Da mesma forma, os métodos de análise do comportamento fenológico das espécies seguem Bencke & Morellato (2002), que empregaram o percentual de intensidade de Fournier para descrever as fenofases e representá-las graficamente e o índice de atividade para estimar a sincronia dos eventos na população.

3.4 Influência da luz

Uma das questões centrais na demografia de plantas é de que modo a luz influencia no recrutamento e crescimento das espécies no interior da floresta (Clark 1994, entre outros). Para tentar entender como os diferentes estádios de desenvolvimento das espécies estudadas são afetados pela luz, será realizada uma análise das condições microambientais de luz em cada indivíduo.

Para os indivíduos com DAP ≥ 1 cm a avaliação das condições de luz será realizada através do método proposto por Clark & Clark (1987, 1992), que consiste na análise de três características, todas elas baseadas em estimativas visuais tomadas do solo: o índice de iluminação da copa (que varia de 1 – copa que não recebe luz direta a 5 – copa que completamente iluminada), o número de copas acima de determinado indivíduo e a fase sucessional da floresta (clareira, em regeneração e floresta madura).

Para os indivíduos com DAP < 1 cm e altura entre 20 e 130 cm (subunidades de 1m²) serão tomadas fotografias hemisféricas com lente “olho de peixe” do centro da subunidade a 50 cm do solo (Bebber *et al.* 2004). Estas fotografias serão analisadas posteriormente utilizando-se o software ‘Hemiview Canopy Analysis’ versão 2.0 (Delta-T Devices Ltda) (<http://www.delta-t.co.uk>) (Bebber *et al.* 2004). A partir da abertura relativa de dossel que estas fotografias revelarem, será calculada a proporção de radiação global sob o dossel, denominada ‘Global Site Factor’ (GSF) (Bebber *et al.* 2004). Além disso, cada uma destas subunidades também será classificada quanto à fase sucessional da floresta (clareira, em regeneração e floresta madura) conforme Clark & Clark (1987, 1992).

Apesar de serem uma medida indireta da luz disponível, as fotografias hemisféricas têm sido muito utilizadas na avaliação das condições de microsítios no interior de florestas, principalmente nos estudos de plântulas e indivíduos jovens (Nicotra *et al.* 1999, Clark *et al.* 1993, Bebber *et al.* 2004, são alguns exemplos), por serem um método relativamente prático e de baixo custo em relação a medidas diretas com sensores, como os 'Sensores PAR', também bastante empregados (Denslow & Guzman 2000, Farris-Lopez *et al.* 2004).

3.5 Análise estatística

Será empregada a análise de variância fatorial (Zar 1996) para a comparação das estimativas de parâmetros demográficos (crescimento, mortalidade e recrutamento) tendo como fatores fixos as espécies e o ambiente no qual cada população se enquadra. Espera-se encontrar interação entre os fatores ambiente e espécie já que se prevê respostas diferentes na dinâmica de populações de espécies de grupos ecológicos distintos submetidas à fragmentação florestal.

Com a finalidade de verificar a influência do fator luz na determinação dos parâmetros demográficos e excluí-lo na determinação do tamanho do efeito da variável resposta ao ambiente, serão feitas análises de covariância (Zar 1996) tendo os dois fatores fixos acima citados (espécie e ambiente), os parâmetros demográficos como resposta e a abertura do dossel como covariável. Espera-se, com a inclusão da co-variável, aumentar o poder do teste e interpretar melhor o efeito dos estratos e ambientes nas variáveis resposta.

3.6 Análise a partir de modelos matriciais e experimentos de resposta de tabela de vida

Para cada uma das espécies, em cada uma das áreas estudadas, serão construídas matrizes baseadas nas classes de tamanho que serão estabelecidas após o primeiro censo (Caswell 2001, Fonseca 2001). Estas matrizes, denominadas de transição, serão constituídas a partir das probabilidades anuais de sobrevivência dos indivíduos de determinada classe de tamanho, bem como da permanência destes na mesma classe (Caswell 2001). A partir destas matrizes, o comportamento das populações pode ser previsto através da taxa de crescimento λ , que é o autovalor da matriz, onde $\lambda > 1$ indica um crescimento da população, $\lambda < 1$ indica um declínio da população e $\lambda = 1$ indica estabilidade da população (Caswell 2001). Além das matrizes por população estudada, também serão construídas matrizes para cada espécie por tipo de habitat (para a paisagem fragmentada e para a paisagem

contínua). O λ de cada população será comparado entre a mesma espécie (para verificar diferenças entre o tipo de habitat) e entre as espécies em cada habitat (para verificar diferenças entre as características ecológicas de cada espécie).

Além disso, pretende-se simular a dinâmica populacional a partir de modelos matriciais estocásticos (Morris & Doak 2005) e explorar qual a contribuição para λ das diferentes taxas demográficas aplicando-se análises de experimentos de resposta de tabela de vida (*life table response experiment analyses - LTRE*) (Caswell 1989, 2001, Bruna & Oli *no prelo*).

4 Plano de trabalho e cronograma de execução

As diferentes etapas de desenvolvimento do presente projeto seguirão cronograma conforme o Quadro 1. Durante o primeiro trimestre, será feita a seleção das áreas a partir da imagem de satélite e a sua confirmação a campo. A partir daí, estudos fitossociológicos “pilotos” serão empregados para se determinar as características relevantes para a escolha das três espécies que serão estudadas (para detalhes ver Projeto Temático).

Uma vez definidas as áreas e as espécies, as áreas serão demarcadas a campo, iniciando-se o censo dos indivíduos conforme especificações constantes no ‘Materiais e métodos’. A partir daí, serão realizadas avaliações mensais dos indivíduos selecionados para análise do comportamento fenológico e semestrais para os que receberem as fitas dendrométricas. Anualmente serão recenseados os indivíduos de menor tamanho (DAP < 1 cm e altura entre 20 cm e 130 cm).

Os dados obtidos serão organizados e processados em planilhas do *Microsoft Excel*, sendo analisados à medida que cada etapa a campo seja concluída.

Quadro 1. Cronograma de execução do projeto.

| Atividades | 1º ANO | | 2º ANO | | 3º ANO | |
|--|-----------------------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | Semestres 2005/II | 2006/I | 2006/II | 2007/I | 2007/II | 2008/I |
| Revisão bibliográfica | | | | | | |
| Obtenção de créditos em disciplinas | | | | | | |
| Definição das áreas permanentes | | | | | | |
| Definição das espécies estudadas | | | | | | |
| Coleta dos dados a campo | | | | | | |
| Processamento dos dados | | | | | | |
| Análise dos dados | | | | | | |
| Exame de qualificação | | | | | | |
| Participação em congressos científicos | | | | | | |
| Redação de relatórios | | | | | | |
| Redação de artigos científicos | | | | | | |
| Redação final | | | | | | |
| Apresentação da tese | | | | | | |

5 Referências bibliográficas

- ALVES, L.F. *Estrutura, dinâmica e alometria de quatro espécies arbóreas tropicais*. 2000. 139 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- ALVES, L.F.; SANTOS, F.A.M. Tree allometry and crown shape of four tree species in atlantic rain forest, southeast Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v. 18, n. 2, p. 245-260, 2002.
- BAKER, T.R.; BURSLEM, D.F.R.P.; SWAINE, M.D. Associations between tree growth, soil fertility and water availability at local and regional scales in Ghanaian tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, v. 19, p. 109-125, 2003.
- BATISTA, W.B.; PLATT, W.J.; MACCHIAVELLI, R.E. Demography of a shade-tolerant tree (*Fagus grandifolia*) in a hurricane-disturbed forest. *Ecology*, v. 79, n. 1, p. 38-53, 1998.
- BAWA, K.S.; KRESS, W.J.; NADKARNI, N.M. Beyond paradise – meeting the challenges in tropical biology in the 21st century. *Biotropica*, v. 36, n. 3, p. 276-284, 2004.
- BEBBER, D.P.; BROWN, N.D.; SPEIGHT, M.R. Dipterocarp seedling population dynamics in Bornean primary lowland forest during the 1997-8 El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Tropical Ecology*, v. 20, p. 11-19, 2004.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica*, v. 25, n. 2, p. 237-248, 2002.
- BRUNA, E.M. Are plant populations in fragmented habitats recruitment limited? Tests with an amazonian herb. *Ecology*, v. 84, n. 4, p. 932-947, 2003.
- BRUNA, E.M.; OLI, M.K. Demographic effects of habitat fragmentation on a tropical herb: life-table response experiments. *Ecology*, no prelo.
- CASWELL, H. Analysis of life table response experiments 1. Decomposition of effects on population growth rate. *Ecological Modelling*, v. 46, p. 221-237, 1989.
- CASWELL, H. *Matrix population models: construction, analysis and interpretation*. Massachusetts: Sinauer, 2001.
- CLARK, D.A. Plant demography. In: McDADE *et al.* (eds.). *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. Chicago: University of Chicago Press, 1994. p. 90-105.

- CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological Monographs*, v. 62, n. 3, p. 315-344, 1992.
- CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Assessing the growth of tropical rain forest trees: issues for forest modeling and management. *Ecological applications*, v. 9, n. 3, p. 981-997, 1999.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A. Population ecology and microhabitat distribution of *Dipteryx panamensis*, a Neotropical rain forest emergent tree. *Biotropica*, v. 19, n. 3, p. 236-244, 1987.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. *Journal of Ecology*, v. 79, p. 447-457, 1991.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A.; RICH, P.M. Comparative analysis of microhabitat utilization by saplings of nine tree species in neotropical rain forest. *Biotropica*, v. 25, n. 4, p. 397-407, 1993.
- CONDIT, R. *Tropical forest census plots: methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other plots*. Berlin: Springer, 1998.
- CONDIT, R., HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Density dependence in two undersoty tree species in a neotropical forest. *Ecology*, v. 75, n. 3, p. 671-680, 1994.
- CONDIT, R., HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of severe drought. *Ecological Monographs*, v. 65, n. 4, p. 419-439, 1995.
- CONNELL, J.H.; GREEN, P.T. Seedling dynamics over a thirty-two years in a tropical rain forest tree. *Ecology*, v. 81, n. 2, p. 568-584, 2000.
- DAUBENMIRE, R. Phenology and other characteristics of the tropical semi-deciduous forest in north-western Costa Rica. *Journal of Ecology*, v. 60, p. 147-170, 1972.
- DAVIES, S.J. Tree mortality and growth in 11 sympatric *Macaranga* species in Borneo. *Ecology*, v. 82, n. 4, p. 920-932, 2001.
- DELISSIO, L.J.; PRIMACK, R.B. The impact of drought on the population dynamics of canopy-tree seedlings in an aseasonal Malaysian rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, v.19, p. 489-500, 2003.
- DENSLOW, J.S.; GUZMAN, G.S. Variantion in stand structure, light, and seedling abundance across a tropical moist forest chronosequence. *Journal of Vegetation Science*, v.11, p. 201-212, 2000.
- FARRIS-LOPEZ, K.; DENSLOW, J.S.; MOSER, B.; PASSMORE, H. Influence of a common palm, *Oenocarpus mapora*, on seedling establishment in tropical moist forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, v. 20, p. 429-438, 2004.
- FICHTLER, E.; CLARK, D.A.; WORBES, M. Age and long-term growth of trees in an old-growth tropical rainforest, based on analyses of tree rings and ¹⁴C. *Biotropica*, v. 35, n. 3, p. 306-317, 2003.

- FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R. (coords.). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984.
- FISCHER, E.; SANTOS, F.A.M. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. *Journal of Tropical Ecology*, v. 17, p. 903-909, 2001.
- FONSECA, M.G. Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP. 2001. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- FONSECA, M.G., MARTINI, A.M.Z.; SANTOS, F.A.M. Spatial structure of *Aspidosperma polyneuron* in two semi-deciduous forests in Southeast Brazil. *Journal of Vegetation Science*, v. 15, n. 1, p. 41-48, 2004.
- FRECKLETON, R.P.; SILVA MATOS, D.M.; BOVI, M.L.A.; WATKINSON, A.R. Predicting the impacts of harvesting using structured population models: the importance of density-dependence and timing of harvest for a tropical palm tree. *Journal of Applied Ecology*, v. 40, p. 846-858, 2003.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período de 1990-1995*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 1998.
- LAURANCE, W.F. *et al.* Ecosystem decay of amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology*, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.
- MARQUES, M.C.M.; JOLY, C.A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista brasileira de Botânica*, v.23, n.1, p. 107-112, 2000.
- MORELLATO, L.P.C.; HADDAD, C.F.B. Introduction: the brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.
- MORRIS, W.F.; DOAK, D.F. How general are the determinants of stochastic population growth rate across nearby sites? *Ecological Monographs*, v. 75, p. 119-137, 2005.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 852-858, 2000.
- NICOTRA, A.B.; CHAZDON, R.L.; IRIARTE, S.V.B. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology*, v. 80, n. 6, p. 1908-1926, 1999.
- OLIVEIRA, M.A.; GRILLO, A.S.; TABARELLI, M. Forest edges in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx*, v. 38, n. 4, 2004.

- PÉLISSIER, R.; PASCAL, J. Two-year tree growth patterns investigated from monthly girth records using dendrometer bands in a wet evergreen forest in India. *Journal of Tropical Ecology*, v. 16, p. 429-446, 2000.
- PERES, C.A.; BAIDER, C. Seed dispersal, spatial distribution, and size structure of Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) at an unharvested stand of eastern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, v. 13, p. 595-616, 1997.
- PERES, C.A. *et al.* Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. *Science* v. 302, p. 2112-2114, 2003.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.A.; PRANDINI, F.L. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo: ITP Monografias nº 5, v I, 1981.
- REICH, P.B.; BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of the tropical tree, *Tabebuia neochrysantha* (Bignoniaceae). *Ecology*, v. 63, n. 2, p. 294-299, 1982.
- REIS, A., KAGEYAMA, P.Y., REIS, M.S.; FANTINI, A. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana, em Blumenau, SC. *Sellowia*, v. 45-48, p.13-45, 1996.
- REIS, M.S., FANTINI, A., NODARI, R.O., REIS, A., GUERRA, M.P.; MANTOVANI, A. Management and conservation of natural populations in atlantic rain forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius). *Biotropica* v. 32, n. 4b, p. 894-902, 2000.
- RICHARDS, P.W. *The Tropical Rain Forest*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- RIPLEY, B.D. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society B*, v. 39, p. 172-212, 1977.
- SABESP. Programa de Conservação do Sistema Cotia. Relatório Conclusivo (tomo 3): Avaliação Ambiental. São Paulo: SABESP/Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 1997.
- SANTOS, F.A.M. Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 23, n. 2, p. 133-141, 2000.
- SANTOS, F.A.M., PEDRONI, F., ALVES, L.F.; SANCHEZ, M. Structure and dynamics of tree species of the Atlantic forest. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 70, p. 873-880, 1998.
- SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of northeast Brazil. *Nature*, v. 404, n. 2, p.72-74, 2000.
- SILVA MATOS, D.M., FRECKLENTON, R.P.; WATKINSON, A.R. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology* v. 80, n. 8, p. 2635-2650, 1999.
- SILVA MATOS, D.M. Herbivore and plant demography: a case study in a fragment of semideciduous forest in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v. 16, p. 159-165, 2000.

- SWAINE, M.D., LIEBERMAN, D.; PUTZ, F.E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of Tropical Ecology*, v. 3, n. x, p. 359-366, 1987.
- TABANEZ, A. A. J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. S. Conseqüências 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*, v. 57, n. 1, p. 47-60, 1997.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation* v. 91, p. 119-127, 1999.
- TABARELLI, M., SILVA, J.M.C.; GASCON, C. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation*, v. 13, p. 1419-1425, 2004.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
- WATKINSON, A.R. Plant population dynamics. In: CRAWLEY, M.J (ed.). *Plant Ecology*. 2nd ed. Oxford: Blackwell Science, 1997. p.359-400.
- ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall International, 1996.