



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DANIEL CARATTI

**EFEITO DE BORDA SOBRE A ESTRUTURA
POPULACIONAL E A ARQUITETURA DE SEIS ESPÉCIES
ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL**

DANIEL CARATTI

**EFEITO DE BORDA SOBRE A ESTRUTURA
POPULACIONAL E A ARQUITETURA DE ESPÉCIES
ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração em Botânica da Universidade Estadual de Londrina (UEL) para obtenção do Título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pimenta.

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C262e Caratti, Daniel.

Efeito de borda sobre a estrutura populacional e a arquitetura de seis espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil / Daniel Caratti. – Londrina, 2013.
60 f. : il.

Orientador: José Antonio Pimenta.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia vegetal. 2. Plantas – População. 3. Plantas – Alometria. 4. Crescimento (Plantas). 5. Mata Atlântica. I. Pimenta, José Antonio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 581.5

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: Daniel Caratti

Título: "Efeito de borda sobre a estrutura e a arquitetura de espécies arbóreas numa floresta estacional semidecidual do sul do Brasil".

Data da Defesa: 07 de outubro de 2013 - 14.00 hs, na sala de aula da Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas do Centro de Ciências Biológicas, desta Universidade.

Banca Examinadora

Parecer

Presidente:

Dr. José Antonio Pimenta

APROVADO

Titulares:

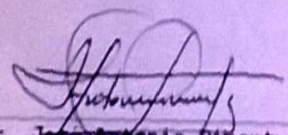
Dr^a. Christiane Erondina Correa

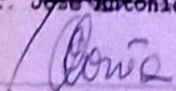
APROVADO

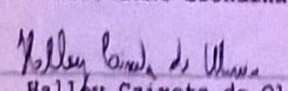
Dr. Halley Caixeta de Oliveira

APROVADO

Parecer Final APROVADO


Dr. José Antonio Pimenta


Dr^a. Christiane Erondina Correa


Dr. Halley Caixeta de Oliveira

AGRADECIMENTOS

A minha família que é a base para tudo o que sou e conquistei até hoje.

À Universidade Estadual de Londrina através do Programa de Mestrado em Ciências Biológicas e à Capes pela possibilidade de realização do curso.

Ao Instituto Ambiental do Paraná por permitir o acesso ao Parque Estadual Mata dos Godoy.

Ao meu amigo e orientador, Prof. Dr. José Antonio Pimenta, por toda sua acessibilidade, conhecimento, sabedoria e paciência.

À Prof. Dr. Halley Caixeta de Oliveira e Dr. Waldemar Zangaro Filho por contribuírem com o enriquecimento da pesquisa fazendo parte da banca de qualificação.

Ao Prof. Dr. Edmilson Bianchini pela orientação, amizade e acessibilidade.

À Prof^a. Dr. Christiane E. Corrêa pela dedicação na correção e por contribuir com o enriquecimento da pesquisa fazendo parte da banca de avaliação.

Aos amigos que me ajudaram em campo, até mesmo no declive denominado por muitos “do inferno”: Mariana, Perla, Pâmela, Miti, Eloisa, Gabi, Mauricio, Paulinho Gutierrez, Paola, Elson, Tio, Vitor, Bokinha e aos calouros do 1º ano de 2012, Pumba, Angelica, Jéssica, Kisuco, Pakita entre outros que não me recordo o apelido.

A Doutoranda Luciana Franci agradeço muito pela estadia, paciência, festas e muito aprendizado em Campinas e aos mestres Diego Resende Rodrigues e Yves Rafael Bovolenta também pela transmissão de conhecimento.

A Paulinha que na reta final foi essencial por inúmeros motivos.

Aos companheiros da ONG MAE, Saru, Duka, Maka, Goes etc., que sempre me apoiaram e serviram como ótimos exemplos de biólogos.

A todos aqueles que festaram, apoiaram e acreditaram em mim, assim como os incríveis colegas que passaram ou ainda se encontram na Rep. “Caçamba”; “Celular”, “Vermes”, André, Samuca, Duh, Gui, Lucão, Marcinho, Vicentão, Mat, Mineiro. Enfim a todos que de alguma maneira fizeram parte dessa minha jornada nos últimos 2 anos e meio, espero, ao longo desse percurso, já ter deixado clara a minha gratidão e a importância que tiveram nessa minha conquista.

*“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantarmo-nos
sempre depois de cada queda.”*
(Confúcio)

CARATTI, Daniel. **Efeito de borda sobre a estrutura populacional e a arquitetura de seis espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual do Sul do Brasil.** 2013. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar, entre área de interior e de borda de uma Floresta Estacional Semidecidual, a abundância, as estruturas espacial e de tamanho e a arquitetura de indivíduos de diferentes espécies arbóreas para determinar se há influência de diferentes fatores bióticos e abióticos dessas áreas com a abundância de cada espécie. Foram estudadas três espécies de subosque (*Actinostemon concolor* (Spreng.), *Guarea kunthiana* (A.Juss), *Trichilia clausenii* (C. DC)) e três de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart e *Euterpe edulis* (Mart). Os indivíduos foram mapeados e medidos quanto a altura total (H), o diâmetro a altura do peito (DAP), a esbeltez do caule (EC) e a profundidade da copa (PC). Foram avaliados os seguintes parâmetros abióticos e bióticos: índice de cobertura de dossel, umidade do solo e do ar, temperatura, composição química do solo, cobertura vegetal do solo, porcentagem de lianas e de epífitas avasculares. Observou-se distribuição espacial de forma diferente entre a área de borda (AB) e de interior (AI). *A. concolor* e *T. clausenii* (subosque) ocuparam preferencialmente a borda e *E. edulis* o interior. Espécies de grupos funcionais diferentes (*G. kunthiana*/ subosque e *C. canjerana*/ dossel) apresentaram densidades iguais em AB e AI e se estabeleceram aleatoriamente no gradiente borda até o interior. Dentre os fatores bióticos e abióticos, somente a porcentagem de liana se correlacionou com a abundância de duas espécies, *C. canjerana* positivamente e com *E. edulis* negativamente. A área de borda possui maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro, caracterizando área perturbada, em estádios iniciais de regeneração. No interior, foram observados os maiores valores de H, DAP e PC, exceto em *A. polyneuron*. Indivíduos em áreas sombreadas apresentaram maiores alturas, copas mais profundas (importante para maior interceptação de luz) e com maior diâmetro (importante para sustentação da copa). Nas duas espécies que apresentaram maior plasticidade de copa (*G. kunthiana*/subosque e *C. canjerana*/dossel) foi observada completa aleatoriedade espacial, sugerindo que alto nível de plasticidade da copa é uma característica importante para a competição, sobrevivência e estabelecimento em condições de baixa luminosidade.

Palavras-chave: Distribuição espacial. Aalometria. Estrutura de tamanho. Grupo funcional. Subosque. Dossel. Floresta Atlântica. Correlação ambiental.

CARATTI, Daniel. **Edge effect on the population structure and architecture in six tree species of lowland forest in southern Brazil fragment**. 2013. 60p. Dissertation (Masters in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

This study aimed to compare the interior and forest edge of a semideciduous forest concerning the abundance, spatial structures, architecture and size of individuals of different tree species. Also correlate different biotic and abiotic factors of these areas with the abundance of each species. The species studied were: *Actinostemon concolor* (Spreng.), *Guarea kunthiana* (A.Juss), *Trichilia claussenii* (C. DC) (understory) and *Aspidosperma polyneuron* (Mull. Arg), *Cabrlea canjerana* (Vell.) and *Euterpe edulis* Mart (Mart) (canopy/emergent). All plants were mapped and measured for, the total height (H), diameter at breast height (DBH), lenderness of the stem (SS) and the depth of the crown (DC). Abiotic and biotic factors were evaluated: coverage ratio canopy soil moisture and air temperature, chemical of soil, ground cover, percentage of lianas and avascular epiphytes. It was observed differently spatial distribution between the edge and interior forest, *A. concolor* and *T. claussenii* (understory) preferentially occupied the edge and *E. edulis* the interior forest. Species of different functional groups (*G. kunthiana* / *C. canjerana* and understory / canopy) possessed equal densities in the edge and interior forest and settled randomly through forest parts. Among the biotic and abiotic factors, only liana correlated with the abundance of the two species, *C. canjerana* positively and *E. edulis* negatively. The edge has a higher number of individuals in the smaller diameter classes, featuring disturbed area in the early stages of regeneration. Inside forest area were the highest values of H, DBH and DC were observed in all species, except *A. polyneuron*. Individuals in shaded areas were higher, had deeper crown (most important for light interception) and greater diameter (important to support the crown). The two species that had greater crown plasticity (*G. kunthiana* / *C. canjerana* and understory / canopy), showed similar densities in both areas and complete spatial randomness, suggesting that a high level of crown plasticity is an important feature for competition, survival and establishment in low light conditions.

Keywords: Spatial distribution. Allometry. Size structure. Functional group. Understory. Canopy. Atlantic Forest. Environmental correlation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização e delimitação do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR..... 28
- Figura 2** – Fragmento florestal do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (retângulo vermelho) da localização da área amostral 35
- Figura 3** – Área amostral esboçando os pontos de amostragem dos dados bióticos e abióticos. Em preto o transecto principal (200m) e em verde os subtransectos (60m). Traços pequenos azuis, ponto de amostragem a cada 10m do subtransecto. Ponto vermelho – instalação de datalogger a cada 50m no transecto principal para amostragem de umidade e temperatura..... 36
- Figura 4** – Área amostral esboçando as 60 parcelas amostradas para o estudo das correlações das variáveis bióticas e abióticas com abundância de cada espécie 41
- Figura 5** – Área amostral categorizada em área de borda (AB) e área de interior (AI), representadas pelos retângulos pretos..... 33
- Figura 6** – Temperatura e umidade do ar no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil, durante a estação chuvosa(A) e na estação seca (B) 36
- Figura 7** – Padrão espacial das populações arbóreas de subosque ((A) *Actinostemon concolor*, (B) *Guarea kunthiana*, (C) *Trichilia claussenii*) e de dossel/emergente ((D) *Aspidosperma polyneuron*, (E) *Cabrlea canjerana*, (F) *Euterpe edulis*) no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil: a esquerda padrão espacial observado e a direita mapas das árvores, As linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança de 99,9%, dentro das quais se aceita completa aleatoriedade espacial (CAE)..... 38
- Figura 8** – Padrão espacial das populações arbóreas de dossel/emergente ((A) *Aspidosperma polyneuron*, (B) *Cabrlea canjerana*, (C) *Euterpe edulis*) no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil: a) padrão espacial observado b) mapas das árvores, As linhas tracejadas indicam os

envelopes de confiança de 99,9%, dentro das quais se aceita completa Aleatoriedade espacial (CAE). * o ponto preto em (A) representa o primeiro indivíduo menor que 10m de *A. polyneuron*) 39

Figura 9 – Classes de distribuição de diâmetro altura do peito (DAP) de indivíduos de espécies arbóreas de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Euterpe edulis*) na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. Barra branca – área de borda e barra cinza – área de interior..... 42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Descritores arquiteturas utilizadas nas análises..... 31
- Tabela 2** – Média (\pm erro padrão) dos fatores ambientais bióticos e abióticos: Índice de cobertura de dossel verão (ICDV), Índice de cobertura de dossel inverno (ICDI), Lianas, Epífitas avasculares(EA), Cobertura vegetal do solo (CVS), Umidade do solo (US) das áreas de borda e para análise química do solo: Concentração de carbono orgânico (C), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg⁺⁺), potássio (K), soma de bases (S), grau de acidez (pH), acidez potencial (H+Al), área de borda (AB) e de interior (AI) da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. As AB e AI foram comparadas pelo teste de F (ANOVA)..... 35
- Tabela 3** – Densidade de espécies de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana* e *Trichilia clausenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabrlea canjerana* e *Euterpe edulis*) no gradiente de borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil..... 36
- Tabela 4** – Comparações das estruturas de tamanho dos indivíduos das espécies arbóreas de subosque, *Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*, e de dossel/emergente *Aspidosperma polyneuron*, *Cabrlea canjerana* e *Euterpe edulis* na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil, pelo teste de Kolmogorov- Smirnov (D)..... 41
- Tabela 5** – Coeficiente de assimetria (skewness) da estrutura de tamanho (diâmetro) das populações de espécies arbóreas de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabrlea canjerana*, *Euterpe edulis*) na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil..... 41
- Tabela 6** – Média (\pm erro padrão) da altura (H), DAP- diâmetro a altura do peito, PC- profundidade da copa, EC- esbeltez do caule e densidade (número de indivíduos por hectare) de indivíduos com perímetro a altura do peito >15 cm, de espécies arbóreas na área de borda e de interior da Floresta

Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. AB e AI foram comparadas pelo teste de F (ANOVA), ns= não significativo 44

Tabela 7 – Estimativa dos parâmetros das regressões lineares (a , b e r^2) entre os descritores: H- altura, DAP- diâmetro, PC- profundidade da copa, EC- esbeltez do caule ($\log y = a + b \log x$) de indivíduos $>4,77$ D, de espécies arbóreas na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si - ANCOVA ($p < 0,05$), r^2 = coeficiente de determinação (ANOVA * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$), n= número de indivíduos, ns= não significativo 45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS	16
2.1	<i>ACTINOSTEMON CONCOLOR</i> (SPRENG.) MULL. ARG.....	16
2.2	<i>GUAREA KUNTHIANA</i> A. JUSS.	16
2.3	<i>TRICHILIA CLAUSSENI</i> C. DC.	16
2.4	<i>ASPIDOSPERMA POLYNEURON</i> MULL. ARG.	16
2.5	<i>CABRALEA CANJERANA</i> (VELL.) MART.....	17
2.6	<i>EUTERPE EDULIS</i> MART.	17
	REFERÊNCIAS	18
	CAPÍTULO 1 – EFEITO DE BORDA SOBRE A ESTRUTURA POPULACIONAL E A ARQUITETURA DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL	23
	RESUMO	24
	ABSTRACT	25
1	INTRODUÇÃO	26
2	MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	27
2.2	ESPÉCIES ESTUDADAS.....	29
2.3	COLETA DE DADOS	29
2.4	ANÁLISE DOS DADOS	33
3	RESULTADOS	34
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	34
3.2	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL	37
3.3	ESTRUTURA DE TAMANHO	40
3.4	RELAÇÕES ALOMÉTRICAS.....	42
4	DISCUSSÃO	46
5	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Bioma Mata Atlântica ocupa uma área de 1.110.182 km², o que corresponde a aproximadamente 13% do território nacional. Este bioma é formado por um complexo e exuberante conjunto de ecossistemas florestais, que possuem estruturas e composições bastante diferenciadas de acordo com as características climáticas de cada região.

Por estas características o Bioma Atlântico assume um papel de grande importância ecológica por abrigar uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil, reconhecida nacional e internacionalmente.

Apesar disso, é também um dos biomas mais ameaçados do mundo devido aos constantes decréscimos dos habitats nas suas variadas tipologias (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2009). Estima-se que sua área atual esteja reduzida a cerca de 7% da área original em remanescentes extremamente fragmentados (Myers *et al.* 2000, Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2011), sendo que 83,4% desses fragmentos possuem menos de 50 ha (Ribeiro *et al.* 2009). A dinâmica da destruição foi mais acentuada nas últimas três décadas devido ao intenso uso e ocupação, pelas extensas porções de áreas urbanas e agropecuárias, resultando em alterações severas para os ecossistemas, devido a alta fragmentação do habitat e perda de sua biodiversidade. O resultado atual é a perda quase total das florestas originais intactas e a contínua devastação dos remanescentes florestais existentes, que coloca o Bioma Atlântico em posição de destaque no mundo, como um dos conjuntos de ecossistemas mais ameaçados de extinção (Myers *et al.* 2000, Fundação SOS Mata Atlântica/INPE 2009).

No estado do Paraná não foi diferente. No final do século XIX a cobertura vegetal foi reduzida a aproximadamente 83,5% da original, em função da ocupação humana imigrante e, em meados da década de 1960, aproximadamente três quartos de floresta nativa já haviam sido retirados por ação antrópica, restando, atualmente, cerca de 2% do total (Soares & Medri 2002). Uma das principais causas para tal problema é atribuído à fertilidade do solo, que acabou por desencadear uma intensa atividade agrícola, reduzindo toda a cobertura vegetal existente a pequenos fragmentos florestais (Anjos 1998).

A fragmentação florestal pode ser entendida como a substituição de grandes áreas de floresta nativa por outros ecossistemas, restando apenas fragmentos florestais isolados, acarretando consequências deletérias, como a perda de habitats, para grande parte da biota de floresta nativa (Murcia 1995). Esse problema é reconhecido como uma das principais

ameaças à biodiversidade (Primack & Rodrigues 2001), podendo resultar na extinção de espécies.

Devido ao intenso desmatamento ocorrido nas últimas décadas, é de suma importância que sejam desenvolvidos estudos a respeito desse ecossistema para entender melhor as consequências do processo de fragmentação e a estrutura e dinâmica de comunidade sob a nova configuração do habitat. Já foram realizados estudos com esta abordagem por Oliveira Filho *et al.* 1994, Botrel *et al.* 2002, Costa *et al.* 2005, Didhan & Lawton 1999 e Oliveira Filho *et al.* 2007.

Além da heterogeneidade ambiental relacionada a ações antrópicas no meio ambiente, também há as alterações que ocorrem naturalmente devido a condições locais, como por exemplo, microclimáticas, topográficas e edáficas, as quais caracterizam os ecossistemas. Sendo então um ponto importante a ser analisado, como apontam outros estudos sobre fragmentação florestal (Botrel *et al.* 2002, Delgado *et al.* 2007, Pavanelli *et al.* 2011, Cardoso & Schiavini 2002, Carvalho *et al.* 2005).

A heterogeneidade ambiental se refere à distribuição descontínua dos fatores abióticos e bióticos ao longo do espaço (Dale 1999), e tal variação é dependente da escala de estudo (Li & Reynolds 1995). Na escala micro local, a heterogeneidade ambiental está associada com a variação espacial de micro sítios adequados, por exemplo, para a germinação de sementes e o estabelecimento de espécies vegetais (Hutchings 1989).

A heterogeneidade florística espacial do componente arbóreo do Bioma Atlântico, na região sudeste do Brasil, tem sido relacionada a variações climáticas e altitudinais, dentro de uma escala geográfica mais ampla (Oliveira Filho & Fontes, 2000, Schudeller *et al.* 2001). Contudo as variações micro ambientais, como as topográficas e edáficas que ocorrem em escala de dezenas de metros também exercem importante papel na organização espacial dessa vegetação arbórea (Rodrigues *et al.* 1989, Salis *et al.* 1995, Torres *et al.* 1997, Botrel *et al.* 2002, Poulsen *et al.* 2006). Em áreas acidentadas o efeito do solo na vegetação pode ser modificado pela topografia, sendo que o pH, a umidade, a quantidade de nutrientes e a textura do solo são os principais fatores edáficos que podem ser modificados (Clark 2002).

Fatores bióticos também alteram a estruturação de uma comunidade florestal, quer seja devido às interações associativas positivas ou por interações negativas como a competição entre espécies (Townsend *et al.* 2006). Diferentes espécies podem coexistir, compartilhando os mesmo fatores bióticos e abióticos, se houver diferenciação ecológica significativa de seus nichos realizados (Townsend *et al.* 2006).

Diversos estudos propuseram o papel de fatores ambientais na determinação de mudanças na composição de espécies e na abundância de indivíduos de determinadas espécies em larga escala nas florestas tropicais (Gentry 1988, Vormisto *et al.* 2000, Tuomisto *et al.* 2003, Poulsen *et al.* 2006, ter Steege *et al.* 2006, Bianchini *et al.* 2010). Entretanto, estudos em menores escalas têm recebido menos atenção (Clark *et al.* 1995, Costa *et al.* 2005, Kinupp & Magnusson 2005, Jones *et al.* 2006, Costa 2006), apesar de a heterogeneidade ambiental nessa escala ter sido usada para explicar a diversidade das florestas tropicais (Ricklefs 1977, Clark *et al.* 1998, Condit *et al.* 2002).

A diversidade de interações entre fatores ambientais e as respectivas respostas das espécies resulta em um mosaico de habitats cujos componentes podem se repetir no espaço e no tempo. Um fragmento florestal, por menor que seja, pode conter vários componentes do mosaico de habitats relacionados, por exemplo, à fase sucessional e ao efeito de borda (Garwood 1983, Augspurge 1984, Ashton & Hall 1992, Burslem 1996, Clark *et al.* 1998).

Devido à transição normalmente abrupta entre a matriz ao redor da floresta e a margem da floresta, existem variações significativas de determinados fatores ambientais entre o interior e a borda. É encontrando na borda: maiores temperaturas, intensidade luminosa e velocidade do vento e menores umidade do ar e do solo (Davies-Colley *et al.* 2000, Gandolfi 2000). Essas alterações resultam em mudanças na abundância, na estrutura populacional e na arquitetura dos indivíduos das espécies (MacDougall & Kellman 1992, Didhan & Lawton 1999, Pavanelli 2011).

Para entender a diversidade e os processos que regulam a dinâmica e a estrutura de comunidades naturais é essencial estudar a estrutura de suas populações (Connell *et al.* 1984, Santos 2002). Alterações na estrutura vegetacional (espacial e de tamanho) são evidentes quando grupos de indivíduos de determinadas espécies que ocorrem no interior de floresta e borda são comparados (Didhan & Lawton 1999, Oos-terhoorn & Kappelle 2000, Delgado *et al.* 2007).

Documentar padrões de abundância e distribuição dos organismos e desenvolver teorias para explicá-los é um tema de estudo central na Ecologia (Schnitzer 2005). As variações abióticas e bióticas provocadas pelo efeito de borda, por exemplo, estão relacionadas com variações de abundância (Oliveira Filho *et al.* 1994, Botrel *et al.* 2002, Costa *et al.* 2005, Didhan & Lawton 1999), também podem levar a diferenças alométricas entre indivíduos de uma mesma espécie (Holt 1995, Archibald & Bond 2003, Sposito & Santos 2001). As relações alométricas das plantas são diretamente influenciadas pelo ambiente, que

alteram o padrão arquitetural dos indivíduos podendo resultar em indivíduos maiores, com copas apresentando maiores áreas e mais profundas de acordo, por exemplo, com a intensidade luminosa (King 1996).

O estudo da estrutura de tamanho em um curto período promove dados capazes de identificar padrões gerais das populações (Henriques & Souza 1989, Wright *et al.* 2003). Segundo Kelly *et al.* (2001) a estrutura de tamanho de uma população é a síntese de eventos demográficos de recrutamento, mortalidade e taxas de crescimento ao longo do tempo, demonstrando uma riqueza de informações demográficas das espécies, podendo dessa forma conhecer os padrões de regeneração no passado e presente de uma espécie (Knowles & Grant 1983, Agren & Zackrisson 1990).

Este estudo foi desenvolvido com seis espécies arbóreas representativa da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy (Soares-Silva & Barroso 1992) e teve como objetivos: 1) comparar a estrutura populacional (espacial e de tamanho) e a arquitetura de indivíduos de *Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cabranea canjerana* e *Euterpe edulis* que ocorrem em área no interior da floresta com aquelas que ocorrem na área de borda; 2) verificar a influência de fatores bióticos e abióticos na abundância das seis espécies arbóreas nas diferentes áreas. De acordo com os objetivos, duas questões foram abordadas: (1) Ocorre variação na abundância, na estrutura espacial e de tamanho e na arquitetura de indivíduos já estabelecidos na floresta quando se compara áreas do interior da floresta com áreas de borda?; (2) Existem distintas respostas entre as espécies estudadas quando se analisa as correlações dos fatores bióticos e abióticos característicos de cada área (interior e borda) com a abundância de cada espécie?

2 CARACTERÍSTICAS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

2.1 *ACTINOSTEMON CONCOLOR* (SPRENG.) MULL. ARG.

Popularmente conhecida como laranjeira do mato, pertence à família Euphorbiaceae, é uma espécie arbórea de subosque, tolerante a sombra. Floresce de agosto até janeiro. É uma planta esciófita, autocórica, que ocorre preferencialmente no interior das florestas maduras situadas em solos úmidos, início das encostas e em solos rochosos do alto das encostas (Reitz 1988).

2.2 *GUAREA KUNTHIANA* A.JUSS.

Popularmente conhecida como Peloteira, pau d'arco, pertencente à família Meliaceae. Arvoreta de 4 a 10 m de altura no Sul do Brasil. Espécie esciófita e seletiva higrófita e zoocórica. Floresce e frutifica ao longo do ano. No Sul do Brasil é exclusiva da Floresta Estacional Semidecidual da bacia do rio Paraná, onde apresenta expressiva e descontínua dispersão até o Parque Nacional do Iguaçu (Klein 1984).

2.3 *TRICHILIA CLAUSSENII* C. DC.

Popularmente conhecida como catiguá, pertence à família Meliaceae, semidecídua, arbórea de subosque, com 1 a 14 m de altura e dispersão zoocórica. Floresce entre outubro-novembro e a maturação de seus frutos ocorre entre maio-junho. Aparentemente indiferente as condições físicas do solo, característica da floresta semidecídua da bacia do Paraná (Lorenzi 2000).

2.4 *ASPIDOSPERMA POLYNEURON* MULL. ARG.

Popularmente conhecida como Peroba rosa, pertence à família Apocynaceae, é anemocórica, arbórea emergente, com indivíduos adultos atingindo 20 a 30 metros de altura. Foi classificada como secundária tardia ou tolerante a sombra (Bernacci & Leitão-Filho 1996), ou seja, espécie que se desenvolve no subosque em condições de sombra densa ou leve, podendo aí permanecer toda vida ou então crescer até o dossel ou a condição emergente (Lorenzi 2000).

2.5 *CABRALEA CANJERANA* (VELL.) MART.

Popularmente conhecida como canjarana, pertencente à família Meliaceae, é arbórea de dossel, tolerante a sombra e zoocórica. Floresce em mais de uma época do ano, porém com maior intensidade entre setembro e outubro. Os frutos também amadurecem em mais de uma época, predominantemente entre agosto e novembro. É uma planta decídua, encontrada em quase todas as formações vegetais. Apesar de ser mais comum na floresta primária, pode também ser encontrada como planta pioneira e secundária nas capoeiras e capoeirões. Parece preferir solos argilosos e úmidos de encosta, uma vez que é rara em terrenos secos (Lorenzi 2000).

2.6 *EUTERPE EDULIS* MART.

Pertence à família Arecaceae, possui o estipe simples (único), cresce até 20 m de altura. Floresce durante um longo tempo, iniciando em setembro prolongando-se até dezembro, em consequência frutifica também por um longo período entre abril-agosto (Lorenzi 2000). É amplamente distribuída geograficamente, apresenta grande abundância na área de ocorrência, curto ciclo de vida, posicionamento no estrato médio da floresta, forte interação com a fauna (Reis & Guerra 1999).

É popularmente conhecida como palmitero juçara, jiçara ou ripa, produtora do palmito branco (Lorenzi & Mello Filho 2001). O palmitero caracteriza-se por produzir palmito de excelente qualidade, com valor econômico elevado e amplamente consumido na alimentação humana, porém é uma planta que não rebrota na base, sendo incapaz de produzir perfilhos, o que acarreta na morte da planta após corte do palmito (Tsukamoto Filho *et al.* 2001).

REFERÊNCIAS

- Agren, J. & Zackrisson, O.** 1990. Age and size structure of *Pinus sylvestris* populations on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology* 78: 1049-1062.
- Anjos, L.** 1998. Conseqüências biológicas da fragmentação no norte do Paraná. *Série Técnica IPEF*, 12: 87-94.
- Archibald, S. & Bond, W.J.** 2003. Growing tall vs. growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos* 102: 3-14.
- Ashton, P.S. & Hall, P.** 1992. Comparisons of structure among mixed dipterocarp forests of north-western Borneo. *Journal of Ecology* 80: 459-481.
- Augsburger, C.** 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gaps, and pathogens. *Ecology* 65: 1705-1712.
- Bernacci, F.C. & Leitão-Filho, H.F.** 1996. Flora fanerogâmica da floresta da fazenda São Vicente, Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*. 19: 149-164.
- Bianchini, E., Garcia, C.C., Pimenta, J.A. & Torezan, J.M.D.** 2010. Slope variation and population structure of trees species from different ecological groups in South Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 643-652.
- Botrel, R.T., Oliveira-Filho, A.T., Rodrigues, L. & Curi, N.** 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutural da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 195-213.
- Burslem, D.F.R.P.** 1996. Differential responses to nutrients, shade and drought among tree seedlings of lowland tropical forest in Singapore. In: *The ecology of tropical forest tree seedlings* (M.D. Swaine, ed.). UNESCO, Paris 211-244.
- Cardoso, E. & Schiavini, I.** 2002. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG) *Revista Brasileira de Botânica* 25: 277-289.
- Carvalho, D.A., de Oliveira Filho, A.T., Vilela, E.A., Curi, N., Van den Berg, E., Fontes, M.A.L., Marques & Botzelli, L.** 2005. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 329-345.
- Clark, D.B.** 2002. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: M. Guariguata & G. Kattan (eds.) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago: Ediciones LUR 193-221.
- Clark, D.B., Clark, D.A. & Read, J.M.** 1998. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. *Journal of Ecology*. 86: 101-112.

- Clark, D.A., Clark, D.B., Sandoval, R.M. & Castro Vinicio, M.C.** 1995. Edaphic and human effects on landscape-scale distributions of tropical rain forest palms. *Ecology*, 76: 2581-2594.
- Costa, F.R.C., Magnusson, W.E. & Luizão, R.C.** 2005. Mesoscale distribution patterns of Amazonian understory herbs in relation to topography, soil and watersheds. *Journal of Ecology* 93: 863-878.
- Costa, F.R.C.** 2006. Mesoscale gradients of herb richness and abundance in Central Amazonia. *Biotropica* 38: 711-717.
- Condit, R., Pitman, N., Leigh, E.G., Chave, J., Terborgh, J., Foster, R.B., Nunez V, P., Aguilar, S., Valencia, R., Villa, G., Muller-Landau, H.C., Losos, E. & Hubbell, S.P.** 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666–669.
- Connell, J.H., Tracey, J.G. & Webb, L.J.** 1984. Compensatory recruitment, growth, and mortality as factors maintaining rainforest tree diversity. *Ecological Monographs* 54:141-164.
- Dale, M.R.T.** 1999. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge: Cambridge University 326.
- Davies-Colley, R.J., Payne, G.W. & van Elswijk, M.** 2000. Microclimate gradients across a forest edge. *N. Z. Journal of Ecology* 24: 111–121.
- Delgado, J.D., Arroyo, N.L., Arévalo, J. R., & Fernández-Palacios, J.M.** 2007. Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). *Landscape and Urban Planning* 81: 328-340.
- Didham, R.K. & Lawton, J.H.** 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* 3: 17-30.
- Fundação SOS Mata Atlântica/ INPE.** 2009. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica Período 2005-2008. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Fundação SOS Mata Atlântica/ INPE.** 2011. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica Período 2008-2010. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Gandolfi, S.** 2000. História natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (SP, Brasil). Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Garwood, N.C.** 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs* 53:159-181.
- Gentry, A.H.** 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Botanic Garden* 75: 1–34.
- Henriques, R.P.B. & Souza, E.C.E.G.** 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 21: 204-209.

- Holt, J.S.** 1995 Plant response to light: a potential tool for weed management. *Weed Science*, West Lafayette 43: 474-482.
- Hutchings, M.J.** 1989. The structure of plant populations. In: Crawley, M.J. (Ed.). *Plant Ecology*. Oxford, Oxford Blackwell 97-136.
- Jones, M.M., Tuomisto, H., Clark, D.B. & Olivas, P.** 2006. Effects of mesoscale environmental heterogeneity and dispersal limitation on floristic variation in rain forest ferns. *Journal of Ecology* 94: 181–195.
- Kelly, C.K., Smith, H.B., Buckley, Y.M., Carter, R., Franco, M., Johnson, W. & Waterman, C.** 2001. Investigations in commonness and rarity: a comparative analysis of cooccurring, congeneric Mexican trees. *Ecology Letters* 4: 618-627.
- King, D.A.** 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of tropical ecology* 12: 25-44.
- Kinupp, V.F. & Magnusson, W.E.** 2005. Spatial patterns in the understory genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology* 21: 363-374.
- Klein, R.M. & Sleumer, H.O.** 1984. *Flora Ilustrada Catarinense – Flacourtiáceas*, 1ª parte. Raulino Reitz ed. Herbário Barbosa Rodrigues, Santa Catarina, Brasil 96.
- Knowles, P. & Grant, M.** 1983. Age size structure analyses of Engelman spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limber pine in Colorado. *Ecology* 64:1-9.
- Li, H. & Reynolds, J.F.** 1995. On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos* 73: 280-284.
- Lorenzi, H.** 2000. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. São Paulo: Plantarum Ltda. v.1.
- Lorenzi, H. & Mello Filho, L.E.** 2001 *As plantas tropicais de R. Burle Max*. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora 504.
- MacDougall, A. & Kellman, M.,** 1992. The understory light regime and patterns of tree seedlings in tropical riparian Forest patches. *Journal of Biogeography* 19: 667-675.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A., & Kent, J.** (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Murcia, C.** 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.
- Myers, N., Mittermeyer, R.A., Mittermeyer, C.G., Fonseca, G.A., Kent, J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Oliveira-Filho, A.T., Vilela, E.A., Carvalho, D.A. & Gavilanes, M.L.** 1994. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10: 483-508.

- Oliveira Filho, A.T., Carvalho, W.A.C., Machado, E.L.M., Higuchi, P., Appolinário, V., Castro, G.C., Silva, A.C., Santos, R.M., Borges, L.F., Corrêa, B.S. & Bueno, J.M.A.** 2007. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). *Revista Brasileira de Botânica* 30: 149-161.
- Oliveira Filho, A.T. & Fontes, M.A.L.** 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in south- eastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica* 32:793-810.
- Oosterhoorn, M. & Kappelle, M.** 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management, Amsterdam* 126: 291-307.
- Pavanelli, A.P., Costa, J.A., Bianchini, E., Pimenta, J.A.** 2011. Estrutura de tamanho, relações alométricas e distribuição espacial de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em áreas topograficamente distintas de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual do Sul do Brasil. *Pesq Bot* (In Press).
- Poulsen, A.D., Tuomisto, H. & Baslev, H.** 2006. Edaphic and floristic variation within a 1-ha plot of lowland Amazonian rain forest. *Biotropica* 38: 468- 478.
- Primack, R.B. & Rodrigues, E.** 2001. *Biologia da Conservação*. Editora Planta.
- Reitz, R.** 1988. Euforbiáceas. In: Reitz, R. (ed.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- Reis, M.S. & Guerra, M.P.** 1999. *Euterpe edulis* Martius (Palmito). Florianópolis: Projeto “Inventário os Recursos florestais da Mata Atlântica”.
- Ricklefs, R.E.** 1977. Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *American Naturalist* 111: 376-381.
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. & Hirota, M.M.** 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biology Conservation* 142: 1141-1153.
- Rodrigues, R.R., Morellato, L.P.C., Joly, C.A. & Leitão Filho, H.F.** 1989. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 12:84.
- Salis, S.M., Shepherd, G.J. & Joly, C.A.** 1995. Floristic comparison of mesophytic semideciduous forests of the interior of the state of São Paulo, Southeast Brazil. *Vegetatio* 119: 155-164.
- Santos, F.M.** 2002. Ecologia de populações de plantas - Região Sudeste do Brasil. In E. L. Araújo, A. N. Moura, E. V. S. B. Sampaio, L. M. S. Gustinari, & J. M. T. Carneiro [eds.], *Biodiversidades, Conservação e uso Sustentável da Flora do Brasil*. Sociedade Botânica do Brasil - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife.
- Schnitzer, S.A.** 2005. A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution. *The American Naturalist* 166: 262.

- Schudeller, V.V., Martins, F.R. & Shepherd, G.J.** 2001. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. *Plant ecology* 152: 185-199.
- Soares, F.S. & Medri, M.** 2002. Alguns aspectos da colonização da bacia do rio Tibagi. Medri M, Bianchini E, Shibata O, Pimenta JA (eds) *A bacia do rio Tibagi*. UEL, Londrina 69-79.
- Soares-Silva, L.H. & Barroso, G.M.** 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. In: *Anais do VIII Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo (Campinas, SP)* 101-112.
- Sposito, T.C. & Santos, F.A.M.** 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88: 939-949.
- ter Steege, H., Pitman, N., Phillips, O, Chave, J, Sabatier, D., Duque, A., Molino, J.F., Prevoist, M.F., Spichiger, R., Castellanos, H, Von Hildebrand, P & Vasquez, R.** 2006. Continental scale patterns of canopy trees composition and function across Amazonia. *Nature* 443: 444-447.
- 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: 41-49.
- Townsend, C. R., Begon, M. & Harper, J. L.** 2006. *Fundamentos em ecologia*. Ed. Artmed, Porto Alegre, RS.
- Tsukamoto Filho, A.A., Macedo, R.L.G., Venturin, N. & Morais, A.R.** 2001. Morais Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, MG. *Revista Cerne, Lavras*.
- Tuomisto, H.; Ruokolainen K. & Yli-Halla, M.** 2003. Dispersal, environmental, and floristic variation of Western Amazonian forests. *Science* 299: 241-244.
- Vormisto, J., Phillips, O.L., Ruokolainen, K., Tuomisto, H. & Vásquez, R.** 2000. A comparison of finescale distribution patterns of four plant groups in an Amazonian rainforest. *Ecography* 23: 349- 359.
- Wright, S.J., Muller-Landau, H.C., Condit, R. & Hubbell, S.P.** 2003. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. *Ecology* 84: 3174-3185.

CAPÍTULO 1

EFEITO DE BORDA SOBRE A ESTRUTURA POPULACIONAL E A ARQUITETURA DE SEIS ESPÉCIES ARBÓREAS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL DO SUL DO BRASIL

RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar, entre área de interior e de borda de uma Floresta Estacional Semidecidual, a abundância, as estruturas espacial e de tamanho e a arquitetura de indivíduos de diferentes espécies arbóreas para determinar se há influência de diferentes fatores bióticos e abióticos dessas áreas com a abundância de cada espécie. Foram estudadas três espécies de subosque (*Actinostemon concolor* (Spreng.), *Guarea kunthiana* (A.Juss), *Trichilia claussenii* (C. DC)) e três de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg, *Cabranea canjerana* (Vell.) Mart e *Euterpe edulis* (Mart). Os indivíduos foram mapeados e medidos quanto a altura total (H), o diâmetro a altura do peito (DAP), a esbeltez do caule (EC) e a profundidade da copa (PC). Foram avaliados os seguintes parâmetros abióticos e bióticos: índice de cobertura de dossel, umidade do solo e do ar, temperatura, composição química do solo, cobertura vegetal do solo, porcentagem de lianas e de epífitas avasculares. Observou-se distribuição espacial de forma diferente entre a área de borda (AB) e de interior (AI). *A. concolor* e *T. claussenii* (subosque) ocuparam preferencialmente a borda e *E. edulis* o interior. Espécies de grupos funcionais diferentes (*G. kunthiana*/ subosque e *C. canjerana*/ dossel) apresentaram densidades iguais em AB e AI e se estabeleceram aleatoriamente no gradiente borda até o interior. Dentre os fatores bióticos e abióticos, somente a porcentagem de liana se correlacionou com a abundância de duas espécies, *C. canjerana* positivamente e com *E. edulis* negativamente. A área de borda possui maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro, caracterizando área perturbada, em estádios iniciais de regeneração. No interior, foram observados os maiores valores de H, DAP e PC, exceto em *A. polyneuron*. Indivíduos em áreas sombreadas apresentaram maiores alturas, copas mais profundas (importante para maior interceptação de luz) e com maior diâmetro (importante para sustentação da copa). Nas duas espécies que apresentaram maior plasticidade de copa (*G. kunthiana*/subosque e *C. canjerana*/dossel) foi observada completa aleatoriedade espacial, sugerindo que alto nível de plasticidade da copa é uma característica importante para a competição, sobrevivência e estabelecimento em condições de baixa luminosidade.

Palavras-chave: Distribuição espacial. Alometria. Estrutura de tamanho. Grupo funcional. Subosque. Dossel. Floresta Atlântica. Correlação ambiental.

ABSTRACT

This study aimed to compare the interior and forest edge of a semideciduous forest concerning the abundance, spatial structures, architecture and size of individuals of different tree species. Also correlate different biotic and abiotic factors of these areas with the abundance of each species. The species studied were: *Actinostemon concolor* (Spreng.), *Guarea kunthiana* (A.Juss), *Trichilia clausenii* (C. DC) (understory) and *Aspidosperma polyneuron* (Mull. Arg), *Cabralea canjerana* (Vell.) and *Euterpe edulis* Mart (Mart) (canopy/emergent). All plants were mapped and measured for, the total height (H), diameter at breast height (DBH), lenderness of the stem (SS) and the depth of the crown (DC). Abiotic and biotic factors were evaluated: coverage ratio canopy soil moisture and air temperature, chemical of soil, ground cover, percentage of lianas and avascular epiphytes. It was observed differently spatial distribution between the edge and interior forest, *A. concolor* and *T. clausenii* (understory) preferentially occupied the edge and *E. edulis* the interior forest. Species of different functional groups (*G. kunthiana* / *C. canjerana* and understory / canopy) possessed equal densities in the edge and interior forest and settled randomly through forest parts. Among the biotic and abiotic factors, only liana correlated with the abundance of the two species, *C. canjerana* positively and *E. edulis* negatively. The edge has a higher number of individuals in the smaller diameter classes, featuring disturbed area in the early stages of regeneration. Inside forest area were the highest values of H, DBH and DC were observed in all species, except *A. polyneuron*. Individuals in shaded areas were higher, had deeper crown (most important for light interception) and greater diameter (important to support the crown). The two species that had greater crown plasticity (*G. kunthiana* / *C. canjerana* and understory / canopy), showed similar densities in both areas and complete spatial randomness, suggesting that a high level of crown plasticity is an important feature for competition, survival and establishment in low light conditions.

Keywords: Spatial distribution. Allometry. Size structure. Functional group. Understory. Canopy. Atlantic Forest. Environmental correlation.

1 INTRODUÇÃO

As atividades econômicas ligadas ao uso e ocupação do solo são as principais modificadoras de ecossistemas, sendo as maiores responsáveis pela diminuição de habitats (Laurance & Peres 2006). Processos como a perda de habitats e a fragmentação florestal são consideradas as principais causas de perturbações ambientais em ecossistemas terrestres, alterando as dinâmicas populacionais e estruturas das comunidades locais, além de modificarem os fatores abióticos nos fragmentos florestais, promovem a perda de biodiversidade (Gehlhausen *et al.* 2000, Franklin *et al.* 2002, Fahrig 2003, Tabarelli *et al.* 2006, Watling & Orrock 2010).

Uma das alterações em paisagens fragmentadas que chama a atenção é o incremento de bordas, que forma uma transição normalmente abrupta entre a matriz ao redor da floresta e a margem da floresta (Tabarelli *et al.* 1999). Ao interagirem, esses ambientes adjacentes formam o que é chamado de efeito de borda, tanto para os habitats florestais remanescentes quanto para as matrizes desmatadas (Murcia 1995, Tabarelli 2004).

É amplo o espectro de alterações oriundo do efeito de borda em fragmentos florestais sobre as comunidades vegetais associadas. Entre elas estão o aumento de luz incidente, temperatura e velocidade do vento e a diminuição umidade do solo e do ar. Alterações que podem impactar significativamente a estrutura das populações alterando o estabelecimento e a composição de espécies de plantas na borda (Murcia 1995, Ries *et al.* 2004, Harper *et al.* 2005), assim como provocar diferenças arquiteturas entre indivíduos de uma mesma espécie (Holt 1995, Sposito & Santos 2001, Archibald & Bond 2003).

A distribuição espacial das populações pode resultar de vários fatores não mutuamente exclusivos, tais como: a dispersão, migração, fatores bióticos e abióticos (Bell 2001, Chase 2003, Ulrich 2004, Ejrnæs *et al.* 2006, Chase 2007, Götzenberger *et al.* 2011). Tais mudanças relacionadas ao efeito de borda podem contribuir para a não aleatoriedade da distribuição espacial de populações contemporâneas (Siminski *et al.* 2004).

O estudo da estrutura de tamanho em um curto período, promove dados capazes de identificar padrões gerais das populações (Henriques & Souza 1989, Wright *et al.* 2003) e fornece a síntese de eventos demográficos de recrutamento, mortalidades e taxas de crescimento ao longo do tempo, (Kelly *et al.* 2001), provendo padrões de regenerações no passado e no presente de uma espécie (Knowles & Grant 1983, Agren & Zackrisson 1990).

Outra maneira de se analisar a utilização e partição dos recursos por indivíduos de espécies arbóreas são os estudos de alometria em nível individual. Compreender

as mudanças nas relações alométricas em indivíduos arbóreos têm grande importância para o entendimento das diferenças adaptativas apresentadas pelas espécies (King 1990). Estas relações nas plantas são diretamente influenciadas pelo ambiente, e o estudo dessa interação é base importante para o entendimento da estrutura e dinâmica de populações (King 1996).

Compreender a estrutura de uma população é imprescindível para o entendimento da diversidade e os processos que norteiam a dinâmica de comunidades naturais (Connell *et al.* 1984, Santos 2002). Alguns estudos e pesquisas populacionais ajudam a entender este comportamento e podem ser usados como base de programas de manejo e conservação de espécies (Santos 2002, Marques & Joly 2000). Quando se pretende entender a estrutura de uma população é necessário abordar suas relações com os meios bióticos e abióticos, aspectos de sua história de vida, distribuição espacial entre outros.

Este estudo foi desenvolvido com seis espécies arbóreas representativa da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata dos Godoy (Soares-Silva & Barroso 1992) e teve como objetivos: 1) comparar a estrutura populacional (espacial e de tamanho) e a arquitetura de indivíduos de *Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana* e *Euterpe edulis* que ocorrem em área no interior da floresta com aquelas que ocorrem na área de borda; 2) verificar a influência de fatores bióticos e abióticos na abundância das seis espécies arbóreas nas diferentes áreas. De acordo com os objetivos, duas questões foram abordadas: (1) Ocorre variação na abundância, na estrutura espacial e de tamanho e na arquitetura de indivíduos já estabelecidos na floresta quando se compara áreas do interior da floresta com áreas de borda?; (2) Existem distintas respostas entre as espécies estudadas quando se analisa as correlações dos fatores bióticos e abióticos característicos de cada área (interior e borda) com a abundância de cada espécie?

2 MATERIAL E MÉTODOS

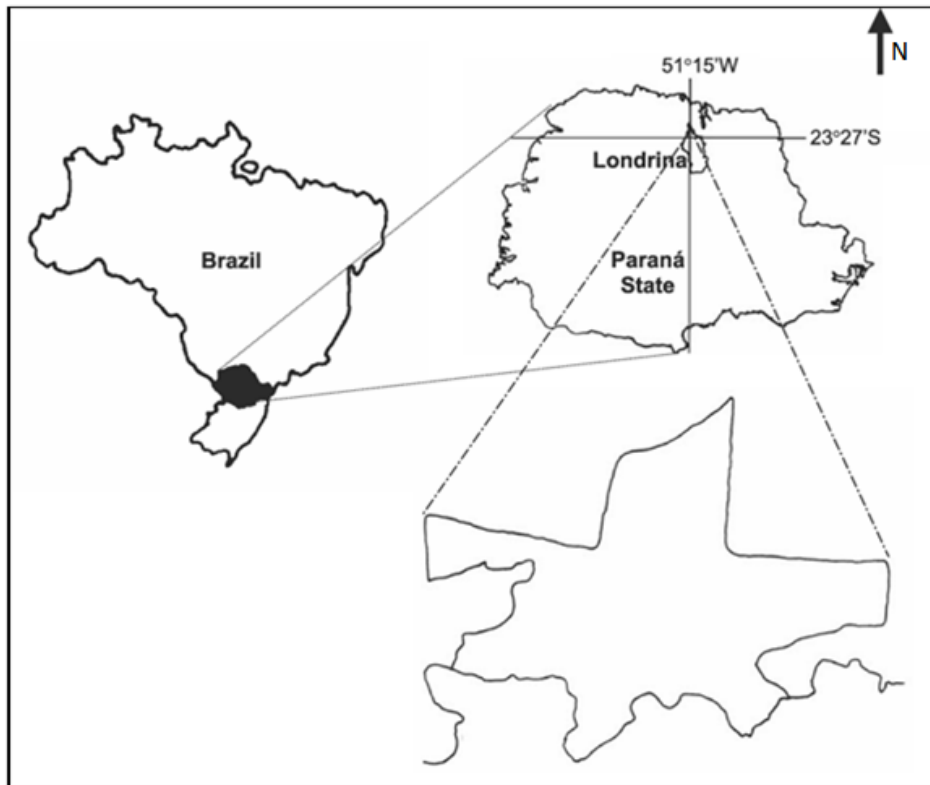
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), um dos últimos e mais importantes remanescentes florestais do Norte do Estado do Paraná, caracterizado como Floresta Estacional semidecidual. O Parque localiza-se próximo ao Trópico de Capricórnio, no município de Londrina (23° 27' S e 51° 15' W) (figura 1). A área

total do PEMG corresponde a 680 ha que está parcialmente conectada a outros fragmentos, perfazendo uma área florestal de aproximadamente 2.800 ha (Vicente 2006).

O clima da região caracteriza-se como Cfa (clima tropical úmido), segundo classificação de Köppen (1948), com precipitação média entre 1200 a 1600 mm distribuída irregularmente durante o ano (IAPAR 2000). As unidades de solo predominantes são Latossolo Vermelho eutrófico e Nitossolo Vermelho eutrófico e associações com Neossolos Litólicos, um solo de alta fertilidade (Embrapa 1999, Vicente 2006). Possui relevo que se apresenta como uma suave planície na porção norte, contando com algumas colinas paralelas com declive moderado na parte sul (Silveira 1993). As principais fontes de água da área são o ribeirão dos Apertados, ao sul, e o córrego da Ponte funda, ao norte, ambos afluentes do rio Tibagi (Vicente 2006).

Figura 1 – Localização e delimitação do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.



2.2 ESPÉCIES ESTUDADAS

As espécies escolhidas para o presente estudo foram selecionadas devido ao seus altos índices de valor de importância (IVI) em um inventário florestal realizado por Soares-Silva & Barroso (1992) na porção norte do PEMG.

As espécies selecionadas foram separadas em dois grupos; subosque, que correspondem àquelas que ocupam o estrato inferior da floresta e dossel/ emergente, que ocupam o estrato superior da floresta. O grupo subosque possui três representantes, *Actinostemon concolor* (Spreng.) (autocórica), *Guarea kunthiana* (A.Juss) (zoocórica), *Trichilia clausenii* (C. DC) (zoocórica), assim como o grupo dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg (anemocórica), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart (zoocórica) e *Euterpe edulis* (Mart) (zoocórica).

2.3 COLETA DE DADOS

Em uma área de borda em direção ao interior da floresta (12.000 m²) do PEMG foi delimitado um transecto (chamado aqui de transecto principal) com 200 m de comprimento por 60 m de largura (figura 2). Neste transecto todos os indivíduos com diâmetro superior a 15 cm, foram medidos quanto: altura total, altura do fuste, diâmetro a altura do peito, esbeltez do caule e profundidade da copa (tabela 1). Com exceção de *E. edulis*, por não apresentar fuste, sendo avaliados somente H e DAP.

Figura 2 – Fragmento florestal do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. Imagem de satélite com indicativo (retângulo vermelho) da localização da área amostral.



O critério de inclusão dos indivíduos amostrados foi de 15 cm de circunferência do tronco a altura do peito (CAP). Todos os indivíduos amostrados foram marcados, foram registradas as coordenadas (x,y) dos indivíduos em relação ao vértice localizado ao lado esquerdo da borda em direção ao interior, essas coordenadas foram utilizadas no estudo de distribuição espacial (figura 3).

Figura 3 – Área amostral esboçando os pontos de amostragem dos dados bióticos e abióticos. Em preto o transecto principal (200m) e em verde os subtransectos (60m). Traços pequenos azuis, ponto de amostragem a cada 10m do subtransecto. Ponto vermelho – instalação de datalogger a cada 50m no transecto principal para amostragem de umidade e temperatura.

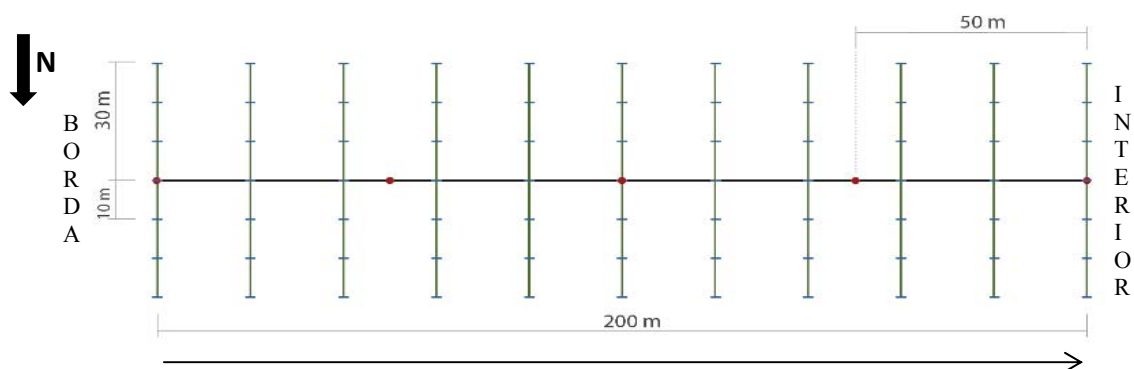


Tabela 1 – Descritores arquiteturais utilizadas nas análises.

Variável	Unidade	Descrição
Altura do indivíduo (H)	m	Medida com trena digital a laser
Diâmetro a altura do peito (DAP)	cm	Diâmetro do tronco medido a 130 cm de altura do solo com paquímetro. Quando isto não foi possível, foi medido a circunferência com fita métrica e posteriormente transformada em diâmetro através da fórmula $D=C/\pi$.
Profundidade da Copa (PC)	m	Distância entre o ramo mais baixo e o topo do indivíduo
Eslbeltez do caule (EC)	-	H/DAP

Para a coleta de dados ambientais (bióticos e abióticos), foram construídos 11 subtransectos de 60m na área de borda, perpendicular aos transectos principais equidistando 20 m um do outro. Foram estabelecidos sete pontos de coleta a cada 10 m nesses subtransectos (figura 3), totalizando 77 pontos de amostragens.

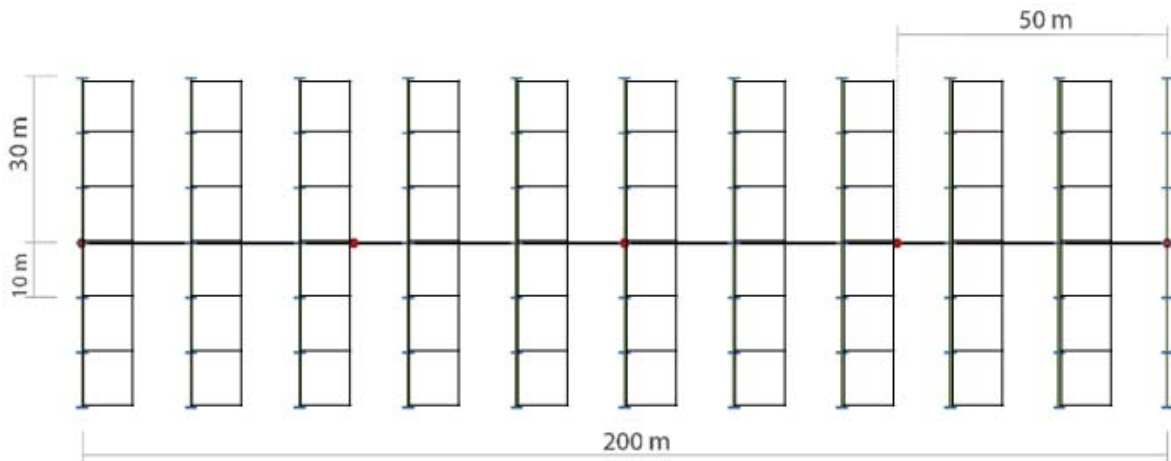
Utilizando-se um densiomêtro esférico, foi avaliado o índice de cobertura de dossel (Lemmon 1956), nos meses de dezembro de 2011 (ICDV- Índice de cobertura de dossel no verão) e setembro de 2012 (ICDI- Índice de cobertura de dossel no inverno), representando os meses de baixa e alta abscisão foliar, respectivamente. Para a caracterização do microhabitat foram marcadas parcelas de 5x5 m ao redor de cada ponto de amostragem. Nessas parcelas foram analisadas três variáveis mensuradas de forma semiquantitativa com valores crescentes entre 0 e 4 para obter a quantidade de liana e epífitas avasculares (que são briófitas sensíveis às variações de luminosidade e a umidade e temperatura do ar). Para cobertura vegetal do solo foi realizada estimativa visual com atribuição de nota com valores crescentes de 0 para ausência e 4 para máximo em cada um dos 4 quadrantes de 2,5 x 2,5 m estabelecidos em cada parcela. Para a análise foi utilizado o valor médio dos quatro quadrantes de cada parcela (Lopes & Anjos 2005). A umidade do solo foi mensurada em cada parcela com aparelho medidor de umidade do solo Fieldscout TDR 100 Soil Moisture Meter.

Para a caracterização dos fatores abióticos do local das áreas amostradas foram tomadas as medidas de temperatura e umidade relativa do ar, que foram registradas por coletores de dados eletrônicos automáticos (HoboDataLogger), instalados em cinco locais equidistantes ao longo do transecto principal (figura 3). Para a fertilidade do solo foram

coletadas amostras da camada superficial do solo (0-20 cm), sendo seis amostras da borda (de 0 a 50 metros) e seis do interior (de 150 a 200 metros). As amostras foram enviadas ao Instituto Agronômico do Paraná para análise química de rotina que inclui: concentração de fósforo (P), carbono orgânico (C), cálcio (Ca), magnésio (Mg^{++}), potássio (K), soma de bases (S), acidez potencial (H+Al), grau de acidez (pH).

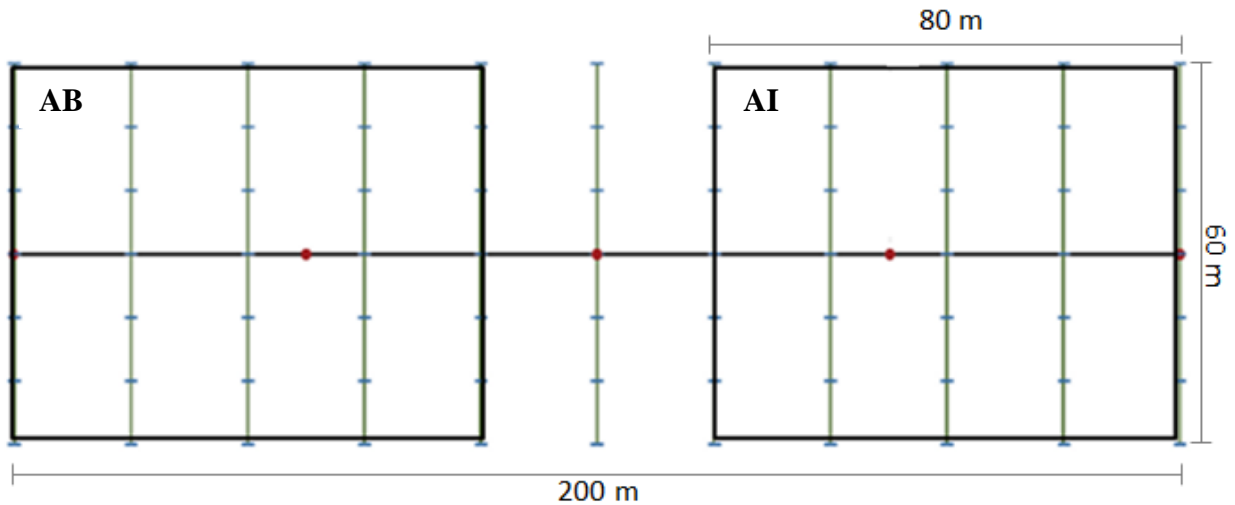
Para as correlações das variáveis bióticas e abióticas com abundância de cada espécie, utilizaram-se faixas de 10x60m subsequentes aos dez primeiros subtransectos a partir da borda, as quais foram divididas em 6 parcelas 10x10m, totalizando 60 parcelas amostradas (figura 4).

Figura 4 – Área amostral esboçando as 60 parcelas amostradas para o estudo das correlações das variáveis bióticas e abióticas com abundância de cada espécie.



Nas extremidades do transecto principal foram separados dois blocos de 80 m x 60 m distando 40 metros uma da outra, os primeiros oitenta metros foram considerados a área de borda (AB) e os últimos oitenta metros a área de interior (AI) (figura 5). Essa separação é importante porque a influência do efeito de borda geram alterações na estrutura populacional de forma não monotônica. As populações, então, sofreriam alterações não lineares ao longo do gradiente de borda (Harper *et al.* 2005). Os blocos foram utilizados nas análises comparativas entre variáveis bióticas e abióticas, da estrutura de tamanho das populações e da alometria.

Figura 5 – Área amostral categorizada em área de borda (AB) e área de interior (AI), representadas pelos retângulos pretos.



2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os fatores ambientais bióticos e abióticos (Lianas, Epífitas avasculares, Cobertura vegetal do solo (CVS), Índice de cobertura de dossel no verão (ICDV), Índice de cobertura de dossel no inverno (ICDI), Umidade do solo (US)) das áreas de borda (AB) e de interior (AI) foram comparados pelo teste de F (ANOVA). Os valores percentuais foram transformados ($X = \sqrt{x+0,5}$) para a normalização dos dados (Zar 1999).

A distribuição espacial das espécies foi obtida por intermédio do cálculo de $L(h)$ de Ripley (Dixon 2002) através do programa SPPA 2.0 2004. A análise do padrão espacial foi calculada utilizando a Função K-univariada de Ripley (Ripley 1977). O raio (h) empregado para o cálculo do $K(h)$ foi de 0,5 m, sendo as análises realizadas até a distância de 30 m, correspondente à metade do menor lado da parcela, conforme relatou Ripley (1977). Os valores de $K(h)$ foram transformados através da função $L(h)$ para melhor interpretação e visualização dos resultados. Os limites de confiança, também denominados envelope, foram criados utilizando-se 999 simulações de Monte Carlo de eventos em completa aleatoriedade espacial (CAE). São consideradas populações agregadas àquelas que a linha gerada pela população estudada for encontrada fora das linhas que representam o intervalo de confiança (envelope), rejeitando a hipótese CAE para a população. A observação do gráfico também indica para quais classes de distância ocorre agregação.

Para testar correlação espacial com variáveis bióticas e abióticas, em cada parcela foram gerados cálculos de correlograma cruzado com o SAM 4,0 software (Rangel *et*

al. 2010), nas quais foram cruzados dados de abundância versus variáveis ambientais e plotados em correlograma de Moran com 10 classes de distância. Os correlogramas cruzados foram testados com coeficiente de correlação de Pearson e correção Dutilleul (Dutilleul 1993) para testar a correlação entre a abundância e cada variável ambiental.

A estrutura de tamanho dos indivíduos das diferentes espécies entre as áreas foi comparada por intermédio da elaboração de distribuições de frequências de indivíduos em classes de DAP. Para a determinação das classes de tamanho, os indivíduos de cada espécie foram ordenadas por ordem de DAP e plotados em um gráfico. O critério de escolha de cada classe foi realizado visualmente, sendo cada intervalo de classe escolhido através das rupturas na curva gerada, o que gerou diferentes classes para cada espécie. Foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Zar 1984) ($\alpha \leq 0,05$) para comparar as diferenças na estrutura de tamanho entre as áreas para cada espécie.

O Coeficiente de assimetria (skewness) foi usado para avaliar a simetria das distribuições de tamanho (Bendel *et al.* 1989). É positivo ($A > 0$) para distribuições de tamanho com muitos indivíduos nas primeiras classes de tamanho e poucos indivíduos nas maiores classes, e é negativo ($A < 0$) para distribuições com poucos indivíduos nas menores classes e muitos nas maiores classes de tamanho (Wright *et al.* 2003).

Para verificar variações dos padrões arquiteturais que indiquem o investimento em crescimento de diferentes indivíduos. Foram realizadas relações alométricas entre os seguintes descritores arquiteturais: altura (m) e diâmetro (cm), altura (m) e profundidade de copa (m), altura (m) e esbeltez do caule e diâmetro (cm) e profundidade de copa (m). Para testar as diferenças entre as retas, realizou-se análise de covariância (ANCOVA) (Snedecor & Cochran 1967) utilizando o programa StatistiXL (versão 1.8, 2007). Indivíduos outliers foram excluídos para realização dessa análise.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A porcentagem de lianas, epífitas avasculares, cobertura vegetal do solo, cobertura de dossel verão/inverno e umidade do solo foram distintos entre as áreas de borda e interior ($p < 0,05$, ANOVA; tabela 2). Quase todas essas variáveis foram maiores no interior, exceto a porcentagem de lianas e umidade do solo que foram maior na borda. Não houve diferença na composição química do solo entre as áreas (tabela 2). A borda até os 50 metros

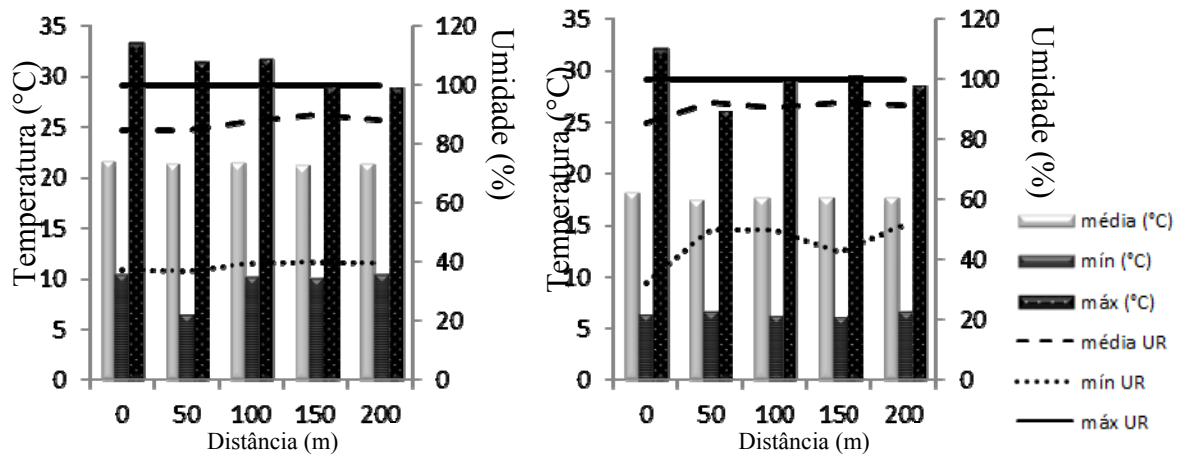
apresentou menor umidade relativa do ar (UR) principalmente no período de seca e também com as maiores temperatura, passando dos 30°C até os 100m de distância em relação à borda na estação de chuva (figura 6).

Foram amostrados 721 indivíduos das seis espécies de árvores estudadas, sendo 93 de *Actinostemon concolor*, 165 de *Guarea kunthiana*, 276 de *Trichilia clausenii* (espécies de subosque) e 32 de *Aspidosperma polyneuron*, 68 de *Cabralea canjerana* e 87 de *Euterpe edulis* (dossel/ emergente), sendo que do total de indivíduos amostrados 74% são de espécies de subosque e 26% de espécies de dossel/emergente.

Tabela 2 – Média (\pm erro padrão) dos fatores ambientais bióticos e abióticos: Índice de cobertura de dossel verão (ICDV), Índice de cobertura de dossel inverno (ICDI), Lianas, Epífitas avasculares (EA), Cobertura vegetal do solo (CVS), Umidade do solo (US) das áreas de borda e para análise química do solo: Concentração de carbono orgânico (C), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg⁺⁺), potássio (K), soma de bases (S), grau de acidez (pH), acidez potencial (H+Al), área de borda (AB) e de interior (AI) da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. As AB e AI foram comparadas pelo teste de F (ANOVA).

Fatores ambientais	AB(%)	AI(%)	<i>p</i>	n
ICDV(%)	86,88 \pm 0,73	92,94 \pm 0,49	<0,001	28
ICDI(%)	78,36 \pm 1,01	85,13 \pm 0,74	<0,001	28
Lianas (%)	3,514 \pm 0,70	2,831 \pm 0,62	<0,05	28
EA(%)	3,941 \pm 0,57	8,196 \pm 0,32	<0,001	28
CVS(%)	5,075 \pm 0,31	7,960 \pm 0,21	<0,001	28
US(%)	8,672 \pm 0,05	8,427 \pm 0,07	<0,001	28
C (g.dm ⁻³)	43,06 \pm 8,79	49,35 \pm 4,19	ns	6
P(mg.dm ⁻³)	4,900 \pm 0,74	6,800 \pm 0,99	ns	6
Ca(cmolc.dm ⁻³)	10,40 \pm 1,08	15,08 \pm 2,02	ns	6
Mg(cmolc.dm ⁻³)	3,485 \pm 0,32	3,936 \pm 0,46	ns	6
K(cmolc.dm ⁻³)	0,938 \pm 0,30	0,633 \pm 0,10	ns	6
S (cmolc.dm ⁻³)	14,82 \pm 1,35	19,65 \pm 2,53	ns	6
H + Al	5,26 \pm 0,56	4,49 \pm 0,57	ns	6
pH	5,583 \pm 0,21	5,966 \pm 0,21	ns	6

Figura 6 – Temperatura e umidade do ar no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil, durante a estação chuvosa (A) e na estação seca (B).



Na área de borda, duas espécies do subosque tiveram maior densidade, *A. concolor* (54,3%), *T. clausenii* (61,1%). Ao passo que apenas *E. edulis* (63,8%) teve maior densidade no interior. As outras três espécies (*G. kunthiana*, *C. canjerana* e *A. polyneuron*) não se diferenciaram quanto a densidade nas duas áreas considerando uma margem de erro de 2,5% (tabela 3).

Tabela 3 – Densidade de espécies de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana* e *Trichilia clausenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana* e *Euterpe edulis*) no gradiente de borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil.

espécies	AB(ind./ha)	AI(ind./ha)
<i>A. concolor</i>	92	78
<i>G. kunthiana</i>	140	148
<i>T. clausenii</i>	298	188
<i>A. polyneuron</i>	23	23
<i>C. canjerana</i>	58	56
<i>E. edulis</i>	35	56
Total	646	549

3.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL

O padrão espacial entre as seis espécies variou entre aleatório e agregado. Dentre as espécies de subosque em *A. concolor* e *T. clausenii* observou-se padrão espacial agregado, porém em diferentes níveis. *A. concolor* apresentou agregação em distâncias entre aproximadamente 2 m e 7 m, enquanto que *T. clausenii* apresentou-se com padrão agregado para distâncias superiores a aproximadamente 5,5m. Foi observado para *G. kunthiana* completa aleatoriedade espacial (figura 7).

Entre as espécies de dossel/emergente foram observados estruturas espaciais distintas. *A. polyneuron* apresentou-se com distribuição espacial aleatória até a distância de aproximadamente 12,5 m a partir dessa distância até aproximadamente 25 m apresentou uma tendência ao padrão agregado, tornando-se novamente aleatório após os 25 m de distância.

Figura 7 – Padrão espacial das populações arbóreas de subosque ((A) *Actinostemon concolor*, (B) *Guarea kunthiana*, (C) *Trichilia clausenii*) no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. À esquerda padrão espacial observado; a direita mapas de distribuição das espécies. As linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança de 99,9%, dentro das quais se aceita CAE.

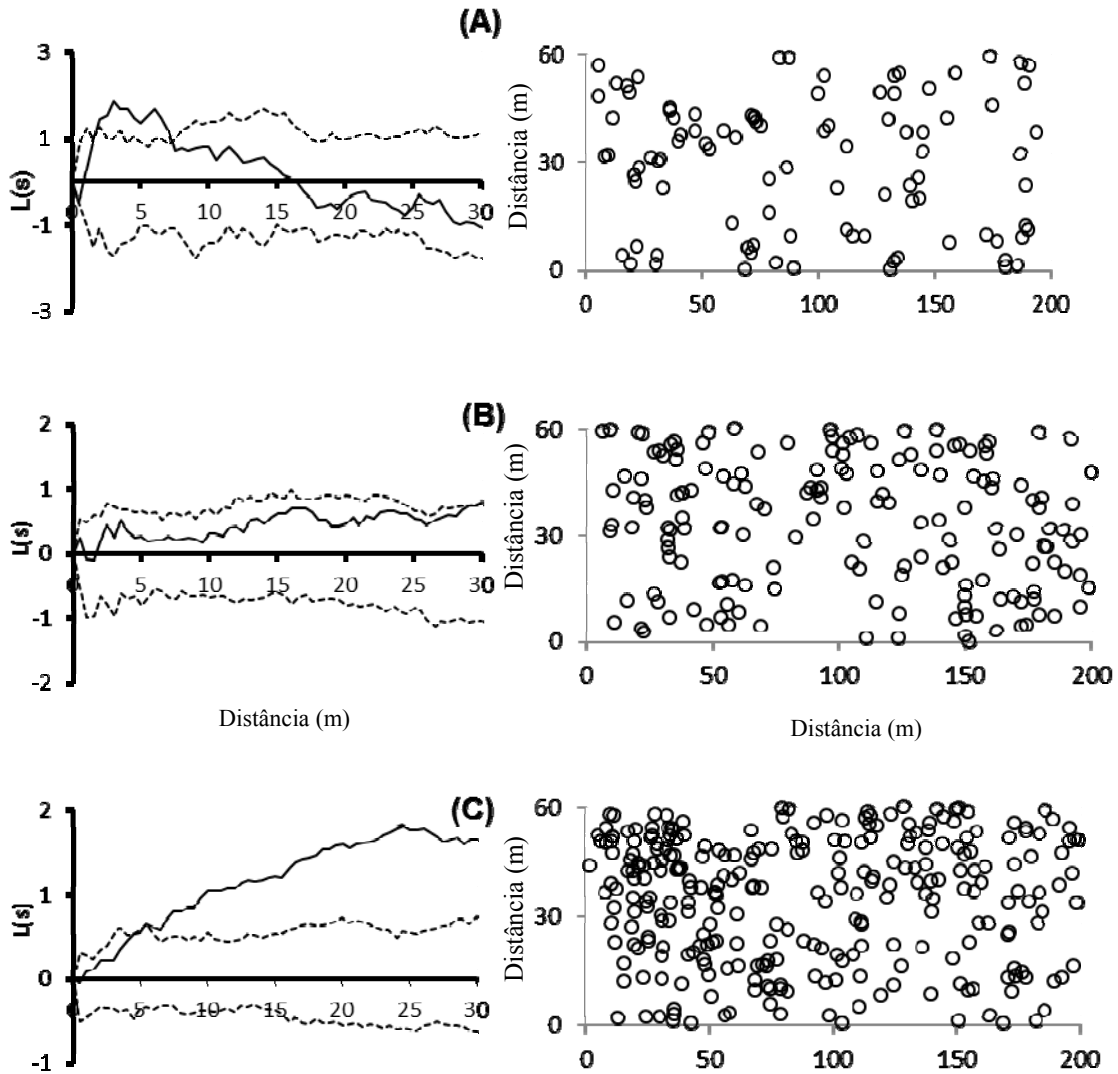
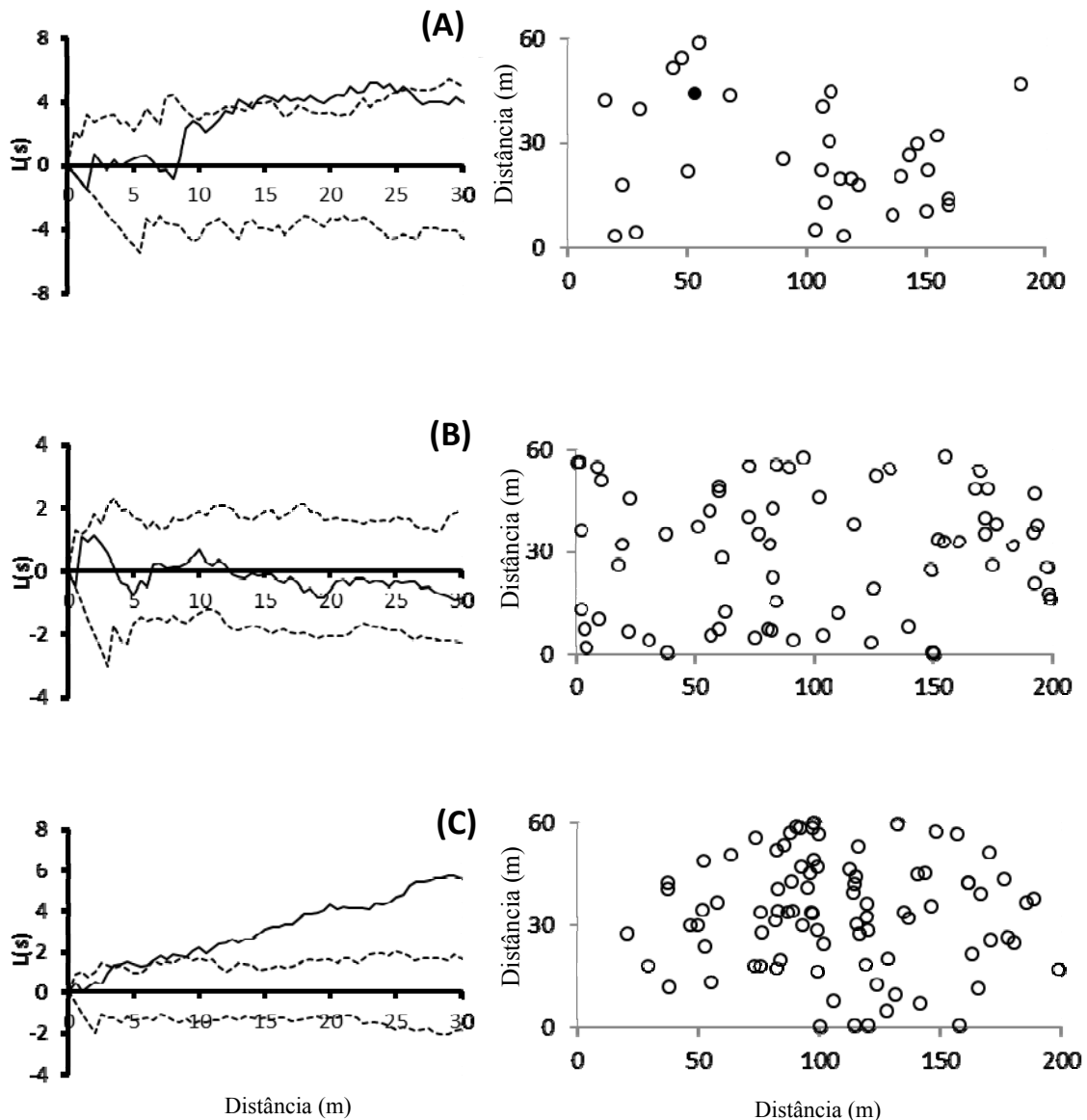


Figura 8 – Padrão espacial das populações arbóreas de dossel/emergente ((A) *Aspidosperma polyneuron*, (B) *Cabralea canjerana*, (C) *Euterpe edulis*) no gradiente borda até o interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. À esquerda padrão espacial observado; a direita mapas de distribuição das espécies. As linhas tracejadas indicam os envelopes de confiança de 99,9%, dentro das quais se aceita CAE. * o ponto preto em (A) representa o primeiro indivíduo menor que 10m de *A. polyneuron*).



Assim como *G. kunthiana*, *C. canjerana* também apresentou completa aleatoriedade espacial para todas as distâncias. O padrão espacial de *E. edulis* foi regular entre as distâncias de 3 m e 8,5 m. No mapa da distribuição espacial dos indivíduos das espécies é possível observar que o primeiro indivíduo de *E. edulis* ocorreu a 21 m e 70,6% do total de indivíduos desta espécie foram encontrados a uma distância superior a 40 m da borda. Para *A.*

polyneuron indivíduos com tamanho ≤ 10 m foram amostrados após 53 m de distância da borda, sendo que 75% dos seus indivíduos ocorreram após essa distância (figura 8). Foram encontradas diferentes distâncias de interferência, do efeito de borda, entre as espécies estudadas.

Dentre as correlações realizadas entre abundância de cada uma das seis espécies com os fatores bióticos e abióticos (índice de cobertura de dossel verão/ inverno, umidade do solo, liana, epífita avascular e cobertura vegetal do solo) somente, foi observado estruturação na distribuição espacial na correlação de *C. canjerana* x lianas (Pearson $r=0,358$, $p<0,01$) e de *E. edulis* x lianas (Pearson $r=-0,271$, $p<0,05$).

3.3 ESTRUTURA DE TAMANHO

Com exceção de *Aspidosperma polyneuron*, houve diferença na estrutura de tamanho de todas as populações estudadas entre as áreas de borda (AB) e interior (AI) ($p<0,05$) (tabelas 4 e 5). Os resultados da estrutura de tamanho foram distintos para os dois grupos estudados (subosque e dossel/emergente). As espécies de subosque *A. concolor*, *G. kunthiana* e *T. clausenii* concentraram na borda praticamente todos os indivíduos nas duas primeiras classes de DAP de acordo com coeficiente de assimetria ($A>0$) e no interior obteve indivíduos distribuídos em todas as classes. *A. concolor* concentrou maior número de indivíduos na segunda classe, *T. clausenii* na primeira classe e *G. kunthiana* apresentou $A<0$ mais indivíduos nas maiores classes de tamanho (figura 9, tabela 5). *E. edulis* não obteve representante na primeira classe de tamanho na borda, mas mesmo assim apresentou maior número de indivíduos nas menores classe de tamanho ($A>0$) nessa área, *C. canjerana* apresentou simetria ($A=0$) com classes de tamanho semelhantes na borda, *E. edulis* e *C. canjerana* apresentaram no interior mais indivíduos nas maiores classes de tamanho ($A<0$) (figura 9, tabela 5).

Embora não se tenha encontrado diferença na estrutura de tamanho de *A. polyneuron* é importante observar a ausência de indivíduos da primeira classe de tamanho na borda (tabela 6 e 7, figura 9).

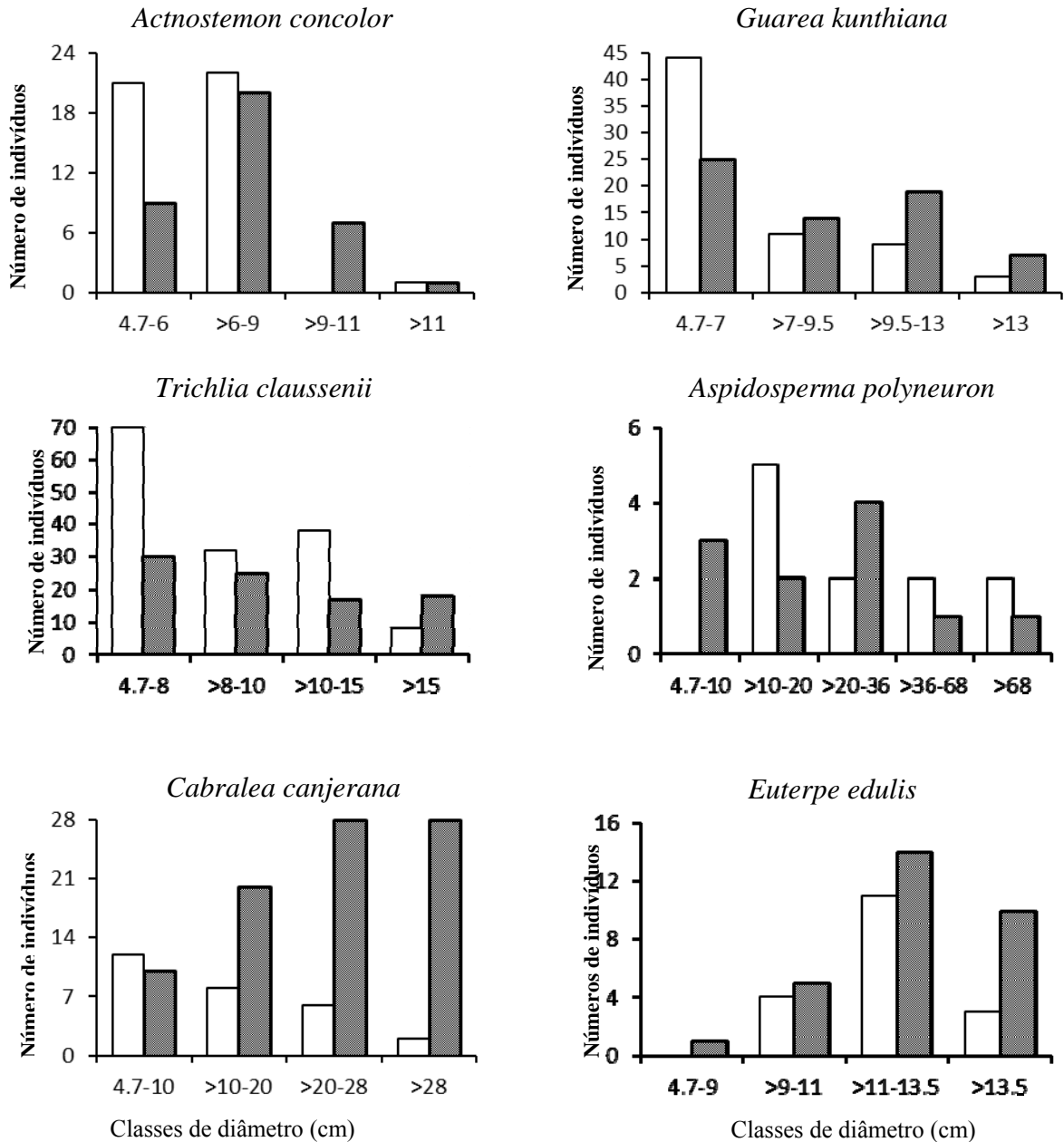
Tabela 4 – Comparações das estruturas de tamanho dos indivíduos das espécies arbóreas de subosque, *Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia claussenii* e de dossel/emergente *Aspidosperma polyneuron*, *Cabranea canjerana* e *Euterpe edulis* na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil, pelo teste de Kolmogorov- Smirnov (D).

Espécie	D	p
<i>A. concolor</i>	0,5	$p < 0,001$
<i>G. kunthiana</i>	0,5	$p < 0,01$
<i>T. claussenii</i>	0,75	$p < 0,001$
<i>A. polyneuron</i>	0,2	ns
<i>C. canjerana.</i>	0,75	$p < 0,001$
<i>E. edulis</i>	0,5	$p < 0,001$

Tabela 5 – Coeficiente de assimetria (skewness) da estrutura de tamanho (diâmetro) das populações de espécies arbóreas de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia claussenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabranea canjerana*, *Euterpe edulis*) na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil.

Espécie	AB	AI
<i>A. concolor</i>	$-7,4^{-17}$	0,89419
<i>G. kunthiana</i>	1,793048	-0,16814
<i>T. claussenii</i>	0,457463	0,519093
<i>A. polyneuron</i>	-	-
<i>C. canjerana</i>	0	-1,04215
<i>E. edulis</i>	1,189852	$-9,3^{-18}$

Figura 9 – Classes de distribuição de diâmetro altura do peito (DAP) de indivíduos de espécies arbóreas de subosque (*Actinostemon concolor*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia clausenii*) e de dossel/emergente (*Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Euterpe edulis*) na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. Barra branca – área de borda e barra cinza – área de interior.



3.4 RELAÇÕES ALOMÉTRICAS

No grupo das espécies de subosque 67% dos maiores valores dos descritores arquiteturais pertencem ao interior da floresta. No grupo dossel/emergente foi encontrada

apenas um descritor maior (H) no interior da floresta para a espécie *C. canjerana*. Os demais descritores, assim como *A. polyneuron* e *E. edulis* não apresentaram diferença entre as duas áreas de estudo. Não ocorreu diferença entre a esbeltez do caule (EC) para as seis espécies estudadas (tabela 6).

A maioria das regressões entre as variáveis de tamanho das seis espécies apresentou coeficiente de determinação (r^2) positivos e significativos (tabela 7). *A. concolor* apresentou coeficiente angular (b) igual entre as duas áreas em todas as relações alométricas, porém foi observado que os indivíduos do interior apresentaram maiores valores de coeficiente linear (a) nas relações entre HxPC e DAPxPC, demonstrando uma maior PC para um mesmo valor de H ou de DAP. O mesmo foi observado para *T. clausenii*, mas somente para relação DAPxPC. Para *G. kunthiana* observaram-se diferenças entre valores do coeficiente angular da reta (b) para as relações entre HxPC e DAPxPC, indicando que indivíduos do interior apresentam maior investimento em copa por aumento em H e DAP, em comparação com indivíduos da borda. Assim como *C. canjerana*, mas somente na relação HxPC. *E. edulis* não apresentou diferença no coeficiente angular (b), havendo diferenças somente no coeficiente linear (a) indicando árvores maiores e mais esbeltas no interior. Para os indivíduos de *A. polyneuron* o estudo de relações alométricas não acusou diferenças arquiteturais entre as duas áreas (tabela 7).

Tabela 6 – Média (\pm erro padrão) da altura (H), DAP- diâmetro a altura do peito, PC- profundidade da copa, EC- esbeltez do caule (número de indivíduos por hectare) de indivíduos com perímetro a altura do peito ≥ 15 cm, de espécies arbóreas na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. AB e AI foram comparadas pelo teste de F (ANOVA), ns= não significativo.

Espécie	Descritor			<i>p</i>
		AB	AI	
<i>A. concolor</i>	H	5,253 \pm 0,20	6,051 \pm 0,23	<0,05
	DAP	6,193 \pm 0,22	7,561 \pm 0,37	<0,05
	PC	31,79 \pm 2,68	49,04 \pm 5,76	< 0,01
	EC	3,043 \pm 0,17	3,756 \pm 0,18	ns
<i>G.kunthiana</i>	H	6,305 \pm 0,21	7,984 \pm 0,26	< 0,001
	DAP	7,219 \pm 0,38	8,933 \pm 0,43	<0,05
	PC	50,93 \pm 7,89	73,36 \pm 7,58	<0,05
	EC	3,512 \pm 0,16	4,457 \pm 0,27	ns
<i>T.claussenii</i>	H	8,046 \pm 0,17	8,823 \pm 0,21	< 0,001
	DAP	8,920 \pm 0,28	9,585 \pm 0,329	ns
	PC	70,69 \pm 5,23	79,79 \pm 5,63	< 0,001
	EC	4.707 \pm 0,17	5,563 \pm 0,20	ns
<i>A. polyneuron</i>	H	16,72 \pm 1,83	15,27 \pm 2,02	ns
	DAP	44,23 \pm 12,96	28,11 \pm 7,87	ns
	PC	3,80 \pm 0,61	4,57 \pm 0,95	ns
	EC	0,649 \pm 0,11	0,768 \pm 0,08	ns
<i>C. canjerana</i>	H	9,391 \pm 0,49	11,93 \pm 0,72	\leq 0,01
	DAP	14,72 \pm 1,92	15,39 \pm 1,42	ns
	PC	2,820 \pm 0,35	4,873 \pm 0,55	ns
	EC	0,782 \pm 0,07	0,868 \pm 0,04	ns
<i>E. edulis</i>	H	14,29 \pm 0,52	13,96 \pm 0,36	ns
	DAP	11,90 \pm 0,28	12,72 \pm 0,37	ns
	EC	1,203 \pm 0,03	1,113 \pm 0,03	ns

Tabela 7 – Estimativa dos parâmetros das regressões lineares (a , b e r^2) entre os descritores: H- altura, DAP- diâmetro, PC- profundidade da copa, EC- esbeltez do caule ($\log y = a + b \log x$) de indivíduos $>4,77$ D, de espécies arbóreas na área de borda e de interior da Floresta Estacional Semidecidual do Parque Estadual Mata do Godoy, Paraná, Brasil. Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si - ANCOVA ($p < 0,05$), $r^2 =$ coeficiente de determinação (ANOVA * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$), n= número de indivíduos, ns= não significativo.

Espécie	b		a		r ²		n	
	borda	interior	borda	interior	borda	interior	borda	interior
<i>A. concolor</i>								
HxDAP	0,701 ^a	0,665 ^a	2,279 ^a	2,799 ^a	0,622 ^{***}	0,403 ^{***}	35	25
HxPC	0,629 ^a	0,490 ^a	-0,234 ^b	1,018 ^a	0,571 ^{***}	0,535 ^{***}	35	25
HxEC	0,063 ^a	0,056 ^a	0,590 ^a	0,515 ^a	0,249 ^{**}	0,229 [*]	35	25
DAPxPC	0,455 ^a	0,351 ^a	0,426 ^b	1,533 ^a	0,236 ^{**}	0,301 ^{**}	35	25
<i>G. kunthiana</i>								
HxDAP	1,005 ^a	1,032 ^a	0,349 ^a	0,847 ^a	0,569 ^{***}	0,638 ^{***}	57	49
HxPC	0,461 ^b	0,836 ^a	0,557	-2,185	0,423 ^{***}	0,691 ^{***}	57	49
HxEC	-	-	-	-	ns	ns	57	49
DAPxPC	0,198 ^b	0,555 ^a	2,172 ^a	-0,440	0,138 ^{***}	0,511 ^{***}	57	49
<i>T. clausenii</i>								
HxDAP	1,016 ^a	0,913 ^a	0,181 ^a	0,877 ^a	0,496 ^{***}	0,328 ^{***}	125	79
HxPC	0,689 ^a	0,621 ^a	-0,880 ^a	-0,015 ^a	0,442 ^{***}	0,340 ^{***}	125	79
HxEC	-	-	-	-	ns	ns	125	79
DAPxPC	0,377 ^a	0,413 ^a	1,563 ^b	1,836 ^a	0,275 ^{***}	0,383 ^{***}	125	79
<i>A. polyneuron</i>								
HxDAP	5,818 ^a	3,191 ^a	-53,06 ^a	-20,63 ^a	0,676 ^{**}	0,670 ^{**}	11	11
HxPC	0,300 ^a	0,276 ^a	-1,215 ^a	0,355 ^a	0,788 ^{***}	0,341 ^{***}	11	11
HxEC	-	-	-	-	ns	ns	11	11
DAPxPC	-	-	-	-	ns	ns	11	11
<i>C. canjerana</i>								
HxDAP	2,681 ^a	1,740 ^a	-13,05 ^a	-6,040 ^a	0,733 ^{***}	0,656 ^{***}	19	23
HxPC	0,365 ^b	0,707 ^a	-0,488	-3,836	0,536 ^{***}	0,762 ^{***}	19	23
HxEC	0,055 ^a	-0,031 ^a	1,444 ^a	1,294 ^a	0,230 [*]	0,209 [*]	19	23
DAPxPC	0,094 ^a	0,227 ^a	1,799 ^a	1,428 ^b	0,351 ^{**}	0,364 ^{**}	19	23
<i>E. edulis</i>								
HxDAP	0,384 ^a	0,475 ^a	6,274 ^a	1,799 ^b	0,412 ^{**}	0,216 ^{**}	16	30
HxEC	0,044 ^a	0,032 ^a	0,589 ^b	0,663 ^a	0,475 [*]	0,153 [*]	16	30

4 DISCUSSÃO

As áreas de borda e interior possuem características diferenciadas entre. Foi observado aumento da cobertura de dossel da borda para o interior, assim como constatado em outros estudos sobre fragmentação florestal nos trópicos (Chen & Franklin 1992). Encontraram-se maiores temperaturas e menor umidade do ar na borda, evidenciando que existem características que diferenciaram a borda do interior, como já foi constatado em estudos comparando estes dois tipos de áreas (Kapos 1989, Kapos *et al.* 1997, Van Den Berg & Santos 2004, Bataghin *et al.* 2008). Houve maior incidência de lianas e menor de epífitas avasculares foi encontrada na área de borda do que no interior. A maior abundância de lianas ocorre nos estádios intermediários de sucessão, devido ao balanço entre a disponibilidade de suporte e de luz (Madeira *et al.* 2009, Nogueira *et al.* 2011). O maior número de epífitas avasculares foi encontrado na área com maior índice de cobertura de dossel maior umidade do ar, resultado também observado por Gradstein *et al.* (2001), que concluíram que muitas dessas espécies (epífitas de sombra) ocorrem exclusivamente em locais úmidos e sombrios do interior da mata.

Foram encontradas altas densidades das espécies arbóreas de subosque na borda. Este padrão também foi verificado por Batista e Platt (2003), e sugeriram que algumas espécies de subosque podem ser favorecidas por alterações, como o aumento na luminosidade disponível e diminuição da competição, mesmo sendo espécies tolerantes à sombra. Bovolenta (2011) encontrou número maior de indivíduos de subosque em áreas perturbadas em estudo na mesma região. Nos ambientes de borda, devido ao seu maior índice de luminosidade, favorecem o estabelecimento de espécies pioneiras. Apesar disso foi constatado grande número de indivíduos de espécies tolerantes a sombra (subosque) na borda, como constatado também por Bertani (2006) e da Silva Júnior (2007), que encontrou na borda, elevado número de indivíduos de *Psychotria* sp, um gênero típico de subosque. Esse alto estabelecimento de espécies de subosque na borda sugere mudanças nas características da borda, como aumento da cobertura de dossel, conduzindo à atenuação do efeito de borda, proporcionando características propícias à presença de espécies tolerantes à sombra (Vargas 2005, Armelin & Mantovani 2001). Assim as espécies que apresentam altas densidades na borda são espécies que possivelmente apresentam alta plasticidade, porque também apresentam muitos indivíduos no interior da floresta.

O padrão da distribuição das espécies em manchas encontrado em quatro das seis espécies estudadas (considerando *A. polyneuron* como agregado) pode ser explicado

principalmente pela pressão seletiva do efeito de borda, que delimita a abrangência das diferentes espécies na área, como também pelo mosaico de habitats formado pela heterogeneidade ambiental encontrados em Florestas Tropicais (Oliveira Filho *et al.* 1994, Botrel *et al.*, 2002). Além disso, espécies com alto IVI (Índice de Valor de Importância) geralmente apresentam uma distribuição espacial agregada ou, tendendo à agregação na vegetação (Nascimento 2001, Martins 2003, Alves Jr. *et al.* 2006).

G. kunthiana (subosque) e *C. canjerana* (dossel) responderam de maneira semelhante às condições da borda, pois apresentaram densidades iguais nas duas áreas (borda e interior) e completa aleatoriedade espacial (CAE), demonstrando alta adaptabilidade de ambas as espécies, pertencentes aos dois grupos estudados. As duas outras espécies de subosque (*A. concolor*, *T. clausenii*) apresentaram maior densidade na borda e padrão agregado.

Para *A. concolor* a agregação pode ter duas causas: as condições da borda que foram favoráveis ao seu estabelecimento e o fato de essa espécie ser autocórica (Law & Dieckmann 2000, Bianchini 2013). *T. clausenii* apresentou 61,1% de seus indivíduos na borda, sugerindo forte interferência positiva da borda. Essas duas espécies de subosque apresentam elevada tolerância à disponibilidade de luz, podendo se estabelecer em “sítio” com alta ou baixa luminosidade.

Embora *A. polyneuron* tenha densidades iguais em ambas as áreas, demonstrou tendência à agregação. Em uma área amostral maior com mais indivíduos, é provável que se encontre padrão agregado, uma vez que essa espécie possui diferentes características que reforçam esse padrão, como alto IVI, dispersão anemocórica, a qual limita o alcance de seus diásporos (Franci 2012) e por responder negativamente ao efeito de borda. Foram encontrados indivíduos adultos de *A. polyneuron* próximos ao início da borda. Possivelmente esses indivíduos estavam presentes antes da fragmentação da área. Indivíduos com altura menor que 10 m só foram encontrados a partir de 53 m da borda, o que sugere dificuldade de estabelecimento da espécie nas condições da borda. A maior incidência de indivíduos novos no interior poderia ser justificada pela maior germinação de sementes dessa espécie a temperaturas mais baixas, como as encontradas no interior da floresta (20°C) (Sakita & Silva 2007).

O efeito de borda apresentou interferência negativa sobre *E. edulis*, com 70,6% do total de indivíduos encontrados a uma distância superior a 40m da borda. Sementes dessa espécie possuem capacidade de germinar a temperaturas acima de 30°C, mas ocorrem a formação de plântulas anormais, caracterizadas pelas raízes fracas ou atrofiadas (Andrade *et*

al. 1999), possivelmente isto seja uma importante causa do não estabelecimento de *E. edulis* na borda.

Embora se encontrem características comuns aos grupos estudados, tendo um representante de cada grupo com completa aleatoriedade espacial, como *G. kunthiana* (subosque) e *C. canjerana* (dossel), nas demais espécies encontraram-se diferenças, visto que duas espécies típicas de subosque (*A. concolor* e *T. claussenii*) ocuparam preferencialmente a borda e duas de dossel/emergente (*A. polyneuron* e *E. edulis*) ocuparam preferencialmente o interior de floresta. Essa distinção na distribuição das espécies dos dois grupos poderia ser explicada pela influência diferenciada das condições de cobertura de dossel entre a borda e o interior da floresta (Eisenlohr 2011, Vargas-Rodriguez 2005, Sterck *et al.* 2001, Poorter *et al.* 2006). Assim como encontrado em outros estudos, a presença ou não de indivíduos adultos foram relacionadas a distúrbios ambientais, no caso o efeito de borda (Vargas-Rodriguez 2005), e pode-se sugerir que agregação de indivíduos deve ser consequência da dispersão limitada (para *A. concolor* e *A. polyneuron*) e heterogeneidade ambiental, assim como proposto por Phillips & Mac-Mahon (1981) e Hutchings (1997).

No teste de correlograma cruzado não foi detectado correlações da abundância com as variáveis amostradas em quatro das seis espécies estudadas. Sendo assim, sugere-se que o padrão espacial destas espécies (*A. concolor*, *T. claussenii*, *A. polyneuron* e *E. edulis*) seja explicado por algum outro fator não mensurado no presente estudo. Por outro lado *C. canjerana*, mesmo apresentando CAE, obteve correlação positiva com lianas, demonstrando que condições semelhantes favorecem o estabelecimento de lianas e de *C. canjerana*. Somente com esse resultado não é possível sugerir que lianas sejam facilitadoras dessa espécie ou que o oposto seja verdadeiro. A maior densidade de lianas foi encontrada na área de borda diferentemente de *E. edulis* que teve a maior parte de seus indivíduos amostrados no interior. *E. edulis* obteve correlação negativa com lianas, assim como esperado, pois além de não se encontrar muitas lianas onde há alta densidade de palmeiras, as quais são forófitos inadequados com troncos lisos e sem estruturas de retenção e fixação das lianas que características morfológicas que facilitam a queda após infestação (Putz 1980, Putz 1984, Pérez -Salicrup *et al.* 2001, Nogueira *et al.* 2011).

Na borda, todas as espécies, exceto *E. edulis* e *A. polyneuron*, tiveram maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro, corroborando com dados de Oliveira Filho *et al.* (2007), o que demonstra ser uma área perturbada em estádios iniciais de regeneração, formando adensamentos de árvores finas (Uhl & Murphy 1981, Parthasarathy 1999). Quando o diâmetro é considerado na análise dos dados de estrutura de tamanho,

emerge como importante preditor tanto do passado, devido à de perturbações que conduz ao efeito de borda, quanto do futuro da floresta, quando uma possível reposição florestal influencia na diminuição do efeito de borda (Holanda *et al.* 2010).

No interior, as espécies apresentaram padrões distintos entre si, *A. concolor* e *T. clausenii* possuíram mais indivíduos nas menores classes de diâmetro, ao passo que *G. kunthiana*, *C. canjerana* e *E. edulis* apresentaram indivíduos concentrados nas maiores classes. Esse resultado sugere que em ambientes estáveis as características genéticas particulares de cada espécie, podem prevalecer sobre as características de grupo funcional.

O padrão da estrutura de diâmetro de *E. edulis* poderia estar sendo fortemente influenciado pela predação de macaco prego (*Cebus sp.*), o qual preda indivíduos jovens dessa espécie (observação pessoal). Segundo Portela *et al.* (2010a) e Portela *et al.* (2010b), os efeitos da predação por macaco-prego têm o mesmo impacto na mortalidade dos indivíduos de *E. edulis* do que a exploração do palmito feita antropicamente.

Mesmo não tendo diferença de estrutura diamétrica de *A. polyneuron* entre as áreas, é importante observar que foram amostrados dois indivíduos com DAP>100 cm na área de borda. Laurance *et al.*(2006) em estudos de fragmentação na Amazônia observou que árvores grandes (DAP> 60 cm) são especialmente vulneráveis, morrendo quase três vezes mais rápido perto da borda do que no interior da floresta. A permanência desses dois indivíduos grandes na área de borda pode ser explicado devido a elevada densidade (0,66 g cm⁻³) e resistência da madeira dessa espécie (Valério *et al.* 2008), sendo capaz de suportar os estresses mecânicos, não mensurados no presente estudo, relacionados à borda.

No estudo dos descritores arquiteturais (H, D, PC e EC), foi observado no grupo de plantas do subosque que 67% dos maiores valores foram encontrados na área menos iluminada (interior). No grupo dossel/emergente só foi encontrado um descritor maior (H) no interior para a espécie *C. canjerana*, não havendo diferença nos demais descritores entre borda e interior. Esses resultados demonstram diferentes respostas entre os dois grupos frente às alterações nos fatores ambientais, assim como enfatizado por outros estudos (Poorter *et al.* 2003, Vargas-Rodriguez 2005, Martínez-Sánchez 2008).

Indivíduos maiores, compondo um dossel mais alto, em ambientes menos iluminados (interior), foram encontrados também em outros estudos realizados em Florestas Tropicais (Alves Jr. *et al.* 2006, Oos-terhoorn & Kappelle 2000, Sterck *et al.* 2001, Poorter *et al.* 2006, Rodrigues 2011) e em Florestas Boreal e de Coníferas (Delgado *et al.* 2007). Em ambientes com menor luminosidade, espera-se um maior investimento em altura, o que aumenta as chances de maior interceptação de luz (Archibald & Bond 2003). Segundo Sterck

et al. (2001) e Poorter *et al.* (2003), a competição por luz é um dos principais fatores que influenciam a evolução e manutenção da forma de vida arbórea.

As espécies de subosque apresentaram maior DAP na área de interior, exceto *T. clausenii*. Batista *et al.* (2013), em estudo na mesma área, encontraram padrão igual para *A. concolor*, assim como Bertani (2006) e da Silva Júnior (2007) em estudo de espécies de subosque do gênero *Psychotria* em paisagens fragmentadas. Possivelmente troncos mais robustos sejam importantes para aumentar a estabilidade física de árvores menores que poderiam ser mais suscetíveis a estresses mecânicos externos, como queda de galhos e troncos (Clark & Clark 1991). A alocação de recursos em crescimento diamétrico também é importante para reduzir a possibilidade de quebra da planta em função de copas grandes e pesadas (Sterck 1998, Osunkoya *et al.* 2007, Aiba & Nakashizuka 2009).

No presente estudo foram observados indivíduos com maior DAP no interior, embora seja plausível se esperar indivíduos com maior circunferência na borda, por estarem expostos a um maior estresse mecânico ocasionado pelas correntes de ar (Niklas, 1995). Bovolenta 2011, Aiba & Kohyama (1997) e Sterck & Bongers (1998). Encontraram para espécies de subosque maior incremento tanto em altura como em diâmetro com o aumento da luz, diferindo do encontrado no presente estudo para esses dois descritores. A única espécie que apresentou diferença na esbeltez do caule foi *E. edulis*, apresentando indivíduos mais esbeltos no interior. A presença de indivíduos mais robustos na borda pode ser explicada pelo estresse mecânico causado pela maior velocidade do vento na borda (Niklas 1995).

Todas as espécies, exceto *A. polyneuron* e *E. edulis* (que não possui copa), apresentaram copas mais profundas no interior. Copas profundas podem aumentar a interceptação de luz de indivíduos que estão em ambientes com elevados Índices de Cobertura de Dossel (ICD) (McMahon 1973, Parish *et al.* 2008). Porém *G. kunthiana* (subosque) e *C. canjerana* (dossel/emergente) apresentaram indivíduos do interior com maior incremento em copa por aumento em H e DAP. De acordo com essas observações não é possível afirmar que o grupo de subosque possui menos plasticidade da copa que o grupo de dossel/emergente como foi encontrado em outros estudos (Valladares *et al.* 2002, Portsmouth & Niinemets 2007, Martínez-Sánchez *et al.* 2008, Vicent & Harja 2008, Vieilledent *et al.* 2010).

As duas espécies que apresentaram maior plasticidade de copa (*G. kunthiana* e *C. canjerana*), com maior incremento em copa na área com baixa luminosidade, apresentaram densidades semelhantes nas duas áreas e completa aleatoriedade espacial. Essas espécies se estabeleceram igualmente em áreas com cobertura de dossel diferentes, sugerindo

eficiência energética semelhantes em ambientes com distintas condições de luminosidade. Dessa maneira um alto nível de plasticidade da copa é uma característica importante para a competição e sobrevivência em condições de baixa luminosidade (Alves & Santos 2002).

5 CONCLUSÃO

As características diferenciadas relacionadas ao efeito de borda alteraram todas as espécies em ao menos um dos padrões estudado.

O efeito de borda influenciou a distribuição espacial, dos dois grupos estudados, de forma diferente entre a área de borda e de interior, *A. concolor* e *T. clausenii* (subosque) ocuparam preferencialmente a borda e *A. polyneuron* *E. edulis* (dossel/emergente) o interior.

Um alto nível de plasticidade da copa, encontrados em espécies de grupos funcionais diferentes (*G. kunthiana*/ subosque e *C. canjerana*/ dossel), é uma característica importante para a competição, sobrevivência e estabelecimento em condições de baixa luminosidade.

REFERÊNCIAS

- Agren, J. & Zackrisson, O.** 1990. Age and size structure of *Pinus sylvestris* populations on mires in central and northern Sweden. *Journal of Ecology* 78: 1049-1062.
- Aiba, S. & Kohyama, T.** 1997. Crownarchitecture and life-history traits of 14 tree species in a warm-temperate rain forest: significance of spatial heterogeneity. *Journal of Ecology* 85: 611–624.
- Aiba, M., Nakashizuka, T.** 2009. Architectural differences associated with adult stature and wood density in 30 temperate tree species. *Functional Ecology* 23: 265-273.
- Andrade, A.D., Loureiro, M.B., Souza, A.D. O., Ramos, F. N., & Cruz, A.P.M.** 1999. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.). *Revista Árvore* 23: 279-283.
- Alves Jr, F.T., Brandão, C.F., Rocha, K.D., Marangon, L.C. & Ferreira, R.L. C.** 2006. Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila densa, Recife, PE. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 1: 49-56.
- Alves, L.F. & Santos, F.A.M.** 2002. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. *Journal Tropical Ecology* 18: 245-260.
- Archibald, S. & Bond, W.J.** 2003. Growing tall vs growing wide: tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos* 102: 3-14.
- Armelin, R.S. & Mantovani, W.** 2001. Definições de clareira natural e suas implicações no estudo da dinâmica sucessional em florestas. *Rodriguésia* 52: 5-15.
- Bataghin, F.A., Fiori, A. & Toppa, R.H.** 2008. Efeito de borda sobre epífitos vasculares em floresta ombrófila mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *O Mundo da Saúde* 32: 329-338.
- Batista, N.A., Bianchini, E., Carvalho, E.S & Pimenta J.A.** 2013. Architecture of tree species from different stratum developing in the same light environment in a Semideciduous Forest in Southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*.
- Batista, W.B. & Platt, W.J.** 2003. Tree population responses to hurricane disturbance: syndromes in a south-eastern USA old-growth forest. *Journal of Ecology* 91: 197-212.
- Bell, G.** 2001. Neutral macroecology. *Science* 293: 2413-2418.
- Bendel, R.B., Higgins, S.S., Teberg, J.E. & Pyke, D.A.** 1989. Comparison of skewness coefficient, coefficient of variation, and Gini coefficient as inequality measures within populations. *Oecologia (Berlin)* 78: 394-400.
- Bertani, D.F.** 2006. Ecologia de populações de *Psychotria suterella* Müll. Arg. (Rubiaceae) em uma paisagem fragmentada de Mata Atlântica. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Bianchini, E., Araújo, C.G., Green, M. & Pimenta, J.A.** 2013. Demography and Structures Population of *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) in Flooded Areas in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology and International Journal* 56: 69-79.
- Bovolenta, Y. R.** 2011. Influência do estado de conservação de fragmentos florestais na estrutura de populações de espécies arbóreas de diferentes estratos verticais. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Botrel, R.T., Oliveira-Filho, A.T., Rodrigues, L. & Curi, N.** 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutural da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25:195-213.
- Chase, J.M.** 2003. Community assembly: when should history matter? *Oecologia* 136: 489-498.
- Chase, J.M.** 2007. Drought mediates the importance of stochastic community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:17430-17434.
- Chen, J.Q., Franklin, J.F. & Spies, T.A.** 1992. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests. *Ecological applications* 2: 387-396.
- Clark, D.B., & Clark, D.A.** 1991. The impact of physical damage on canopy tree regeneration in tropical rain forest. *Journal of Ecology* 79: 447-457.
- Connell, J.H., Tracey, J.G. & Webb, L.J.** 1984. Compensatory recruitment, growth, and mortality as factors maintaining rainforest tree diversity. *Ecological Monographs* 54:141-164.
- Dixon, P.M.** 2002. Ripley's K function. *Encyclopedia of Environmetrics* 3: 1796-1803.
- Dutilleul, P.** 1993. Modifying the t test for assessing the correlation between two spatial processes. *Biometrics* 49: 305-314.
- EMBRAPA.** 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Paraná.
- Eisenlohr, P.V., Melo, M.M.D.R.F., Silva, M.R.D., Schmal, P., Ferreira-Júnior, W.G., Dias, A.D.S., & Silva, A.F.D.** 2011. Floristic variations in a woody plant community along a trail in a Semideciduous Seasonal Forest, Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *Hoehnea* 38: 61-71.
- Ejrnaes, R., Bruun, H.H. & Graae, B.J.** 2006. Community assembly in experimental grasslands: suitable environment of timely arrival? *Ecology* 87: 1225-1233.
- Fahrig, L.** 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- Franci, L. C.** 2012. Estrutura populacional de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae) em uma floresta estacional semidecídua no sudeste do Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Franklin, A.B., Noon, B.R. & George, T.L. 2002. What is habitat fragmentation? *Studies in Avian Biology* 25: 20-29.

Gehlhausen, S.M., Schwartz, M.W. & Augspurger, C.K. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forests fragments. *Plant Ecology* 147: 21-35.

Götzenberger, L., Bello, F.D., Bråthen, K.A., Davison, J., Dubuis, A., Guisan, A., Lepš, J., Lindborg, R., Moora, M., Pärtel, M., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Zobel, K. & Zobel, M. 2011. Ecological assembly rules in plant communities — approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews* 87:111-127.

Gradstein, S.R., Churchill, S.P. & Salazar-Allen, N. 2001. Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 86: 1-577.

Harper, K.A., Macdonald, E., Burton, P.J., Chen, J., Brososke, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E.S., Roberts, D., Jaiteh, M.S. & Esseen, P. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19: 768-782.

Henriques, R.P.B. & Souza, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 21: 204-209.

Holanda, A.C.D., Feliciano, A.L.P., Marangon, L.C., Santos, M.S.D., Melo, C.L. S. M.S. D. & Pessoa, M.M.D.L. 2010. Estrutura de espécies arbóreas sob efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Pernambuco. *Revista Árvore* 34:103-114.

Holt, J.S. 1995. Plant response to light: a potencial tool for weed management. *Weed Science, West Lafayette* 43: 474-482.

Hutchings, M.J. 1997. The structure of plant populations. In: Crawley, M.J. (ed). *Plant ecology*, Blackwell Scientific, Oxford, UK 325-358.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. 2000. Cartas climáticas do estado do Paraná. Londrina: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná.

Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5:173-185.

Kapos, V., Camargos, J.L.C. & Dande, G. 1997. Edge related changes in environment and plant response due to forest fragmentation in Central Amazonia. In *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities* (W.F. Laurance & R.O. Bierregaard, eds.). University of Chicago Press, Chicago 45-54.

Kelly, C.K., Smith, H.B., Buckley, Y.M., Carter, R., Franco, M., Johnson, W., Jones, T., May, B., Ishiwara, R.P., Perez-Jimenez, A., Magallanes, A.S., Steers, H. & Waterman, C. 2001. Investigations in commonness and rarity: a comparative analysis of co-occurring, congeneric Mexican trees. *Ecology Letters* 4: 618-627.

- King, D.A.** 1990. Allometry of saplings and understory trees of a Panamanian forest. *Functional Ecology* 4: 27-32.
- King, D.A.** 1996. Allometry and life history of tropical trees. *Journal of tropical ecology* 12: 25-44.
- Knowles, P. & Grant, M.** 1983. Age size structure analyses of Engelman spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limer pine in Colorado. *Ecology* 64:1-9.
- Köppen, W.** 1948. *Climatologia: com um estudio de los climas de la Tierra*. Fondo de cultura econômica, México.
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E., Laurance, S.G., Andrade, A., Ribeiro, J.E., Giraldo, Giraldo, J.P. & D'Angelo, S.** 2006. Rapid decay of tree-community composition in Amazonian forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103: 19010-19014.
- Laurance, W.F. & Peres, C.A.** 2006. *Emerging threats to Tropical Forests*. Chicago: University of Chicago 563.
- Law, R. & Dieckmann, U.** 2000. A dynamical system for neighborhoods in plant communities. *Ecology* 81:2137-2148.
- Lemmon, P.E.** 1956. A spherical densiometer for estimating forest overstory density. *Forest Science* 2: 314-320.
- Lopes, E.V. & Anjos, L.** 2005. Abundância e microhabitat de aves papa-formigas (Thamnophilidae) em remanescentes florestais da bacia hidrográfica do rio Tibagi, sul do Brasil.
- Madeira, B.G., Santo, M.M.E., Neto, S.A., Nunes, Y.R.F., Azofeifa, G.A.S., Fernandes, G.W. & Quesada, M.** 2009. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecology* 201: 291-304.
- Marques, M.C.M. & Joly, C.A.** 2000. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 23: 107-112.
- Martínez-Sánchez, J.L., Meave, J.A. & Bongers, F.** 2008. Light-related variation in sapling architecture of three shade-tolerant tree species of the Mexican rain Forest. *Revista Chilena de História Nacional* 81: 361-371.
- McMahon, T.A.** 1973. Size and shape in biology. *Science* 179: 1201-1204.
- Martins, S.S., Couto, L., Machado, C.C. & Souza, A.L.D.** 2003. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. *Revista Árvore* 27: 65-70.
- Murcia, C.** 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 58-62.

- Nascimento, A.R.T., Longhi, S.J. & Brena, D.A.** 2001. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. *Ciência Florestal* 11.
- Niklas, K.J.** 1995. *Plant allometry: the scaling of form and process*. Chicago: The University of Chicago Press 412.
- Nogueira, A., Costa, F.R. & Castilho, C.V.** 2011. Liana abundance patterns: the role of ecological filters during development. *Biotropica*, 43: 442-449.
- Oliveira-Filho, A.T., Vilela, E.A., Carvalho, D.A. & Gavilanes, M.L.** 1994. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 10: 483-508.
- Oliveira Filho, A.T., Carvalho, W.A.C., Machado, E.L.M., Higuchi, P., Appolinário, V., Castro, G.C., Silva, A.C., Santos, R.M., Borges, L.F., Corrêa, B.S. & Bueno, J.M.A.** 2007. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). *Revista Brasileira de Botânica* 30: 149-161.
- Oosterhoorn, M. & Kappelle, M.** 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam 126: 291-307.
- Osunkoya, O.O., Omar-Ali, K., Amit, N., Dayan, J., Daud, D.S. & Sheng, T.K.** 2007. Comparative height crown allometry and mechanical design in 22 tree species of Kuala Belalong rainforest, Brunei, Borneo. *American Journal of Botany* 94: 1951–1962.
- Parthasarathy, N.** 1999. Tree diversity and distribution in undisturbed and human-impacted sites of tropical wet evergreen forest in southern Western Ghats, India. *Biodiversity and Conservation* 8: 365-1381.
- Parish, R., Nigh, G.D. & Antos, J.A.** 2008. Allometry and size structure of trees in two ancient snow forests in coastal British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 278–288.
- Pérez-Salicrup, D.R., Sork, V.L. & Putz, F.E.** 2001. Lianas and trees in a liana forest of Amazonian Bolívia. *Biotropica* 33: 34-47.
- Phillips, D.L. & MacMahon, J.A.** 1981. Competition and spacing pattern in desert shrubs. *Journal Ecology* 69: 97-115.
- Poorter, L., Bongers, L., & Bongers, F.** 2006. Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups. *Ecology* 87: 1289-1301.
- Poorter, L., Bongers, F., Sterck, F.J. & Woll, H.** 2003. Architecture of 53 rainforest tree species differing in adult stature and shade tolerance. *Ecology* 84: 602–608.
- Portela, R.C.Q., Bruna, E.M. & Santos, F.A.M.** 2010a. Are protected areas really protecting populations? A test with an Atlantic rain forest palm. *Tropical Conservation Science* 4: 361-372.

- Portela, R.C.Q., Bruna, E.M. & Santos, F.A.M.** 2010b. Demography of palm species in Brazil's Atlantic forest: a comparison of harvested and unharvested species using matrix models. *Biodiversity and Conservation* 19: 2389-2403.
- Portsmouth, A. & Niinemets, U.** 2007. Structural and physiological plasticity in response to light and nutrients in five temperate deciduous woody species of contrasting shade tolerance. *Functional Ecology* 21: 61-77.
- Putz, F.E.** 1980. Lianas vs. Trees. *Biotropica*.12: 224-225.
- Putz, F.E.** 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 65: 1713-1724.
- Rangel, T.F., Diniz-Filho, J.A.F. & Bini, L.M.** 2010. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography* 33: 46-50.
- Ries, L., Fletcher Jr., R.J., Battin, J. & Sisk, T.D.** 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 491-522.
- Ripley, B.D.** 1977 Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistic Society* 39:172-212.
- Santos, F.M.** 2002. Ecologia de populações de plantas - Região Sudeste do Brasil. In E. L. Araújo, A. N. Moura, E. V. S. B. Sampaio, L. M. S. Gestrinari, & J. M. T. Carneiro [eds.], *Biodiversidades, Conservação e uso Sustentável da Flora do Brasil*. Sociedade Botânica do Brasil - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife.
- Sakita, A.E.N., Silva, A. & Paula, R.C.** 2007. Germinação de sementes de *Aspidosperma polyneuron* M. Arg.(peroba-rosa) sob diferentes condições de qualidades de luz e temperatura. *Instituto Florestal Série Registros* 31: 203-207.
- Siminski, A., Mantovani, M., Reis, M.S. & Fantini, A.C.** 2004. Sucessão Florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. *Ciência Florestal, Santa Maria* 14: 21-33.
- da Silva Júnior, F.M.R., They, N.H., Troian, V.R.R. & Kindel, A.** 2007. Densidade populacional e relações alométricas de *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schlttdt.(Rubiaceae) em paisagem fragmentada no Morro Santana (Porto Alegre, RS). *Revista Brasileira de Biociências* 5: 486.
- Silveira, M.** 1993. Estudo da vegetação em uma toposequência no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- Snedecor, G.W. & Cochran, W.G.** 1967. *Statistical methods*. 6 ed. Ames: Iowa State University Press.
- Soares-Silva, L.H. & Barroso, G.M.** 1992. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da porção norte do Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. In: *Anais do VIII Congresso da Sociedade de Botânica de São Paulo (Campinas, SP)* 101-112.

- Sposito, T.C. & Santos, F.A.M.** 2001. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. *American Journal of Botany* 88: 939–949.
- Sterck, F. J. & Bongers, F.** 1998. Ontogenetic Changes in Size, Allometry, and Mechanical Design of Tropical Rain Forest Trees. *American Journal of Botany* 85: 266-272.
- Sterck, F.J., Bongers, F. & Newbery, D.M.** 2001. Tree architecture in a Bornean lowland rainforest: intraspecific and interspecific patterns. *Plant Ecology* 153: 279–292.
- Tabarelli, M., Mantovani, W. & Peres, C.A.** 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation* 91: 119-127.
- Tabarelli, M., da Silva, J.M.C. & Gascon, C.** 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical forests. *Biodiversity and Conservation* 13: 1419-1425.
- Tabarelli, M., Aguiar, A.V., Grillo, A.S. & Santos, A.M.M.** 2006. Fragmentação e perda de habitats na Mata Atlântica ao norte do rio São Francisco. Siqueira-Filho, JA & Leme, EMC *Fragmentos de Mata Atlântica do Nordeste. Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias.* Andréa Jakobson Estúdio, Rio de Janeiro 81-99.
- Valério, A.F.F., Watzlawick, L.F., dos Santos, R.T., Silvestre, R., & Koehler, H.S.** 2008. Determinação da Densidade Básica da Madeira de Peroba (*Aspidosperma polineuron* Muell. Arg.) ao Longo do Fuste. *Revista Caatinga*.
- Valladares, F., Skillman, J.B. & Percy, R.W.** 2002. Convergence in light capture efficiencies among tropical forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. *American Journal of Botany* 89:1275-1284.
- Van den Berg, E. & Santos, F.A.M.** 2004. Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. *Ciência Floresta, Santa Maria* 13: 83-98.
- Vargas, D.** 2005. Florística, fitossociologia e aspectos da dinâmica de um remanescente de mata de encosta no Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre.
- Vargas-Rodriguez, Y.L., Vázquez-García, J.A. & Williamson, G.B.** 2005. Environmental correlates of tree and seedling–sapling distributions in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology* 180: 117-134.
- Vicente, R.F.** 2006. O Parque Estadual Mata dos Godoy. In: Torezan, J.M.D. *Ecologia do Parque Estadual Mata dos Godoy.* Londrina: ITEDES.
- Vieilledent, G., Courbaud, B., Kunstler, G., Dhôte, J.F. & Clark, J.S.** 2010. Individual variability in tree allometry determines light resource allocation in forest ecosystems: a hierarchical Bayesian approach. *Oecologia* 163: 759-773.
- Vincent, G. & Harja, D.** 2008. Exploring Ecological Significance of Tree Crown Plasticity through Three-dimensional Modelling. *Annals of Botany* 101: 1221-1231.
- Uhl, C. & Murphy, P.G.** 1981. Composition, structure, and regeneration of a tierra firme forest in the Amazon Basin of Venezuela. *Tropical Ecology* 22: 219-237.

Urich, W. 2004. Species co-occurrences and neutral models: reassessing J. M. Diamond's assembly rules. *Oikos* 107: 603-609.

Watling, J.I. & Orrock, J.L. 2010. Measuring edge contrast using biotic criteria helps define edge effects on the density of an invasive plant. *Landscape Ecology* 25: 69-78.

Wright, S.J., Muller-Landau, H.C., Condit, R. & Hubbell, S.P. 2003. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. *Ecology* 84: 3174-3185.

Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4 ed. Prentice-Hall, New Jersey.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical analysis*. Englewood cliffs, Prentice-Hall 2: 718.