



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



TASSIANE NOVACOSQUE FEITOSA GUERRA

INFLUÊNCIA DA BORDA E DA TOPOGRAFIA SOBRE A
ESTRUTURA E FISIONOMIA DA VEGETAÇÃO DE UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA,
IGARASSU, PE, BRASIL

RECIFE - PE
2010

TASSIANE NOVACOSQUE FEITOSA GUERRA

INFLUÊNCIA DA BORDA E DA TOPOGRAFIA SOBRE A
ESTRUTURA E FISIONOMIA DA VEGETAÇÃO DE UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA,
IGARASSU, PE, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Florestais da
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
como requisito para obtenção do grau de Mestre
em Ciências Florestais, Área de concentração:
Silvicultura.

ORIENTADORA:

Prof. Dr^a. Maria Jesus Nogueira Rodal

CO-ORIENTADOR:

Prof. Dr. Marccus Vinícius da Silva Alves

RECIFE - PE
2010

Ficha catalográfica

G929i Guerra, Tassiane Novacosque Feitosa
Influência da borda e da topografia sobre a estrutura e
fisionomia da vegetação de um remanescente da floresta
Atlântica, Igarassu, PE, Brasil / , Tassiane Novacosque
Feitosa Guerra. – 2010.
51 f. : il.

Orientadora: Maria Jesus Nogueira Rodal.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Ciência Florestal, Recife, 2010.

Referências.

1. Declividade 2. Dossel 3. Floresta ombrófila
4. Heterogeneidade ambiental 5. Sub-bosque I. Rodal, Maria
Jesus Nogueira, orientadora II. Título

CDD 634.9

INFLUÊNCIA DA BORDA E DA TOPOGRAFIA SOBRE A
ESTRUTURA E FISIONOMIA DA VEGETAÇÃO DE UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA,
IGARASSU, PE, BRASIL

Dissertação submetida e aprovada pela banca examinadora em 09 de fevereiro de 2010.

Orientadora:

Profª Drª. Maria Jesus Nogueira Rodal
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Examinadores:

Profº Drº. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Profª Drª. Carmem Sílvia Zickel
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Profª Drª. Ana Lícia Patriota Feliciano
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

DEDICO

À Floresta Atlântica Brasileira. Pela esplendorosa beleza, exuberância de espécies, inestimáveis serviços ambientais e também como um lamento por toda destruição causada pelo homem.

OFEREÇO

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos que mais contribuíram para minha formação como pessoa, minha mãe e meu pai. Graças aos ensinamentos de vocês consegui trilhar os meus caminhos e chegar aonde cheguei.

A todos os meus familiares, principalmente a minha avó Leonor e meu irmão Thyago, pela convivência e colaboração no dia a dia.

Ao meu noivo Guilherme pelo apoio incondicional, talvez sem seu incentivo eu não estivesse concluindo o curso de mestrado.

À minha orientadora e amiga Maria de Jesus Nogueira Rodal, pela oportunidade, paciência e principalmente por todos os ensinamentos e amizade.

Aos colegas de turma do curso de mestrado, especialmente as amigas Amanda Menezes e Polyana Gabriela, pelo crescimento mútuo, por toda colaboração e momentos de alegria.

Aos companheiros e companheiras do Laboratório de Fitossociologia (LAFIT) e do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEVE) por todo apoio, principalmente nas atividades de campo e identificação do nosso material.

Ao Prof^o Marccus Vinícius da Silva Alves e à Prof^a Ana Carolina Borges Lins e Silva pela revisão, observações e apoio.

Aos colegas do Projeto Fragmento pela colaboração em vários momentos importantes para a realização deste trabalho. Aos mateiros sensacionais, Marquinhos e Geninho, e ao motorista querido Tio Xande.

À Prof^a Fátima Santos, pela torcida e apoio.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pelas instalações e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais.

À Usina São José pela autorização para realização deste trabalho.

Enfim, a todos que torcem pelo meu crescimento profissional e contribuem para o mesmo, seja direta ou indiretamente. Ainda não acaba aqui, essa é só mais uma etapa que finalizo, mas agora tenho mais experiência e segurança para continuar. Obrigada.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMO	
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS	13
2.2 EFEITO DE BORDA	14
2.2.1 ESTUDOS DE EFEITO DE BORDA NA FLORESTA ATLÂNTICA DO NORDESTE	16
2.3 RELAÇÃO DA COMUNIDADE VEGETAL COM A TOPOGRAFIA	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 ÁREA DE ESTUDO	20
3.2 COLETA DE DADOS	21
3.3 TRATAMENTO DOS DADOS	24
4. RESULTADOS	26
4.1 VARIÁVEIS FISIONÔMICAS	26
4.2 VARIÁVEIS ESTRUTURAIIS	30
5. DISCUSSÃO	41
5.1 DIFERENÇAS FISIONÔMICAS	41
5.2 DIFERENÇAS ESTRUTURAIIS	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
7. REFERÊNCIAS	45

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Variáveis fisionômicas obtidas em 10 parcelas (0,01 ha) para o componente arbóreo e 10 parcelas (0,0025 ha) para o sub-bosque por situação de estudo em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. Letras distintas indicam diferenças significativas, sendo que as maiúsculas indicam variações entre os ambientes de borda e interior situados em mesma posição topográfica e as minúsculas entre áreas de encosta e de tabuleiro em mesmo ambiente. A ausência de letra indica diferenças não significativas. Entre parênteses, média \pm desvio padrão. Pág. 26
- Tabela 2.** Famílias e número de indivíduos por espécie da comunidade arbórea (Arb) e do sub-bosque lenhoso (Sub), amostrados em 40 parcelas respectivamente de 0,4 ha e 0,1 ha, distribuídas em ambientes de borda e interior localizados em áreas de encosta e de tabuleiro em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. Espécies indicadoras estão marcadas com * na coluna referente ao ambiente que representam. 30
- Tabela 3.** Número de espécies, indivíduos, diversidade (H') e equabilidade (J) do componente arbóreo e do sub-bosque obtidos em quatro situações de estudo em um remanescente de Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil. Letras distintas indicam diferenças significativas, sendo que as maiúsculas indicam variações entre os ambientes de borda e interior situados em mesma posição topográfica e as minúsculas entre áreas de encosta e de tabuleiro em mesmo ambiente. A ausência de letra indica diferenças não significativas. Entre parênteses, média \pm desvio padrão, obtidas em 10 parcelas (0,01 ha) do componente arbóreo e 10 parcelas (0,0025 ha) do sub-bosque. 35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Imagem de alta resolução espacial de parte da propriedade da Usina São José (Pernambuco, Brasil) indicando os limites do remanescente de Floresta Atlântica estudado neste trabalho (Mata de Chave).	21
Figura 2. Remanescente de Floresta Atlântica estudado (Mata de Chave) com as curvas de nível e localização das situações de estudo. As setas amarelas indicam a posição tabuleiro e as setas vermelhas a posição encosta. A letra B indica borda e as letras In o interior.	22
Figura 3. Esquema da amostragem do componente arbóreo e do sub-bosque lenhoso realizada neste trabalho em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.	23
Figura 4. Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classes de altura, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.	27
Figura 5. Distribuição do número de indivíduos do sub-bosque lenhoso por classes de altura, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.	28
Figura 6. Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classes de diâmetro, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.	29
Figura 7. Distribuição do número de indivíduos do sub-bosque lenhoso por classes de diâmetro (centros das classes), em quatro de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.	29
Figura 8. Diagrama de Veen com número espécies exclusivas do componente arbóreo e do sub-bosque, e número de espécies regenerantes na intercessão do diagrama. BE – Borda encosta, BT – Borda tabuleiro, IE – Interior encosta e IT – Interior tabuleiro.	36
Figura 9. Dendrograma de agrupamento das parcelas, usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos como descritores, distância de Sørensen (Bray-Curtis) e Média de Grupo (UPGMA) como método de	37

agrupamento, na comunidade arbórea na Mata de Chave, Igarassu, PE.

Figura 10. Esquema do Twispan elaborado usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos na comunidade arbórea em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. 37

Figura 11. Diagrama de ordenação das parcelas produzido pela análise de componentes principais, baseado na distribuição da densidade de espécies do componente arbóreo, amostradas com cinco ou mais indivíduos, em 40 parcelas divididas em quatro situações, na Mata de Chave, Igarassu, PE. 38

Figura 12. Dendrograma do agrupamento das parcelas, usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos como descritores, distância de Sørensen/Bray-Curtis como coeficiente de ligação e Média de Grupo (UPGMA) como método de agrupamento, no sub-bosque na Mata de Chave, Igarassu, PE. 39

Figura 13. Diagrama de ordenação das parcelas produzido pela análise de componentes principais, baseado na distribuição da densidade de espécies do sub-bosque lenhoso, amostradas com cinco ou mais indivíduos, em 40 parcelas divididas em quatro situações, na Mata de Chave, Igarassu, PE. 39

Figura 14. Diagrama de ordenação das parcelas produzido pela análise de componentes principais, baseado na distribuição da densidade de espécies do sub-bosque amostradas com cinco ou mais indivíduos, em 40 parcelas divididas em quatro situações, na Mata de Chave, Igarassu, PE. 40

RESUMO

Nas áreas de borda de fragmentos florestais são detectadas modificações na fisionomia e estrutura da comunidade florestal, devido a alterações bióticas e abióticas provocadas pelo efeito de borda. As variações na topografia também influenciam nas mudanças estruturais da vegetação, de modo que em áreas inclinadas ocorre maior dinâmica. Assim, neste trabalho esperou-se encontrar menor magnitude do efeito de borda sobre a vegetação localizada na área de tabuleiro que é plana. Para isso, foi avaliado o efeito de borda, em duas posições topográficas distintas, sobre a estrutura e fisionomia da comunidade arbórea e do sub-bosque lenhoso de um fragmento de Floresta Atlântica. Foram delimitados dois ambientes: borda e interior, e duas posições topográficas: encosta e tabuleiro, de modo que no total foram definidas quatro situações: borda encosta, borda tabuleiro, interior encosta e interior tabuleiro, onde foram instaladas 10 parcelas de 10 m x 10 m em cada situação para amostragem do componente arbóreo (plantas com circunferência a 1,30 cm do solo ≥ 15 cm) e mais 10 parcelas de 5 m x 5 m (no vértice de cada parcela do componente arbóreo) para amostragem do sub-bosque lenhoso (plantas com circunferência ao nível do solo ≥ 3 cm e com circunferência a 1,30 cm do solo < 15 cm). Foram investigadas variáveis fisionômicas e estruturais entre os ambientes de borda e de interior em mesma posição topográfica, e entre área de encosta e de tabuleiro do mesmo ambiente. O efeito de borda foi percebido através das mudanças fisionômicas e estruturais, observadas entre borda e interior, sendo estas ainda mais evidentes quando consideradas as diferentes posições topográficas. Tanto fisionomicamente como estruturalmente, as variações entre borda e interior foram mais claras na encosta do que no tabuleiro. Tais resultados mostraram que houve menor magnitude do efeito de borda na área de tabuleiro do que na encosta confirmando a hipótese apresentada.

Palavras chave: declividade, dossel, floresta ombrófila, heterogeneidade ambiental, sub-bosque.

1. INTRODUÇÃO

A perda de biodiversidade está fortemente relacionada à destruição e à fragmentação de habitats na região tropical (MYERS, 1997; DEBINSK; HOLT, 2000). De acordo com Farhig (2003) a fragmentação é um processo na escala da paisagem que envolve a perda e a separação de habitats, que segundo Murcia (1995) acaba por restringir grandes extensões de vegetação nativa a fragmentos remanescentes, que são expostos às condições distintas das anteriormente existentes, provocadas tanto pela perda de habitat como pelo efeito de borda.

Os efeitos de borda são o resultado da interação entre dois ecossistemas adjacentes quando os dois são separados por uma transição abrupta (MURCIA, 1995). Assim, a área de borda, já que é uma área de transição entre duas unidades da paisagem (METZGER, 2001), pode ter algumas características em comum com os habitats adjacentes, ou ser completamente distinta (CADENASSO et al., 2003).

Nesse sentido, a literatura relata que nas áreas próximas ao limite florestal são encontradas alterações na composição, estrutura e função da vegetação, devido a alterações bióticas e abióticas provocadas pelo efeito de borda (MURCIA, 1995; HARPER et al., 2005). Como exemplo, Fox et al. (1997) e Oliveira et al. (2004) encontraram diferenças florísticas entre a borda e o interior, enquanto Young e Mitchel (1994) relataram variações entre as espécies dominantes. Oosterhoorn e Kappelle (2000) observaram redução da altura do dossel e aumento da estatura do sub-dossel do interior em direção a borda e Williams-Linera (1990) detectou maior número de árvores com menor diâmetro na borda.

Diversos estudos sobre efeito de borda têm identificado que determinadas variáveis devem ser isoladas ou então claramente definidas em seus desenhos amostrais, tais como, a orientação com relação ao sol, a história do uso do solo, a fisionomia da floresta, o tamanho, a forma e a idade do fragmento, assim como a paisagem no qual o fragmento está inserido (MURCIA, 1995; KAPOs et al., 1997; TURTON; FREIBURGER, 1997; HARPER et al., 2005). Deve-se considerar ainda que a heterogeneidade ambiental é um dos principais fatores que atuam na repartição espacial da flora e nas mudanças estruturais das florestas tropicais, especialmente variações na topografia (OLIVEIRA-FILHO et al., 1998).

A esse respeito, Ediriweera et al. (2008) relataram que diferentes elevações e declividades afetam os padrões de disponibilidade dos recursos relacionados à

luminosidade, à nutrição e à disponibilidade hídrica no solo, o que é refletido diretamente na estrutura da floresta. Com o aumento da declividade, maior é a incidência de clareiras, e conseqüentemente ocorrem alterações na dinâmica e na estrutura da vegetação, como aumento na mortalidade e diminuição na densidade e na área basal (CLARK; CLARK, 2000; ROBERT, 2003).

Relacionando a influência do efeito de borda e da topografia sobre a estrutura da comunidade vegetal, Carvalho et al. (2007) e Silva et al. (2008a) observaram que apesar de terem sido detectadas diferenças na fisionomia, estrutura e composição da vegetação frente as variações catenárias, foi o efeito de borda que mais fortemente se relacionou com as mudanças observadas.

Estudos quantitativos tanto na comunidade arbórea como no sub-bosque da Floresta Atlântica brasileira são de extrema relevância, por ser classificada como um dos 25 hotspots mundiais de biodiversidade (MYERS et al., 2000) e apresentar um longo histórico de devastação da sua área (VIANA et al., 1997). Atualmente, essa floresta é restrita a pouco mais de 16 milhões de hectares, 11,73% da sua vegetação original localizados particularmente em topografia muito acidentada (RIBEIRO et al., 2009). No centro de endemismo pernambucano, a Floresta Atlântica foi reduzida a 11,5% da cobertura original (RIBEIRO et al., 2009), sendo a maioria dos seus remanescentes fragmentos pequenos (<10 ha) e bastante irregulares, como mostram os estudos de caso de Ranta et al. (1998) e Trindade et al. (2008).

Diante do exposto, as hipóteses deste trabalho são que o efeito de borda é responsável pelas mudanças fisionômicas e estruturais da comunidade vegetal entre borda e interior, e que tais mudanças são moduladas pela topografia, de modo que em locais mais acidentados a vegetação apresenta estrutura mais heterogênea ao longo do gradiente borda – interior do que em áreas planas (tabuleiro). Dessa forma, foi avaliado o efeito de borda, em diferentes posições topográficas, sobre a estrutura e a fisionomia da comunidade arbórea e do sub-bosque lenhoso de um fragmento de Floresta Atlântica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS

Uma das mais importantes consequências da atual dinâmica de uso da terra pelo homem é a fragmentação de habitats, na qual a taxa de alteração das paisagens naturais é muito maior do que a dinâmica de perturbação natural dos ecossistemas (TABARELLI ; GASCON, 2005).

A fragmentação e seus efeitos vêm sendo estudados por vários autores em diversas florestas ao redor do mundo (DEBINSK; HOLT, 2000; FAHRIG, 2003; HARPER et al., 2005). No entanto, apenas mais recentemente, com o desenvolvimento da ecologia da paisagem, os fragmentos de habitat foram integrados dentro de um contexto mais realista, formado por unidades heterogêneas, que influenciam a dinâmica de populações e a diversidade das comunidades fragmentadas (METZGER, 1999).

A paisagem pode ser definida como um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação, e pode se apresentar sob forma de manchas, corredores e matriz, ou sob forma de gradiente (METZGER, 2001).

A ecologia de paisagem que se interessa pela dinâmica espacial (incluindo fluxos de organismos, materiais e energia) e pelos caminhos por onde os fluxos são controlados dentro de paisagens heterogêneas, tem provido novos caminhos para explorar aspectos da heterogeneidade e descobrir como os padrões espaciais controlam os processos ecológicos (PICKETT; CADENASSO, 1995).

A modificação na estrutura da paisagem pela fragmentação, seja pela perda de habitats, separação de habitats ou alteração na configuração dos mesmos (FAHRIG, 2003), acaba resultando em mudanças em uma série de processos ecológicos e processos ecossistêmicos (LAURANCE et al., 2002).

A perda de habitat, também chamada de efeito de área, acaba reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações, provocando efeitos negativos sobre a biodiversidade: na riqueza de espécies, na abundância e na distribuição das populações; na diversidade genética, com aumento na taxa de endogamia, deriva genética e diminuição no fluxo gênico; na taxa de crescimento e mortalidade populacional; nas interações entre espécies; no sucesso da reprodução e da

dispersão; e em aspectos do comportamento animal (METZGER, 1999; DEBINSKI; HOLT, 2000; LAURANCE et al., 2002; FAHRIG, 2003; TABARELLI; GASCON, 2005).

Já a separação de habitats e as configurações do mesmo, expõem as populações remanescentes ao efeito de borda. De acordo com Murcia (1995), os efeitos de borda são os resultados da interação entre dois ecossistemas adjacentes quando os dois são separados por uma transição abrupta. Tais ecossistemas compartilham fluxos de energia, nutrientes e espécies através de seus limites, assim, a composição de espécies, a estrutura e os processos ecológicos de um ecossistema perto da linha de contato com outro ecossistema podem ser mudados.

2.2 EFEITO DE BORDA

A existência ou não de limites entre associações numa mesma vegetação ou ecossistema tem sido estudada desde o início do século XX, por pioneiros como Clements e Gleason, que trataram de limites abruptos e graduais, respectivamente (RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006). No entanto, apesar de defenderem diferentes pontos de vista, deixaram claro o papel fundamental das áreas limítrofes.

As áreas limítrofes são importantes componentes de áreas heterogêneas, e possuem as seguintes características gerais (CADENASSO et al., 2003):

- Podem ser semelhantes às áreas adjacentes ou completamente distintas;
- Quando os limites são distintos das áreas adjacentes por alguma característica definida, o gradiente de tal característica é mais pronunciado no limite do que em qualquer uma das áreas adjacentes;
- Podem ser extensas ou curtas, a depender do gradiente de mudança entre as áreas adjacentes;
- Um limite é definido para uma dada característica, podendo ser diferenciado em magnitude e localização quando se tratar de outra característica;
- A função de um limite é determinada por um organismo ou material, energia, informação, ou algum processo que é afetado pelo gradiente encontrado no próprio limite.

As bordas florestais, também consideradas um tipo de limite na natureza, quando criadas a partir de processos exógenos, ou seja, induzidos pelo homem, ficam expostas, com grande intensidade, a determinados fenômenos, causados por novas condições que influenciam os processos ecológicos e ecossistêmicos nos organismos remanescentes.

Nesse contexto, muitos trabalhos foram desenvolvidos buscando entender as transformações provocadas pelo efeito de borda (LAURANCE; BIERREGARD-JR, 1997; HARPER et al., 2005).

Murcia (1995) descreve três tipos de efeitos de borda sobre o fragmento remanescente: efeitos abióticos, aqueles que envolvem mudanças nas condições ambientais, resultantes do contato com a nova matriz; efeitos bióticos diretos, que envolvem mudanças na abundância e distribuição de espécies causadas diretamente pelas condições físicas perto da borda; e efeitos bióticos indiretos, que envolvem mudanças nas interações entre espécies, como predação, competição, herbivoria, polinização e dispersão.

Com relação às transformações experimentadas pela borda, Matlack (1994, citado por RODRIGUES; NASCIMENTO, 2006), identificou três fases: fase de formação, quando a vegetação responde fortemente à criação da borda exibindo, inclusive, alta mortalidade; fase de reorganização dos gradientes físicos, quando pode ser desenvolvida uma camada de biomassa paralela a borda que reduz a ação direta do vento e da insolação; e a fase da expansão da área de borda, quando há efetivamente o estabelecimento de uma zona “tampão” biótica ou a expansão da comunidade, que passa a ter novos limites.

Conforme descrito por Harper et al. (2005), as respostas à criação da borda podem ser chamadas de primárias ou secundárias. As respostas primárias são aquelas resultantes diretamente dos efeitos da criação da borda, que incluem danos a vegetação, aumento da dispersão do pólen e de sementes e mudanças na evapotranspiração, no ciclo de nutrientes e na decomposição. Tais processos são responsáveis por mudanças estruturais primárias, como cobertura do dossel, densidade de árvores, área foliar e biomassa vegetal. As respostas secundárias (regeneração, crescimento, reprodução e mortalidade) surgem porque as respostas primárias transformam os gradientes bióticos e abióticos, e acabam provocando mudanças estruturais secundárias (densidade de plântulas, cobertura do sub-bosque, altura dos arbustos) e na composição de espécies.

Estudos sobre efeito de borda são realizados em diversas florestas ao redor do mundo, em que diversas variáveis são analisadas: microclima (TURTON; FREIBURGER, 1997; BÁLDI, 1999); diferentes graus de exposição a borda (BENITEZ-MALVIDO; MATINEZ-RAMOS, 2003); diversidade de ambientes (WILLIAMS-LINERA, 1998); tamanho do fruto (OLIVEIRA et al., 2004); sucessão vegetal ou grupos ecológicos (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006); idade da borda:

LAURANCE et al., 1997). Estes estudos têm sido dirigidos tanto para a vegetação arbórea como, em menor quantidade, para o sub-bosque, utilizando diferentes metodologias, grande parte dos estudos é de casos específicos, que buscam padrões simplísticos e estáticos, com diversas variáveis e diferentes desenhos amostrais, dificultando generalizações e impossibilitando a criação de uma teoria universal sobre borda (MURCIA et al., 1995; CADENASSO et al., 2003).

A literatura mostra que na Floresta Atlântica brasileira o componente arbóreo é mais bem estudado (ver revisão OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000) do que o sub-bosque (SALIS et al., 1996; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; OLIVEIRA et al., 2001). Com relação ao sub-bosque, alguns autores como Oliveira e Felfili (2005) amostram apenas as plantas jovens de espécies que compõem o dossel, enquanto para outros autores, como Tabarelli et al. (1993), o sub-bosque é constituído tanto de indivíduos jovens das espécies arbóreas do dossel, quanto das pequenas árvores que durante todo o ciclo de vida não alcançam o dossel. Embora seja reconhecido que esse é um componente de vital importância para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies que irão constituir os demais estratos da floresta (OLIVEIRA; AMARAL, 2005), ainda existe pouco consenso em relação à metodologia utilizada para a caracterização e amostragem desse componente (GOMES et al., 2009).

Estudos quantitativos tanto na comunidade arbórea como no sub-bosque da Floresta Atlântica brasileira são de extrema relevância, especialmente quando considerado o longo histórico de devastação da sua área (VIANA et al., 1997). Atualmente, essa floresta é restrita a pouco mais de 16 milhões de hectares, 11,73% da sua vegetação original (RIBEIRO et al., 2009), localizados particularmente em topografia muito acidentada (LEITÃO-FILHO, 1987), e é considerada um dos 25 hotspots mundiais de biodiversidade (MYERS et al., 2000). No centro de endemismo pernambucano, a Floresta Atlântica foi reduzida a 11,5% da cobertura original (RIBEIRO et al., 2009), sendo a maioria dos seus remanescentes fragmentos pequenos (<10 ha) e bastante irregulares, como mostram os estudos de caso de Ranta et al. (1998) e Trindade et al. (2008).

2.2.1 ESTUDOS DE EFEITO DE BORDA NA FLORESTA ATLÂNTICA DO NORDESTE

No componente arbóreo da Floresta Atlântica do Nordeste já foram realizados alguns estudos sobre efeito de borda em Alagoas (OLIVEIRA et al., 2004; SANTOS et

al. 2008) e, incluindo também o sub-bosque, em Pernambuco (SILVA et al., 2008a; SILVA et al., 2008b; GOMES et al., 2009).

Em um fragmento com cerca de 3500 ha, amostrando indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm, Oliveira et al. (2004) compararam a comunidade arbórea da borda (0-100 m) com a do interior (> 200 m) e encontraram o número médio de espécies significativamente mais alto no interior da floresta e a borda com menor proporção de espécies tolerantes à sombra, espécies emergentes, espécies com maior fruto e semente do que o interior. Entre as 134 espécies amostradas, 24% foram exclusivas da borda da floresta e 57% do interior.

No trabalho de Santos et al. (2008), foi testada a hipótese de que comunidades arbóreas, tanto em pequenos fragmentos como nas bordas de grandes fragmentos, são funcionalmente mais similares a florestas secundárias do que a florestas primárias. Para isso, eles amostraram indivíduos com DAP maior ou igual a 10 cm e compararam os ambientes (pequenos fragmentos, entre 3,4 e 79,6 ha; bordas, 0-100 m; floresta secundária; e interior de floresta primária, 3.500 ha) em termos de alguns atributos funcionais densidade, riqueza de espécies, espécies pioneiras, espécies emergentes, espécies do dossel, espécies do sub-bosque e, espécies dispersas por vertebrados. Os ambientes foram marcadamente diferentes em termos de riqueza de espécies, proporção de pioneiras, grandes sementes e espécies emergentes, sendo a borda, pequenos fragmentos e florestas secundárias mais semelhantes entre si e diferentes do interior das florestas primárias.

Silva et al (2008a) avaliaram a estrutura da vegetação arbórea (DAP \geq 5 cm) e do sub-bosque (diâmetro ao nível do solo \geq 1 cm e $<$ 5 cm) entre borda e três locais de interior, localizados em um gradiente topográfico (declividade média, declividade baixa e terraço). Para a vegetação arbórea, eles observaram que o interior em terraço apresentou menor densidade e que as distribuições de altura e diâmetro foram diferentes entre a borda e os habitats de interior. Para a vegetação do sub-bosque, a borda e o interior com declividade medi (mais próximo a borda) tiveram menor densidade e foram distintos dos outros ambientes de interior com relação à distribuição de altura e diâmetro. Assim, eles concluíram que a influência da borda sobre a comunidade de plantas foi mais forte que o gradiente topográfico, uma vez que os ambientes situados no gradiente (interior) foram mais semelhantes entre si e distintos da borda.

Já o estudo de Silva et al. (2008b) avaliou os efeitos de borda sobre a vegetação arbórea e do sub-bosque lenhoso em duas condições: uma chamada borda externa,

situada na margem com plantação de cana-de-açúcar e outra chamada de borda interna, situada ao longo da estrada. Observaram que os efeitos de borda encontrados na borda interna foram mais amenos, a comunidade foi mais densa, mais alta e com maior diversidade. Os dois tipos de borda foram diferentes com relação à densidade do dossel, à área basal e à altura, sendo todos esses parâmetros maiores ao longo da borda interna, com exceção da densidade do sub-bosque que foi maior na borda externa. De maneira geral, uma faixa entre 40 e 60 m ao longo do perímetro do fragmento foi fortemente influenciada pela borda externa e interna, com menor intensidade para este último.

A avaliação do efeito de borda sobre a fisionomia e estrutura da vegetação do sub-bosque lenhoso realizada por Gomes et al. (2009), em um ambiente de borda e dois ambientes de interior (interior 1- de 50 a 100 m da borda; interior 2, distando mais de 100 m da borda), em dois fragmentos com tamanhos distintos, evidenciou que no fragmento menor (27 ha) houve diferenças fisionômicas entre os ambientes, distinguindo o ambiente de interior 1 dos demais. Além disso, os autores observaram, para esse fragmento, que a elevada similaridade florística entre as áreas não permitiu a individualização estrutural de nenhum dos ambientes. No fragmento maior (99 ha), diferenças fisionômicas e estruturais distinguiram o ambiente de interior 2. Assim, concluíram que os fragmentos estudados são estruturalmente diferentes, sendo o menor mais homogêneo e o maior com a estrutura do sub-bosque distinta no interior, com alta regeneração de espécies do dossel.

A partir da avaliação desses estudos verifica-se a influência do efeito de borda em vários aspectos da comunidade vegetal em paisagens fragmentadas, daí a importância de considerar a heterogeneidade do ambiente em diversas escalas, a fim de fornecer subsídios para a conservação desses remanescentes florestais.

2.3 RELAÇÃO DA COMUNIDADE VEGETAL COM A TOPOGRAFIA

Vários estudos têm apontado que um dos principais fatores atuando na composição florística e na estrutura das florestas é a heterogeneidade ambiental, mesmo no interior de pequenos fragmentos (BOTREL et al., 2002; CARVALHO et al., 2005). Essa heterogeneidade é resultado da diversidade de fatores que interagem nas comunidades e a resposta das espécies a esses fatores faz com que cada local tenha algumas características próprias, possibilitando observar tendências na distribuição das populações (RODRIGUES et al., 2007).

Numa escala local, a topografia tem sido considerada como uma das variáveis mais importantes na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, porque comumente corresponde às mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade (RODRIGUES et al., 2007).

Cardoso & Schiavini (2002) caracterizando a topografia de um remanescente e avaliando sua relação com a distribuição das 20 principais espécies, verificaram que algumas espécies são influenciadas positiva ou negativamente pelas variações de umidade do solo ocasionadas pela topografia.

Segundo Oliveira-Filho et al. (1998), a topografia e o gradiente de solo provavelmente afetam a distribuição da vegetação devido a diferenças no regime de água do solo. No entanto, os autores observaram que, em alguns casos, fatores relacionados com a luminosidade podem ter efeitos mais fortes sobre a diferenciação de espécies do que as variáveis de solo e topografia. A esse respeito, Clark et al. (1998) adicionaram ainda como fatores potenciais na distribuição de espécies a altura do dossel, o pH e a capacidade de troca de cátions.

A análise realizada por Espírito-Santo et al. (2002) sobre a relação entre as variáveis topográficas e edáficas e a borda na estrutura de um fragmento florestal, evidenciou ausência de relação com a borda e forte influência daquelas variáveis com a distribuição da abundância das espécies. No entanto, a heterogeneidade edáfica e topográfica do fragmento em questão podem ter contribuído para que o efeito de borda na composição e na estrutura da vegetação não fosse detectado, mostrando a necessidade de assegurar o controle das variáveis relacionadas ao substrato (solo e relevo).

Em diferentes altitudes ocorrem variações na estrutura e na dinâmica da vegetação, de modo que Nagamatsu et al. (2003) observaram maior densidade e área basal em locais mais altos (130 - 60 m), bem como menor mortalidade. Edriweera et al. (2008) observaram que a área basal, a altura média e o índice de cobertura do dossel declinaram com o aumento da elevação.

Foi observado por Robert (2003) e Getzin e Wiegand (2007) que quanto maior o grau de inclinação do ambiente maior a mortalidade de árvores. Alguns fatores responsáveis pela queda de árvores tornam-se mais influentes em áreas com declividade mais acentuada, particularmente fatores como a assimetria de copa.

O estudo de Gale e Barfod (1999) mostrou que o grau de inclinação bem como a altitude e a presença de sapopemas relacionam-se fortemente com o tipo de morte de

árvores, sendo que os diferentes tipos de mortes criam diferentes tipos de clareiras e desse modo influenciam potencialmente a regeneração da floresta.

A riqueza e diversidade variaram de acordo com a posição topográfica no estudo feito por Budcke et al. (2007) em área ripária. No estudo de Silva et al. (2008c) foi observado maior riqueza nas maiores altitudes; no entanto, essas áreas mais altas possuíam baixo grau de perturbação e portanto maior cobertura florestal, o que pode ter contribuído para maior riqueza nestas áreas.

Carvalho et al. (2007) e Silva et al. (2008a) concluíram que apesar de terem detectado uma relação entre a distribuição das espécies e variações da topografia, o efeito borda relacionou-se mais fortemente com as variações espaciais da comunidade arbórea.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi conduzido na área da Usina São José, município de Igarassu, Zona da Mata Norte de Pernambuco, Brasil, em um remanescente de Floresta Atlântica, classificada como Floresta Ombrófila das Terras Baixas (IBGE, 1992).

O clima é do tipo As', quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen (FIDEM, 1993), com precipitação média anual de 1.687 mm (dados da Usina São José, para o período de 1998 a 2006). O município de Igarassu está inserido na compartimentação geomorfológica Formação Barreiras, constituída por tabuleiros, que são relevos de topo plano, entrecortados por vales estreitos e profundos, cujas vertentes apresentam declividade alta, maiores que 30 %, na maioria dos casos próximos à área de estudo (CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE, 2003).

Na área da Usina foram mapeados 106 fragmentos, cobrindo uma área total de 24% da área total da usina. Cerca de 32% dos fragmentos possuem área inferior a 10 ha, 52% área entre 10 e 100 ha e 16% são maiores que 100 ha. Quanto à forma, 73% dos fragmentos são “muito irregulares”, sendo a maioria destes (58%), entre 10 e 100 hectares (TRINDADE et al., 2008).

O fragmento estudado (Mata de Chave - 7° 48' 30,12" a 7° 49' 34,85" S e 34° 58' 49,46" a 34° 57' 37,58" W) possui 89 ha e altitude entre 105 m nas bordas até 25 m no interior. A forma do fragmento é classificada como “muito irregular”, apresenta

proporção de borda igual a 41%, considerando para esse cálculo uma largura de borda de 50 m, como sugerido por Murcia (1995), Young e Mitchel (1994) e confirmado por Silva et al. (2008b) em seu trabalho realizado nas terras da Usina São José.

A maior parte do fragmento é rodeada por plantio de cana de açúcar, do qual é separado por uma estrada de aproximadamente 3 m de largura; possui ainda uma pequena faixa rodeada por uma comunidade rural. O fragmento mais próximo está a 200 m de distância.

Com o uso de fotografias aéreas de 1969, 1974 e 1981, da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife (FIDEM), em uma escala de 1:10.000, e de imagem de alta resolução espacial (4 metros) do satélite Ikonos II adquiridas em 2005 (Figura 1), pôde ser constatado que as bordas do fragmento de estudo não foram modificadas nos últimos 36 anos.

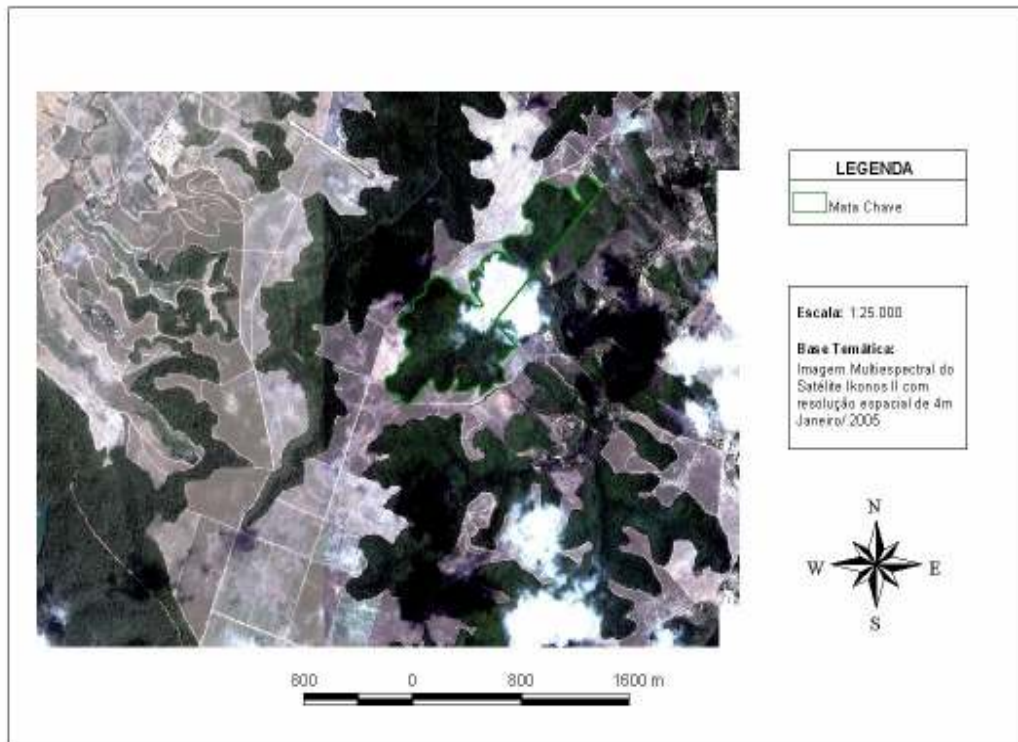


Figura 1. Imagem de alta resolução espacial de parte da propriedade da Usina São José (Pernambuco, Brasil) indicando os limites do remanescente de Floresta Atlântica estudado neste trabalho (Mata de Chave).

3.2 COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados em dois ambientes: borda e interior (sensu HARPER et al., 2005). Em cada ambiente, foram selecionadas áreas na encosta e no tabuleiro,

onde foram instalados transectos. A localização dos transectos foi escolhida a partir de informações da declividade do local obtidas com o apoio dos técnicos do Laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. A partir das curvas de nível com equidistância de 5 m, em formato digital, sobrepostas à imagem de satélite de alta resolução (IKONOS), foram identificadas as áreas de borda situadas na encosta e no tabuleiro, e da mesma forma identificadas as áreas de interior, ambas com a mesma orientação em relação ao sol e na mesma matriz circundante. No tabuleiro, borda e interior foram localizadas nas cotas mais altas do relevo, e na encosta, a borda ficou nas cotas mais altas enquanto o interior localizou-se no terço médio da encosta (Figura 2).

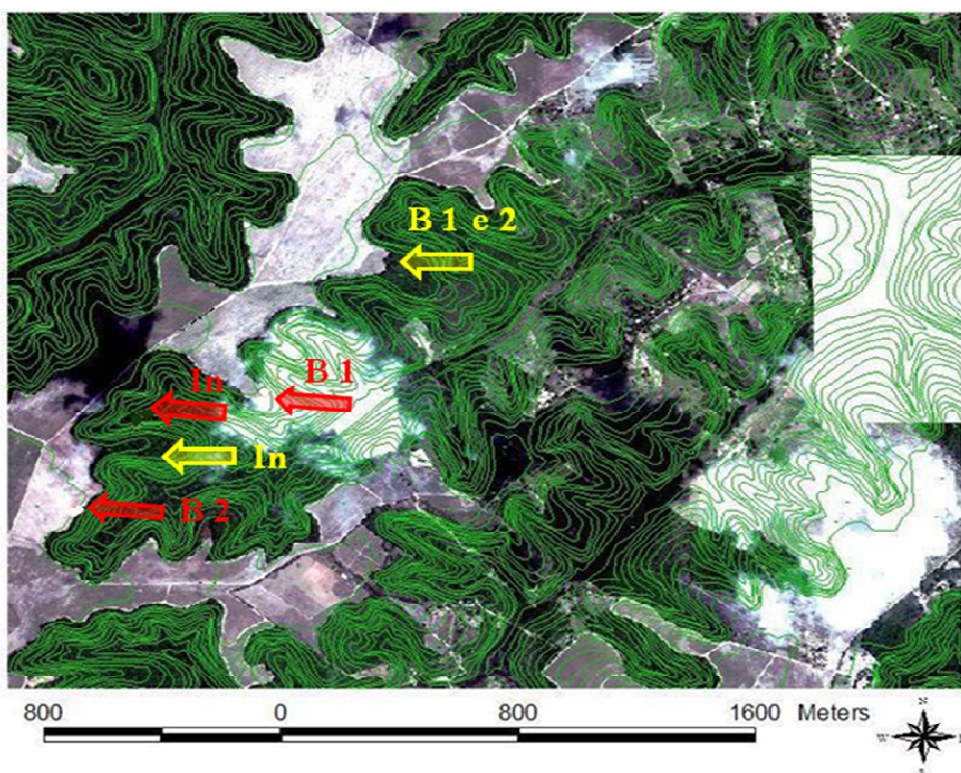


Figura 2. Remanescente de Floresta Atlântica estudado (Mata de Chave) com as curvas de nível e localização das situações de estudo. As setas amarelas indicam a posição tabuleiro e as setas vermelhas a posição encosta. A letra B indica borda e as letras In o interior.

Para a amostragem do ambiente de borda foram instalados quatro transectos perpendiculares ao limite florestal, de 10 m x 50 m (OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000), com distância mínima de 10 m entre eles. Posteriormente, esses transectos foram subdivididos em parcelas. Dois transectos foram instalados na área de encosta e dois na área do tabuleiro. A amostragem do ambiente de interior foi realizada através de dois

transectos de 20 m x 50 m que foram instalados em uma distância a partir de 100 m da borda, sendo um instalado na encosta e outro no tabuleiro (Figura 3). Esse ambiente serviu como controle já que estava mais afastado da borda, e, portanto, com maior número de características da vegetação original.

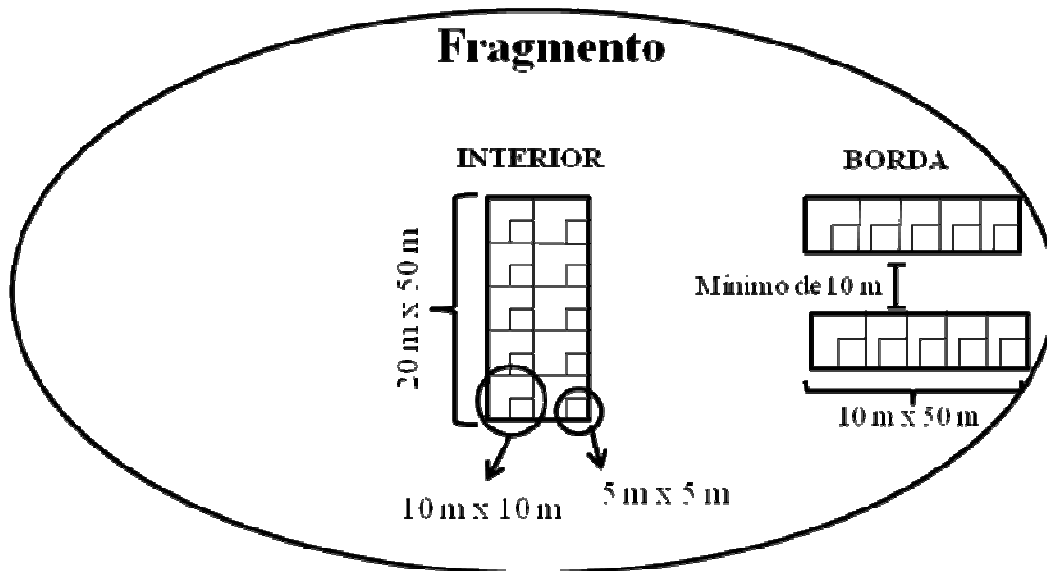


Figura 3. Esquema da amostragem do componente arbóreo e do sub-bosque lenhoso realizada neste trabalho em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

No componente arbóreo foram incluídos indivíduos autosustentantes com circunferência ao nível do peito (CAP) à 1,30 m do solo ≥ 15 cm (diâmetro a altura do peito-DAP de aproximadamente ≥ 5 cm) os quais foram amostrados em parcelas de 10 m x 10 m construídas dentro de cada transecto, perfazendo um total de 40 parcelas, correspondendo a uma área de 0,4 ha (Figura 3). Os indivíduos do sub-bosque lenhoso foram aqueles com circunferência ao nível do solo (CAS) ≥ 3 cm e com CAP < 15 cm (DAP de aproximadamente ≥ 1 cm e < 5 cm), amostrados nas parcelas de 5 m x 5 m, instaladas em um dos vértices de cada parcela do componente arbóreo, perfazendo um total de 40 parcelas numa área de 0,1 ha. Todos os indivíduos do componente arbóreo e do sub-bosque lenhoso foram etiquetados, para facilitar posteriores visitas para coleta de material botânico fértil e futuras remedições.

No componente arbóreo foram incluídas espécies do dossel, do sub-dossel, emergentes e eventualmente algumas espécies típicas do sub-bosque que não alcançam o dossel da floresta, mas que atingiram o critério de inclusão desse componente. No

sub-bosque foram incluídos indivíduos jovens regenerantes do dossel e arbustos típicos deste estrato que completam todo o ciclo de vida no mesmo.

Para a identificação das espécies foi coletado material botânico fértil e estéril dos indivíduos amostrados nas parcelas.

3.3 TRATAMENTO DE DADOS

O material botânico coletado foi identificado com base nas coleções dos herbários Professor Geraldo Mariz (UFP), da Universidade Federal de Pernambuco e Dárdano de Andrade Lima (IPA), da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. A classificação taxonômica seguiu Angiosperm Phylogeny Group - APG II de 2003 (SOUZA; LORENZI, 2005). O material botânico fértil foi tombado no herbário Professor Geraldo Mariz, com duplicatas no Herbário Sérgio Tavares (HST), do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Os dados coletados foram inicialmente inseridos em planilhas do MS Excel e, posteriormente tratados com pacotes estatísticos apropriados. O mesmo tratamento de dados foi realizado para o componente arbóreo e para o sub-bosque.

Foram estimadas, por parcela, as seguintes variáveis fisionômicas: altura média (m), diâmetro médio (cm), área basal (m²) e número de indivíduos, além da distribuição dos indivíduos em classes de altura e de diâmetro com amplitude de 2 m e 5 cm para a comunidade arbórea e de 1 m e 1 cm para o sub-bosque lenhoso, respectivamente.

As variáveis estruturais obtidas por parcela foram número de espécies, diversidade de espécies (H') pelo índice de diversidade de Shannon (nats/ind) e equabilidade (J) de Pielou (KREBS, 1985). Também foram quantificadas nas quatro situações as espécies regenerantes. Neste trabalho, optou-se usar o termo regenerante apenas para as espécies encontradas tanto no sub-bosque lenhoso quanto na comunidade arbórea, excluindo indivíduos de espécies presentes apenas no sub-bosque que potencialmente poderiam chegar ao componente arbóreo.

Inicialmente foram verificadas diferenças entre o ambiente de borda e de interior (borda encosta versus interior encosta; borda tabuleiro versus interior tabuleiro) e posteriormente entre as diferentes situações topográficas do mesmo ambiente (borda encosta versus borda tabuleiro; interior encosta versus interior tabuleiro).

Para as variáveis fisionômicas e número de espécies foi feita análise da variância (ANOVA) de um critério, após confirmação da normalidade com o teste de Kolmogorov-Smirnov. No caso da ANOVA ter detectado diferenças entre os ambientes,

com nível de decisão de 0,05, esta análise foi complementada pelo Teste t para amostras relacionadas para discernir as diferenças entre os ambientes. Quando a distribuição dos dados não apresentou normalidade foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (ZAR, 1999). Comparações entre as classes de altura e de diâmetro nos ambientes de estudo foram feitas com o uso do teste qui-quadrado (χ^2) (SCHAAF et al., 2006) e as comparação da diversidade (H') entre as situações de estudo foi feita através do teste t de Hutcheson (MAGURRAN, 1989).

Para as análises multivariadas foi elaborada uma matriz de abundância, composta pelas espécies com cinco ou mais indivíduos. A similaridade estrutural foi avaliada pela Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*), utilizando como medida de distância Sørensen (Bray-Curtis) e Média de Grupo (UPGMA) como método de agrupamento. Como técnica de classificação foi utilizado o método TWINSpan (“*Two-way species indicator analysis*”) e como técnica de ordenação a Análise de Componentes Principais (VALENTIM, 2000), além da Análise de Espécies Indicadoras (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). Esta última será utilizada para verificar a preferência das espécies por algum dos ambientes de estudo, delimitando grupos de espécies por ambiente.

Foi usado o software Mata Nativa para cálculo de variáveis fisionômicas e estruturais (SOUZA et al, 2006). Para verificação de diferenças estatísticas foi utilizado o pacote estatístico Bioestat 2.0 (AYRES et al., 2000) e para análises multivariadas foi utilizado o programa PC-ORD for Windows versão 4.0 (McCUNE; MEFFORD, 1999).

4. RESULTADOS

4.1 VARIÁVEIS FISIONÔMICAS

A borda e o interior, no componente arbóreo, da posição encosta se diferenciaram para número de indivíduo e altura média, enquanto no tabuleiro nenhuma variável se diferenciou. Na encosta, a borda teve maior densidade ($H=10,3604$, $p=0,013$) e menor altura média ($H=7,8465$, $p=0,0052$) do que o interior (Tabela 1).

No sub-bosque, as diferenças entre borda e interior da encosta foram na altura e no diâmetro, enquanto no tabuleiro, além da altura variou o número de indivíduos. Na encosta a borda teve maior altura e diâmetro ($H=12,7281$, $p=0,0004$ e $H=3,8921$, $p=0,0494$, respectivamente) e no tabuleiro teve menor altura ($H=7,0477$, $p=0,0082$), porém mais indivíduos ($H=4,9992$, $p=0,0257$).

Tabela 1. Variáveis fisionômicas obtidas em 10 parcelas (0,01 ha) para o componente arbóreo e 10 parcelas (0,0025 ha) para o sub-bosque por situação de estudo em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. Letras distintas indicam diferenças significativas, sendo que as maiúsculas indicam variações entre os ambientes de borda e interior situados em mesma posição topográfica e as minúsculas entre áreas de encosta e de tabuleiro em mesmo ambiente. A ausência de letra indica diferenças não significativas. Entre parênteses, média \pm desvio padrão.

Variáveis	Situação	Borda Encosta	Interior Encosta	Borda Tabuleiro	Interior Tabuleiro
Componente Arbóreo					
Número de Indivíduos		30,9 \pm 7,48 A	17 \pm 4,71 Ba	27,4 \pm 5,8	25,4 \pm 7,48 b
Área basal (m ²)		0,32 \pm 0,13	0,3 \pm 0,21 a	0,24 \pm 0,1	0,18 \pm 0,05 b
Altura média (m)		8,6 \pm 0,78 A	10,4 \pm 1,39 Ba	9,7 \pm 1,7	8,8 \pm 0,68 b
Diâmetro médio (cm)		10,15 \pm 2,85	11,45 \pm 2,25 a	9,33 \pm 0,82	8,76 \pm 1,17 b
Sub-bosque Lenhoso					
Número de Indivíduos		42,8 \pm 25,63	41,7 \pm 24,06	35,3 \pm 10,04 A	25,4 \pm 5,8 B
Área basal (m ²)		0,03 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01
Altura média (m)		2,7 \pm 0,36 A	1,7 \pm 0,36 Ba	2,7 \pm 0,56 A	3,5 \pm 0,48 Bb
Diâmetro médio (cm)		2,46 \pm 0,30 A	2,05 \pm 0,51 Ba	2,36 \pm 0,37	2,67 \pm 0,29 b

Os resultados para as duas áreas de borda (encosta e tabuleiro), no componente arbóreo e no sub-bosque, revelaram que não existem diferenças fisionômicas nessas situações, ou seja, a topografia não representou uma variável que se sobrepusesse ao

efeito de borda. O contrário foi observado nas duas áreas de interior, onde foram apontadas diferenças entre encosta e tabuleiro (Tabela 1).

O componente arbóreo do interior da encosta foi menos denso do que o interior tabuleiro ($H=9,2191$, $p=0,0025$), embora esses indivíduos tenham somado maiores área basal ($H=7,9507$, $p=0,0511$), diâmetros ($H=6,8168$, $p=0,0091$) e alturas ($H=5,5038$, $p=0,0191$) (Tabela 1). No sub-bosque, o interior encosta apresentou altura média e diâmetro médio inferior ao interior plano ($H=14,3613$, $p=0,0002$ e $H=6,6457$, $p=0,0102$).

As distribuições dos indivíduos nas classes de altura variaram de forma significativa entre a borda e o interior, nas duas posições topográficas tanto para o componente arbóreo (na encosta $\chi^2=7,605$; $GL=7$; $p=0,0058$ e no tabuleiro $\chi^2=46,801$; $GL=6$; $p=0,0001$) como para o sub-bosque (na encosta $\chi^2=144,969$; $GL=10$; $p=0,0001$ e no tabuleiro $\chi^2=52,1046$; $GL=11$; $p=0,0001$) (Figura 4 e 5).

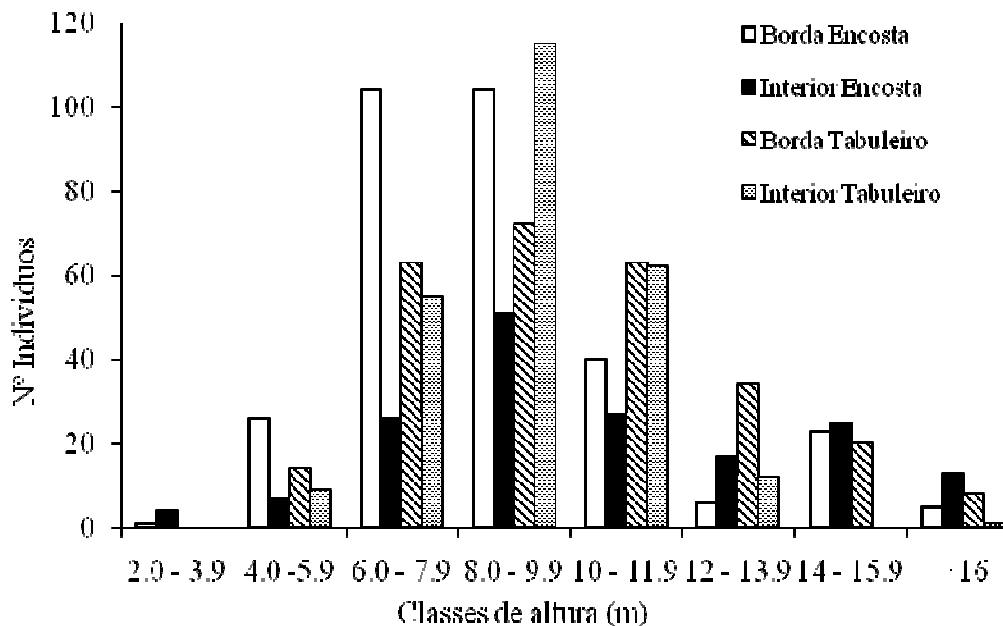


Figura 4. Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classes de altura, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

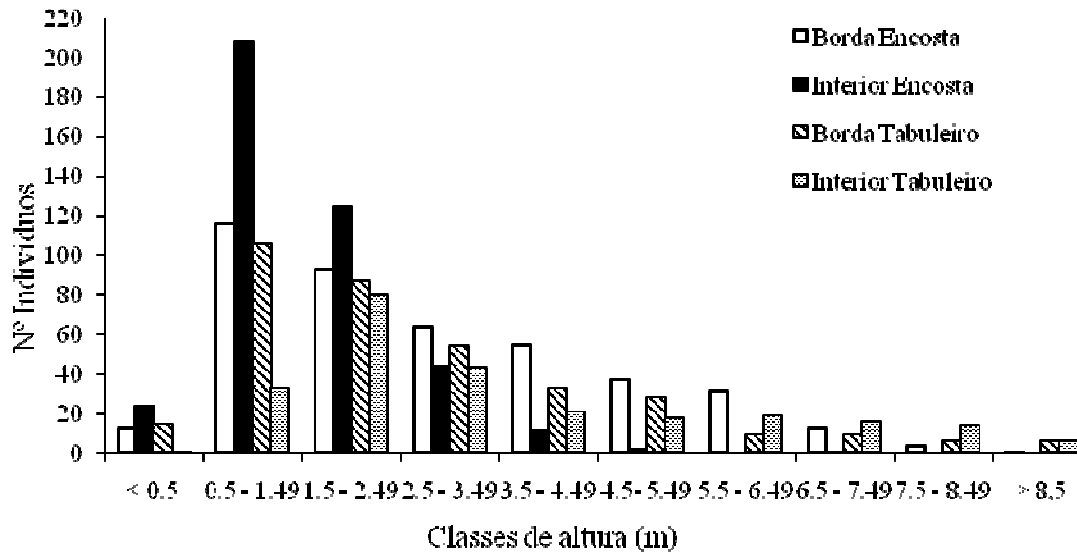


Figura 5. Distribuição do número de indivíduos do sub-bosque lenhoso por classes de altura, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

As duas bordas ($\chi^2=44.180$; $GL=7$; $p=0.0001$) e os dois interiores ($\chi^2=75.543$; $GL=7$; $p=0.0001$), também se distinguiram quanto a distribuição dos indivíduos arbóreos nas classes de altura. No sub-bosque, apenas o interior se diferenciou ($\chi^2=194,365$; $GL=10$; $p=0.0001$).

A proporção de indivíduos do componente arbóreo com altura entre 6 e 9,9 m na borda da encosta foi maior (67,31%) do que no interior da encosta (45,29%) e do que a borda tabuleiro (22,99%). Diferente do tabuleiro, onde foi o interior que teve mais indivíduos entre 8 e 9,9 m (45,28%) do que a borda tabuleiro (26,28%) e do interior encosta (30%) (Figura 4).

Para o sub-bosque, borda da encosta teve menor proporção de indivíduo na classe de altura entre 0,5 e 1,49 (27%) do que o interior (50%). Enquanto a borda do tabuleiro teve maior proporção de indivíduos nessa classe de altura (30%). Foi observado ainda que o interior da encosta, ainda nessa classe, teve mais indivíduos do que o interior do tabuleiro (13%) (Figura 5).

As classes de diâmetro também se diferenciaram entre borda e interior na área de encosta, tanto no componente arbóreo ($\chi^2=21,400$; $GL=9$; $p=0,0110$) como no sub-bosque ($\chi^2=49,177$; $GL=5$; $p=0.0001$). Na área de tabuleiro, apenas o sub-bosque se diferenciou ($\chi^2=15,688$; $GL=5$; $p=0.0155$) (Figuras 6 e 7).

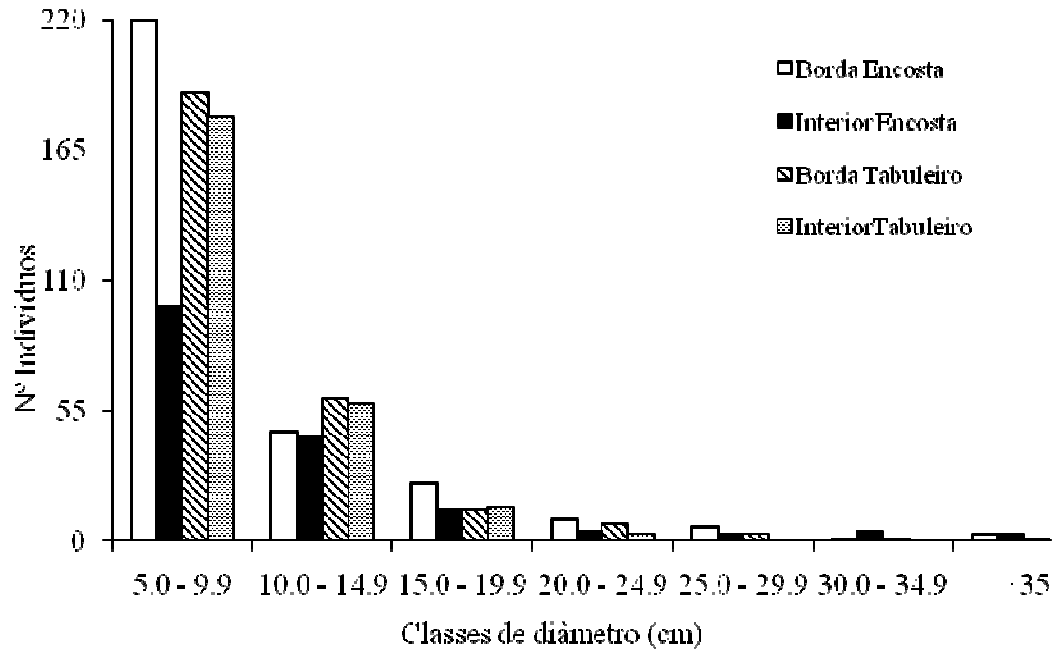


Figura 6. Distribuição do número de indivíduos arbóreos por classes de diâmetro, em quatro situações de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

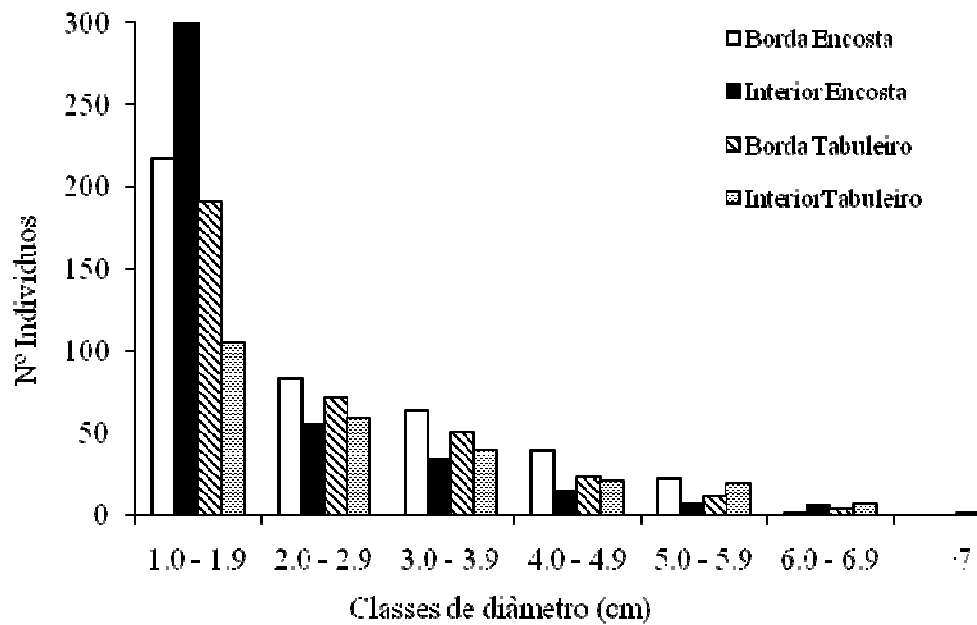


Figura 7. Distribuição do número de indivíduos do sub-bosque lenhoso por classes de diâmetro (centros das classes), em quatro de estudo, em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

Também houve distribuição distinta dos indivíduos arbóreos nas classes de diâmetro do interior, tanto no componente arbóreo ($\chi^2=19.237$; GL=6; $p=0.0038$) como no sub-bosque ($\chi^2=63,821$; GL=5; $p=0.0000$).

A borda da encosta, no componente arbóreo, assim como o interior do tabuleiro, teve mais indivíduos finos do que o interior da encosta. No sub-bosque, o interior da encosta apresentou mais indivíduos finos que a borda da encosta e que o interior tabuleiro.

4.2 VARIÁVEIS ESTRUTURAIS

No componente arbóreo (0,4 ha) foram registradas 80 espécies distribuídas entre 58 gêneros e 37 famílias botânicas (Tabela 2). No ambiente de borda foram encontradas 57 espécies, 46 na encosta e 39 no tabuleiro. Enquanto no interior foram registradas 64 espécies, sendo 45 na encosta e 44 no tabuleiro.

No sub-bosque (0,1 ha), foram catalogadas 101 espécies distribuídas em 63 gêneros e 34 famílias botânicas. Para a borda foram amostradas 64 espécies, sendo 46 na borda encosta e 41 na borda tabuleiro. No interior foram 82 espécies, com 53 no interior encosta e 46 no interior tabuleiro.

Tabela 2. Famílias e número de indivíduos por espécie da comunidade arbórea (Arb) e do sub-bosque lenhoso (Sub), amostrados em 40 parcelas respectivamente de 0,4 ha e 0,1 ha, distribuídas em ambientes de borda e interior localizados em áreas de encosta e de tabuleiro em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE. Espécies indicadoras estão marcadas com * na coluna referente ao ambiente que representam.

Família/Espécie	Borda				Interior			
	Encosta		Tabuleiro		Encosta		Tabuleiro	
	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub
Anacardiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1	-	12*	5	-	-	1	2
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	-	-	15	7	-	-	25*	15*
Annonaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Annona salzmannii</i> A. DC.	2	-	2	-	2	-	1	-
<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	1	-	2	-	-	-	-	1
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	1	-	-	-	-	-	-	-
Annonaceae 1	-	1	-	-	1	-	-	-
Annonaceae 2	-	-	-	-	-	1	-	-
Apocynaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	4	4	15*	4	6	1	8	2
<i>Tabernaemontana flavicans</i> Willd. ex Roem. & Schult.	-	-	3	1	2	7*	-	-

Continua...

Tabela 2 - Continuação

Família/Espécie	Borda				Interior			
	Encosta		Tabuleiro		Encosta		Tabuleiro	
	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub
Aquifoliaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ilex sapotifolia</i> Reissek.	-	1	-	-	-	1	-	-
<i>Ilex</i> sp.	-	-	-	1	-	-	1	-
Araliaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyer. & Frodin	-	1	8*	1	1	-	-	-
Arecaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bactris ferruginea</i> Burret	-	-	-	-	1	-	1	-
Bignoniaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tabebuia</i> sp.	-	2	5	4	2	-	3	5
Boraginaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cordia superba</i> Cham.	3	1	3	4	7	-	3	-
Burseraceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	-	-	-	-	-	1	-	-
Celastraceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Maytenus distichophylla</i> Mart.	15*	14	7	29*	4	13	2	16
<i>Maytenus</i> sp.	-	1	-	1	-	1	-	-
Celastraceae 1	-	1	-	-	-	1	-	-
Chrysobalanaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Couepia rufa</i> Ducke	2	3	-	-	1	-	-	1
<i>Hirtella</i> sp.1	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Hirtella</i> sp.2	-	-	-	-	-	4	-	-
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	2	1	7	-	2	-	4	2
Clusiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clusia nemorosa</i> G. Mey.	27*	1	1	-	5	-	1	2
<i>Rheedia gardneriana</i> Planch. & Triana	4	3	1	1	14*	9	2	8
<i>Tovomita mangle</i> G. Mariz	-	-	-	-	1	15	-	-
Combretaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buchenavia capitata</i> (Vahl) Eichler	-	-	-	-	-	-	1	-
Elaeocarpaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sloanea garckeana</i> K. Schum.	-	-	-	-	-	-	1	-
Erythroxylaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythroxylum distortum</i> Mart.	-	-	-	1	-	-	-	-
<i>Erythroxylum</i> sp.	-	1	1	-	-	-	-	2
Euphorbiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetocarpus myrsinites</i> Baill.	1	1	-	-	8*	6	1	7
<i>Pera ferruginea</i> (Schott) Müll. Arg.	5	-	-	-	2	-	3	1
<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.	52	90	45	72	9	18	40	57
<i>Senefeldera</i> sp.	-	-	-	-	-	1	-	-

Tabela 2 - Continuação Família/Espécie	Borda				Interior			
	Encosta		Tabuleiro		Encosta		Tabuleiro	
	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub
Euphorbiaceae 1	3	24	3	7	-	1	-	5
Euphorbiaceae 2	-	-	-	-	-	1	-	-
Fabaceae/Caesalpinoideae	-	-	-	-	-	-	-	Continua...
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandwith	-	-	-	-	1	1	-	-
<i>Hymenaea</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Sclerobium densiflorum</i> Benth.	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senna quinquangulata</i> (Rich.) H. Irwin & Barneby	-	-	-	1	-	1	-	-
Fabaceae/Caesalpinoideae 1	-	-	-	-	1	-	-	-
Fabaceae/Faboideae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Andira nitida</i> Mart. ex Benth.	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	2	-	7*	-	-	-	1	-
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	-	-	-	-	-	1	-	11*
Fabaceae/Faboideae 1	4	-	-	-	-	-	10*	1
Fabaceae/Mimosoideae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Abarema cochliacarpus</i> (Gomes) Barneby & J.W. Grimes	1	1	-	-	-	-	3	7
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L. Rico	-	-	1	2	1	15*	-	-
<i>Inga capitata</i> Desv.	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth.	-	-	-	-	3*	-	-	-
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	-	-	-	-	4	-	-	-
<i>Plathymenia</i> cf. <i>foliolosa</i> Benth.	2	-	3	3	-	1	-	1
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr	-	-	-	-	-	-	1	1
Lauraceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ocotea gardneri</i> (Meisn.) Mez	12	3	19*	21*	2	2	10	3
<i>Ocotea limae</i> Vattimo	-	-	-	2	-	-	-	-
Lecythidaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	27	65	9	21	27*	75	3	10
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	3	2	-	-	6	-	6	-
Malpighiaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	2	1	2	-	5	-	5	1
Malvaceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eriotheca crenulaticalyx</i> A. Robyns	13	-	-	-	4	-	-	-
Melastomataceae	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clidemia</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Henriettea succosa</i> (Aubl.) DC.	-	-	-	-	3	2	1	2
<i>Miconia ciliata</i> (L. C. Rich.) DC.	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>Miconia compressa</i> Naudin	-	-	-	-	-	-	3	3*
<i>Miconia discolor</i> DC.	-	1	-	-	-	-	-	-

Família/Espécie	Borda				Interior			
	Encosta		Tabuleiro		Encosta		Tabuleiro	
	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub	Arb	Sub
<i>Paypayrola blanchetiana</i> Tul.	-	-	-	-	1	128*	-	5
<i>Paypayrola</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-
Indeterminada 1	3	-	1	1	-	-	7*	-
Total	309	428	274	353	170	417	254	251

Os valores de riqueza do componente arbóreo e do sub-bosque foram semelhantes dentre as situações, variando de 39 na borda tabuleiro a 46 na borda encosta no componente arbóreo e de 41 na borda tabuleiro a 53 no interior encosta no sub-bosque (Tabela 3). As comparações do índice de diversidade H' no componente arbóreo também não apontaram diferenças, tanto entre borda e interior como entre áreas de encosta e tabuleiro. Para o sub-bosque, a borda teve menor diversidade do que o interior da encosta ($t=2.4970$, $p<0.02$), havendo na borda (2,93 nats/ind) (Tabela 2). Entre a encosta e o tabuleiro, apenas os ambientes de interior diferiram entre si ($t=5.1055$, $p<0,001$). A diversidade da borda não foi afetada pela topografia, ao contrário do interior, que teve na encosta menor diversidade (2,63 nats/ind) que no interior tabuleiro (3,17 nats/ind.).

Tabela 3. Número de espécies, indivíduos, diversidade (H') e equabilidade (J) do componente arbóreo e do sub-bosque obtidos em quatro situações de estudo em um remanescente de Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil. Letras distintas indicam diferenças significativas, sendo que as maiúsculas indicam variações entre os ambientes de borda e interior situados em mesma posição topográfica e as minúsculas entre áreas de encosta e de tabuleiro em mesmo ambiente. A ausência de letra indica diferenças não significativas. Entre parênteses, média \pm desvio padrão, obtidas em 10 parcelas (0,01 ha) do componente arbóreo e 10 parcelas (0,0025 ha) do sub-bosque.

Situação Variáveis	Borda	Interior	Borda	Interior
	Encosta	Encosta	Tabuleiro	Tabuleiro
Componente Arbóreo				
Número de espécies	46 (13,7 \pm 2,95)	45 (11,6 \pm 2,55)	39 (11,7 \pm 2,16)	44 (13,7 \pm 2,58)
H' (nats/ind.)	3,17 (2,38 \pm 0,38)	3,32 (2,40 \pm 0,41)	3,04 (2,29 \pm 0,33)	3,17 (2,46 \pm 0,32)
Equabilidade (J)	0,83 (0,67 \pm 0,06)	0,87 (0,81 \pm 0,08)	0,83 (0,66 \pm 0,09)	0,84 (0,73 \pm 0,08)
Sub-bosque Lenhoso				
Número de espécies	46 (12,2 \pm 3,33)	53 (12,1 \pm 6,51)	41 (12,6 \pm 2,91)	46 (12,5 \pm 1,9)

Situação Variáveis	Borda Encosta	Interior Encosta	Borda Tabuleiro	Interior Tabuleiro
H' (nats/ind.)	2,80 (2,13 ± 0,37)	2,63 a (1,92 ± 0,72)	2,93 A (2,26 ± 0,34)	3,17 Bb (2,34 ± 0,34)
Equabilidade (J)	0,73 (0,58 ± 0,14)	0,66 (0,52 ± 0,21)	0,79 (0,61±0,09)	0,83 (0,69 ± 0,09)

As proporções de espécies regenerantes (Figura 8), foram maiores na área de tabuleiro (64,1% na borda e 65,9% no interior), do que na encosta (50% na borda e 44,4% no interior). Das espécies regenerantes, *Pogonophora schomburgkiana* e *Eschweilera ovata* foram as mais abundantes, a segunda especialmente no interior encosta.

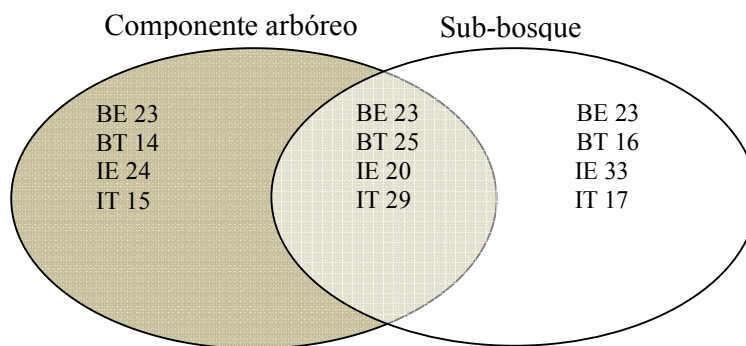


Figura 8. Diagrama de Veen com número espécies exclusivas do componente arbóreo e do sub-bosque, e número de espécies regenerantes na intercessão do diagrama. BE – Borda encosta, BT – Borda tabuleiro, IE – Interior encosta e IT – Interior tabuleiro.

A esse respeito, a análise de espécies indicadoras identificou grupos de espécies por cada situação de estudo. Das 80 espécies amostradas no componente arbóreo, 21 (25,9%) apresentaram preferência significativa por algum ambiente (Tabela 2). Sendo que dez foram indicadoras da borda (4 na encosta e 6 no tabuleiro) e 11 foram indicadoras do interior (4 na encosta e 7 no interior). Das 101 espécies amostradas no sub-bosque, 18 (17,8%) apresentaram preferência significativa por algum ambiente (Tabela 2). Na borda, foram indicadoras oito espécies, sendo duas na encosta e seis no tabuleiro. E no interior, das dez classificadas, seis foram na encosta e quatro no tabuleiro.

A partir do dendrograma do agrupamento de parcelas verificou-se a formação de três grupos. Dois formados pelas parcelas da encosta, um referente a borda e outro ao

interior. O terceiro grupo reuniu as parcelas localizadas no tabuleiro, sem distinção entre borda e interior (Figura 9). Do mesmo modo, a análise de Twinspan em primeiro nível (autovalor de 0,3), separou as parcelas do tabuleiro da maioria das parcelas da encosta (Figura 10).

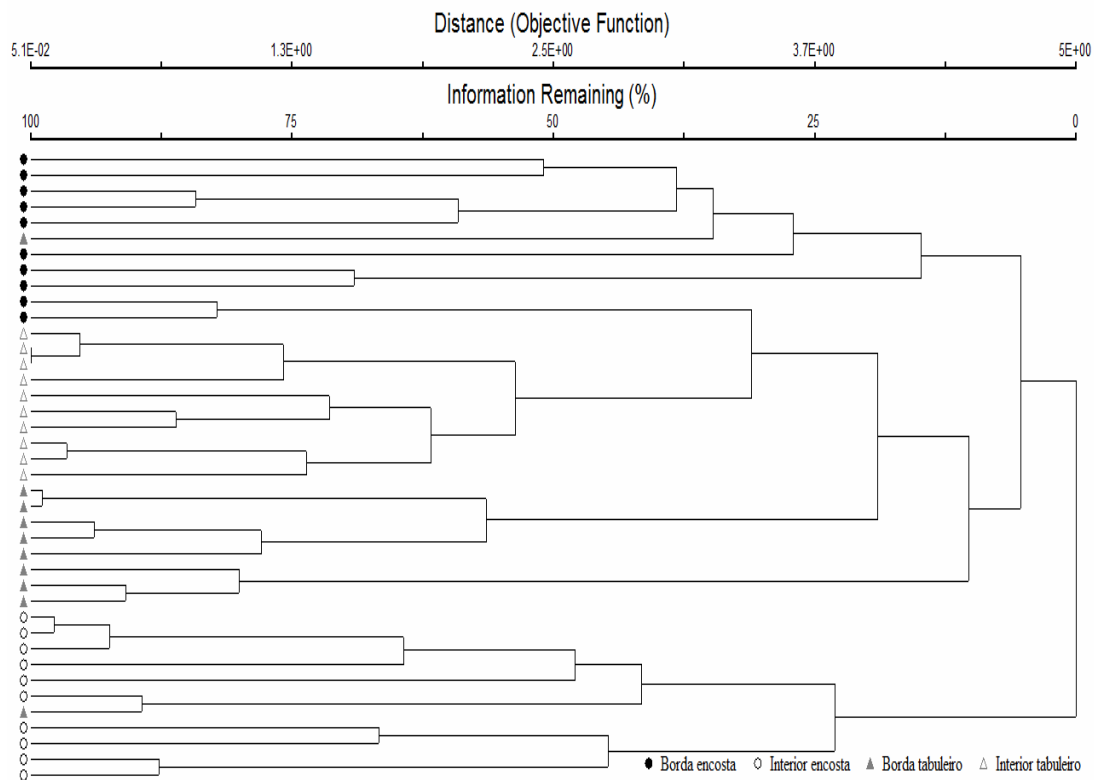


Figura 9. Dendrograma de agrupamento das parcelas, usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos como descritores, distância de Sørensen (Bray-Curtis) e Média de Grupo (UPGMA) como método de agrupamento, na comunidade arbórea na Mata de Chave, Igarassu, PE.

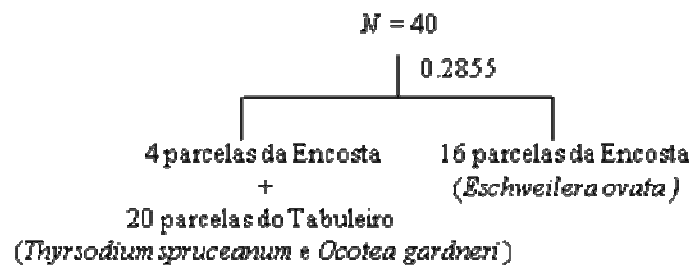
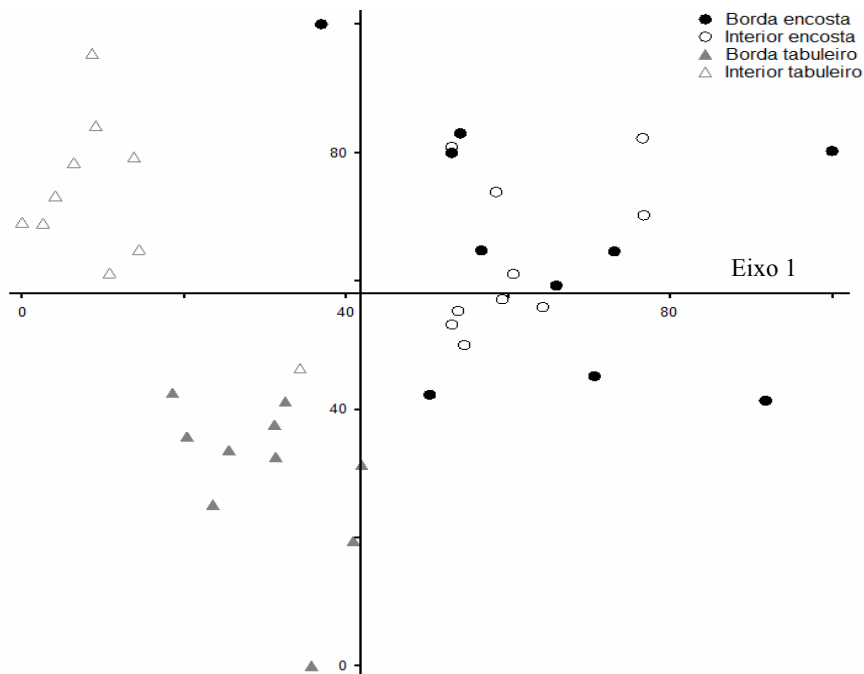


Figura 10. Esquema do Twinspan elaborado usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos na comunidade arbórea em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

Ao contrário da análise de agrupamento e do Twinspan, a análise de componentes principais do componente arbóreo mostrou no primeiro eixo (autovalor de



0,4510) que as parcelas do tabuleiro se individualizaram em borda e interior. No segundo eixo (autovalor de 0,3714 e variância acumulada dos dois primeiros de 20,6%) houve distinção das parcelas de encosta das parcelas de tabuleiro, sem individualização entre borda e interior (Figura 11).

Figura 11. Diagrama de ordenação das parcelas produzido pela análise de componentes principais, baseado na distribuição da densidade de espécies do componente arbóreo, amostradas com cinco ou mais indivíduos, em 40 parcelas divididas em quatro situações, na Mata de Chave, Igarassu, PE.

A análise de agrupamento das parcelas do sub-bosque também separou três grupos. Um formado pela maioria das parcelas da borda, juntando encosta e tabuleiro, com aproximadamente mais de 30% de semelhança estrutural. O segundo grupo foi formado pela maioria das parcelas do interior tabuleiro, com similaridade estrutural também por volta dos 30%. O terceiro grupo foi constituído pelas parcelas do interior da encosta, com similaridade estrutural em torno dos 15% (Figura 12). O Twinspan apresentou padrão semelhante, individualizando no primeiro nível (autovalor de 0,4378) o interior da encosta das demais situações e no segundo nível (autovalor de 0,3200) um

grupo formado pelas parcelas da borda (tabuleiro mais encosta) e outro com as parcelas do interior do tabuleiro (Figura 13).

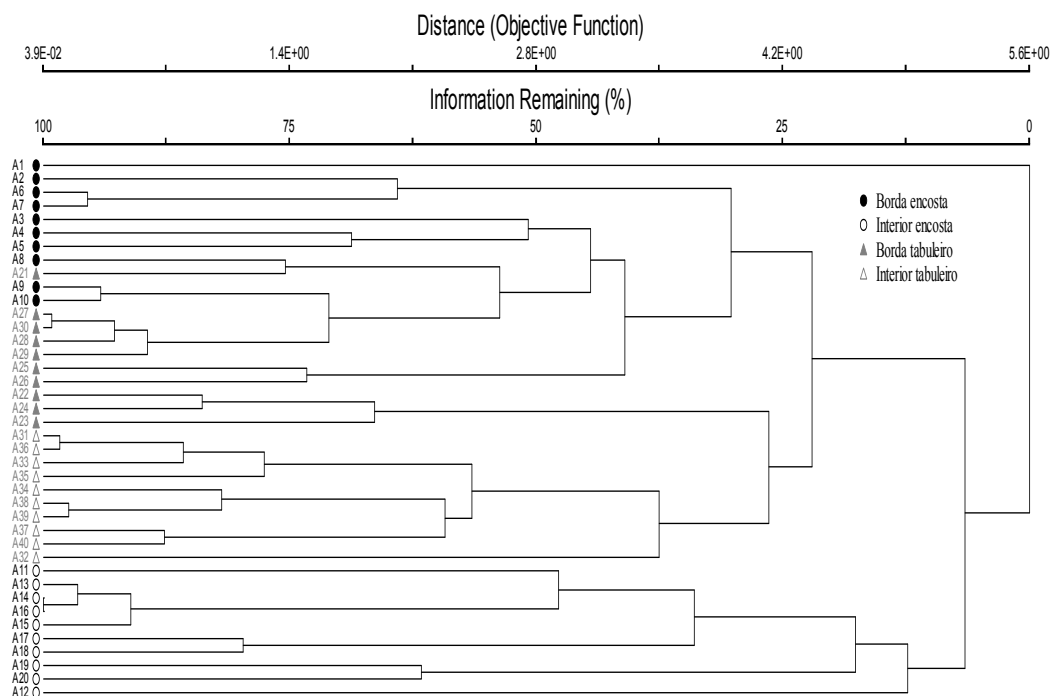


Figura 12. Dendrograma do agrupamento das parcelas, usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos como descritores, distância de Sørensen/Bray-Curtis como coeficiente de ligação e Média de Grupo (UPGMA) como método de agrupamento, no sub-bosque na Mata de Chave, Igarassu, PE.

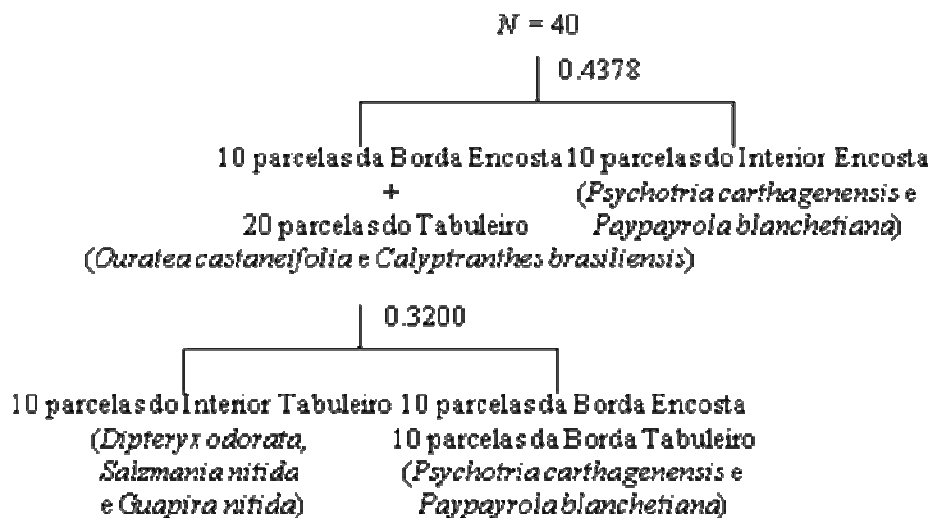


Figura 13. Esquema do Twinspan elaborado usando a abundância das espécies amostradas com cinco ou mais indivíduos na comunidade arbórea em um remanescente de Floresta Atlântica, Igarassu, PE.

A análise de componentes principais para o sub-bosque mostrou no primeiro eixo (autovalor de 0,6072 e variância de 14,5%) que as parcelas da encosta assim como as do tabuleiro tendem a se agrupar, sem distinção entre borda e interior. O segundo eixo (autovalor de 0,4497 e variância acumulada de 25,2%), semelhante a análise de agrupamento e o Twinspan, mostrou a separação do interior na posição encosta dos demais ambientes (Figura 14).

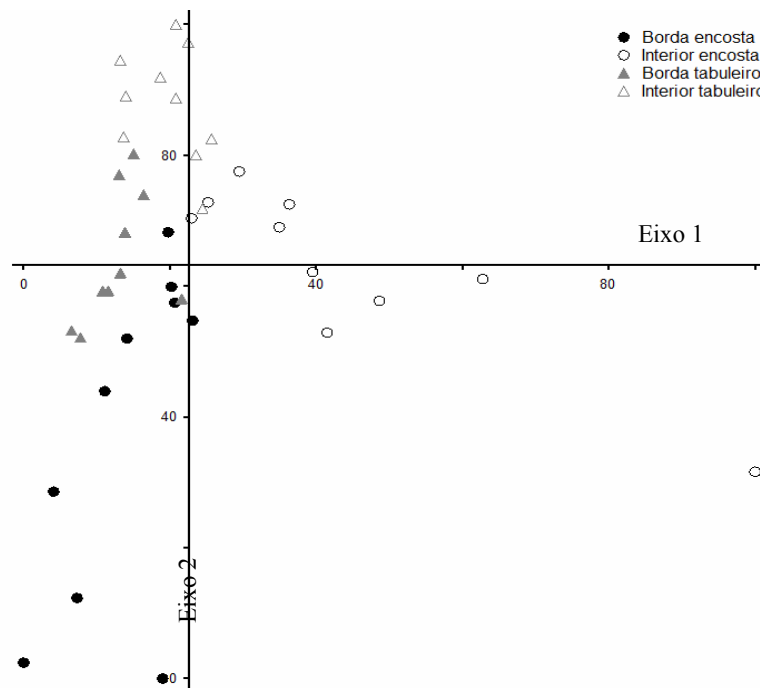


Figura 14. Diagrama de ordenação das parcelas produzido pela análise de componentes principais, baseado na distribuição da densidade de espécies do sub-bosque amostradas com cinco ou mais indivíduos, em 40 parcelas divididas em quatro situações, na Mata de Chave, Igarassu, PE.

De maneira geral, as análises multivariadas indicaram que as parcelas da borda e do interior tendem a formar grupos separados, bem como as parcelas localizadas na encosta e no tabuleiro, tanto no componente arbóreo como no sub-bosque. Apesar disso, notou-se maior homogeneidade entre borda e interior localizadas no tabuleiro para o componente arbóreo e entre a borda encosta e borda tabuleiro para o sub-bosque, corroborando os resultados de outros parâmetros.

5. DISCUSSÃO

5.1 DIFERENÇAS FISIONÔMICAS

As dissimilaridades entre as situações de estudo, principalmente quando consideradas diferenças fisionômicas entre borda e interior nas diferentes posições topográficas, mostraram influência heterogeneidade de habitats, confirmando a afirmação de Pickett e Cadenasso (1995) de que a análise de ambientes heterogêneos permite descobrir como os padrões espaciais controlam os processos ecológicos.

A respeito da distinção entre borda e interior, a literatura relata que alterações na densidade de árvores na borda pode ser resultado de processos ecológicos que surgem após a criação da borda e podem perdurar por várias décadas (MURCIA, 1995). Normalmente, encontra-se menor densidade de árvores na borda do que no interior (HARPER et al., 2005). Apesar disso, na área de estudo e em outras áreas (YOUNG; MITCHEL, 1994; SILVA et al., 2008a), a borda teve maior densidade do que o interior, indicando que fisionomicamente essas bordas podem estar “seladas”.

Diferenças fisionômicas entre borda e interior, no componente arbóreo, foram mais evidentes para áreas de encosta do que para as áreas de tabuleiro. O fato de haver maior diferença entre borda e interior na encosta, pode ser interpretado pela constatação de Robert (2003), que a declividade do ambiente provoca maior incidência de clareiras, proporcionando assim uma maior heterogeneidade estrutural.

A densidade do sub-bosque entre borda e interior também variou em outros estudos, em bordas da mesma idade deste trabalho e também realizados na Usina São José (SILVA et al., 2008a; GOMES et al. 2009). No entanto, não houve um padrão consistente, ora o interior foi mais denso, ora a borda. Possíveis explicações podem estar relacionadas com eventos estocásticos, sendo necessária a realização do acompanhamento da dinâmica do sub-bosque, com maior número de medições.

De maneira geral, a magnitude e a distância do efeito de borda são relativamente baixas para repostas secundárias (regeneração, crescimento, reprodução e mortalidade) sobre a estrutura do sub-bosque, refletindo o efeito combinado de mais crescimento e recrutamento de algumas espécies e a redução do crescimento ou aumento da mortalidade de outras (HARPER et al., 2005).

A altura média bem como a distribuição dos indivíduos do componente arbóreo e do sub-bosque nas classes de altura também foi distinta entre borda e interior. Apesar de Oosterhoorn e Kappelle (2000) observarem que o efeito de borda foi expresso com a redução da altura do dossel do interior em direção a borda, em função da alta mortalidade ocasionada por fortes ventos na borda, este padrão foi encontrado no componente arbóreo apenas na encosta, mesmo com todas as parcelas expostas à mesma orientação em relação ao sol, e possivelmente mesma intensidade de vento.

Ao contrário da posição encosta, o componente arbóreo da posição tabuleiro não apresentou diferenças entre borda e interior quanto à altura. A esse respeito, a literatura relata que em áreas com topografia plana a distribuição de luz sobre a floresta é mais uniforme ao longo do dia, proporcionando a formação de um dossel mais contínuo do que em áreas inclinadas (OLIVEIRA et al., 2001; GETZIN; WIEGAND, 2007).

No sub-bosque, tanto na encosta como no tabuleiro, a altura média pareceu estar relacionada com a altura do componente arbóreo e não com as situações de borda e de interior. Quando o componente arbóreo apresentou maior desenvolvimento em altura o sub-bosque apresentou menor altura, e vice-versa. A esse respeito, Gandolfi (2000) e Ediriweera et al. (2008) comentaram que fatores como a estratificação e a justaposição das copas, afetam os regimes de luz que chegam ao interior de uma floresta, interferindo no crescimento do sub-bosque.

Diferentes autores têm relatado alterações de diâmetro e altura como resultados da influência da borda (WILLIAMS-LINERA, 1990; YOUNG; MITCHEL, 1994), mesmo em curtos gradientes topográficos (SILVA et al., 2008a), enquanto outros reportam que associado ao efeito de borda, o desnível altitudinal também influencia a fisionomia da floresta (SOUZA et al., 2003; MURCIA, 1995).

O maior desenvolvimento em altura, diâmetro e área basal do interior na encosta e maior densidade do interior no tabuleiro, podem estar relacionados com o fato de que nas cotas mais altas do terreno, assim como as do tabuleiro, ocorre baixa disponibilidade de recursos do solo (água e nutrientes), o que pode resultar em baixa produtividade líquida e, conseqüentemente, uma maior restrição ao desenvolvimento das árvores (EDIRIWEERA et al., 2008; CLARK et al., 1998). Por outro lado, ainda nas áreas mais altas, há maior entrada de luz (EDIRIWEERA et al., 2008), o que poderia favorecer o recrutamento de novos indivíduos, proporcionando maior densidade.

As bordas nas duas posições topográficas foram mais homogêneas entre si, uma vez que dentre todas as variáveis fisionômicas analisadas, a única diferença entre a borda da encosta e a de tabuleiro ocorreu na distribuição dos indivíduos nas classes de altura do componente arbóreo. De acordo com Robert (2003) esse padrão pode ser justificado pela encosta apresentar maior mortalidade em função de sua declividade.

5.2 DIFERENÇAS ESTRUTURAIS

Ao contrário do esperado, de acordo com o modelo de Harper et al. (2005), não ocorreram diferenças significativas para a riqueza (arbóreo e sub-bosque) tanto entre borda e interior como entre áreas de encosta e de tabuleiro. O modelo daqueles autores prevê que na borda há maior riqueza de espécies em função da mudança do habitat, por permitir a chegada de outras espécies que normalmente não se encontrariam na área.

Os resultados indicam que, no componente arbóreo, os parâmetros de diversidade e equabilidade não foram afetados diretamente pelo efeito de borda e pelas variações de declividade, o que corroborou aos resultados de Silva et al. (2008a), que também não encontraram diferenças significativas para a diversidade entre borda e interior em um gradiente topográfico. Mais uma vez, trata-se de um padrão distinto do observado por Harper et al. (2005).

É possível que a ausência de diferenças marcantes de riqueza e diversidade entre borda e interior esteja relacionada com a idade da borda. É sabido que a borda após sua criação passa por um processo de “selamento” ou “cicatrização” (NORTON, 2002). A medida que o tempo passa, o ambiente torna-se gradativamente mais homogêneo, de modo que os padrões formados pela interferência do efeito de borda ficam menos acentuados. Assim, a entrada das espécies favorecidas com a criação da borda pode ter sido interrompida pelo “selamento” da mesma.

Ao contrário do componente arbóreo, o sub-bosque do interior do tabuleiro apresentou maior diversidade H' do que a borda. Outros estudos também encontraram maior diversidade de espécies para o sub-bosque no interior da floresta (SILVA et al., 2008a; GOMES et al., 2009). Além disso, o interior do tabuleiro também foi mais diverso que o interior encosta. A esse respeito, Silva et al. (2008a) comentaram que as variações na diversidade são influenciadas principalmente pelo efeito de borda e de forma secundária pelo gradiente topográfico.

Apesar da riqueza, da diversidade e da equabilidade não terem apresentado diferenças entre as situações analisadas, sobretudo no componente arbóreo, foram

formados grupos de espécies indicadoras, para cada situação, tanto no componente arbóreo, como no sub-bosque. Essas diferenças refletem especialmente a distribuição das espécies e a sua variação de abundância entre as situações analisadas.

O tabuleiro, com maior porcentagem de regenerantes, pode ter fornecido maior estabilidade para a regeneração das espécies do dossel, ao contrário da encosta, que teoricamente apresenta maior incidência de clareiras, e, em consequência mais alterações nas condições físicas e bióticas, provocando maior dinâmica da vegetação (EDIRIWEERA et al., 2008).

A formação de grupos de espécies indicadoras está relacionada à concentração da abundância de uma espécie em um determinado grupo de unidades amostrais e da fidelidade da ocorrência desta espécie em certo grupo de amostras (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). Assim, como provavelmente ocorreu neste trabalho, as variações de abundância de uma mesma espécie também foram observadas por outros autores entre borda e interior (FOX et al., 1997; OOSTERHOORN; KAPPELLE, 2000), e entre áreas com diferentes graus de declividade (CARVALHO et al. 2007). As características físicas e químicas do habitat (solo) podem ser a causa dessas variações, uma vez que cada espécie tem diferentes tolerâncias fisiológicas (MURCIA et al., 1995), tendo algumas inclusive baixa densidade ou até mesmo ausentes em ambientes próximos aos seus limites de tolerância (BUDCKE et al., 2007).

Os grupos de parcelas formados pelas análises multivariadas corroboraram mais uma vez as premissas deste trabalho, principalmente ao distinguir as parcelas de borda e interior situados na encosta em grupos separados, enquanto as parcelas do tabuleiro não apresentaram essa nítida separação. Também foi verificada homogeneidade entre as bordas (borda encosta e borda tabuleiro), indicando que o efeito de borda tende a se sobressair, como foi observado por Carvalho et al. (2007) e Silva et al. (2008a) em gradientes topográficos, onde o efeito borda se relacionou mais fortemente com as variações espaciais da comunidade arbórea.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, para o componente arbóreo, as diferenças fisionômicas entre borda e interior foram percebidas de forma mais clara na área de encosta. Onde, a borda apresentou maior densidade e indivíduos com menor altura do que o interior da floresta. Na área de tabuleiro, borda e interior variaram apenas com relação às alturas.

No sub-bosque, a densidade, a altura e o diâmetro variaram de forma significativa entre borda e interior. Na encosta, o efeito de borda favoreceu o desenvolvimento dos indivíduos, enquanto no tabuleiro, a borda apresentou menor desenvolvimento do que o interior.

Apesar destes resultados a borda encosta e a borda tabuleiro não se diferenciaram em nenhuma variável do componente arbóreo e do sub-bosque, enquanto os interiores se distinguiram. O interior encosta apresentou menor densidade de indivíduos arbóreos, no entanto, estes indivíduos apresentaram maior altura, diâmetro e área basal do que o interior tabuleiro. Já no sub-bosque, o interior encosta apresenta menores valores de altura e diâmetro do que o interior tabuleiro.

Estruturalmente, apesar das variáveis riqueza, diversidade e equabilidade não terem formado padrão entre as situações analisadas, principalmente para o componente arbóreo, foram verificadas diferenças na porcentagem de espécies regenerantes, além da formação de grupos de espécies significativamente indicadoras e grupos de parcelas similares em cada uma das quatro situações de estudo.

Assim, o fato da maioria das variáveis avaliadas confirmarem as premissas, permite que as hipóteses deste trabalho, de que as diferenças entre borda e interior são resultantes do efeito de borda e que esse efeito é modulado pela topografia, sejam aceitas. Foi observado ainda que o efeito de borda se sobressaísse em relação às variações topográficas, pelo fato das bordas, mesmo em posições topográficas distintas, apresentarem estrutura e fisionomia semelhante.

7. REFERÊNCIAS

AYRES, M. et al. **BioEstat 2.0**: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá/ MCT-CNPq, 2000. 272 p.

BÁLDI, A. Microclimate and vegetation edge effects in a reedbed in Hungary. **Biodiversity and Conservation**, v. 8, p. 1697–1706, 1999.

BENITEZ-MALVIDO, J.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Influence of edge exposure on tree seedling species recruitment in tropical rain forest fragments. **Biotropica**, v. 35, n.4, p. 530-541, 2003.

BOTREL, R. T. et al. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002.

BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucaraí, Southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 189, p. 187 - 200, 2007.

CADENASSO, M. L. et al. A framework for a theory of ecological boundaries. **BioScience**, v. 53, n. 8, p. 750- 758, 2003.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 277-289, 2002.

CARVALHO, W. A. C. et al. Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 2, p. 315-335, 2007.

CARVALHO, D. A. et al. 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**, v. 28, n. 2, p. 329-345, 2005.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 137, p. 185-198, 2000.

CLARK, D. B.; CLARK, D. A.; READ, J. M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of Ecology**, v. 86, p. 101-112, 1998.

CPRH - Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco**. Recife: CPRH, 2003. 214 p.

DEBINSKI, D. M.; HOLT, R. D. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. **Conservation Biology**, v. 14, n. 2, p. 342-355, 2000.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

EDIRIWEERA, S.; SINGHAKUMARA, B. M. P.; ASHTON, M. S.. Variation in canopy structure, light and soil nutrition across elevation of a Sri Lankan tropical rain forest. **Forest Ecology and Management**, v. 256, p. 1339 – 1349, 2008.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

FARHIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FIDEM - Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. **Monitoramento das Reservas Ecológicas da Região Metropolitana do Recife**. Recife: FIDEM, 1993. 55p.

FOX, B. J. et al. Vegetation changes across edges of rainforest remnants. **Biological Conservation**, v. 82, p. 1-13, 1997.

GALE, N.; BARFOD, A. S. Canopy tree mode of death in a western Ecuadorian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 15, p. 415-436, 1999.

GANDOLFI, S. **História natural de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas (SP, Brasil)**. Campinas, Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Estadual de Campinas, 2000. 520p.

GETZIN, S.; WIEGAND, K. Asymmetric tree growth at the stand level: Random crown patterns and the response to slope. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 165-174, 2007.

GOMES, J. S. et al. Estrutura do sub-bosque lenhoso em ambientes de borda e interior de dois fragmentos de Floresta Atlântica em Igarassu, Pernambuco. **Rodriguésia**, v. 60, n. 1, p. 295-310, 2009.

HARPER, K. A. et al. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 768-782, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Série Manuais Técnicos em Geociências, 1992. 92 p.

KAPOS, V. et al. Edge-related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGARD-JR, R. O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, p. 33-44, 1997.

KREBS, C. J. **Ecologia**. Madrid: Piramide, 1985. p. 459-461.

LAURANCE, F. W. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v. 16, n. 3, p. 605-618, 2002.

LAURANCE, W. F.; BIERREGARD-JR, R. O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, 1997. 616p.

LEITÃO-FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil. **IPEF**, n. 35, p. 41-46, 1987.

MAGURRAN, A. E. **Diversidad ecológica y su medición**. Barcelona: Ediciones Vedral, 1989. 200 p.

McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **PC-ORD version 4.0**: Multivariate analysis of ecological data - users guide. Glaneden Beach. MjM Software Design, 1999. 237 p.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: Análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 71, p. 445-462, 1999.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**. 2001. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>>> Acesso em: 20 ago. 2008.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p.853-858, 2000.

MYERS, N. Florestas tropicais e suas espécies: Sumindo, sumindo...? In: WILSON, E. O. (Ed.). **Biodiversidade**. Tradução de Marcos Santos e Ricardo Silveira. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 36-45.

NAGAMATSU, D.; HIRABUKI, Y.; MOCHIDA, Y. Influence of micro-landforms on forest structure, tree death and recruitment in a Japanese temperate mixed forest. **Ecological Research**, v. 18, p. 533-547, 2003.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE W. F. Efeito de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p. 183-192, 2006.

NORTON, D. A. Edge effects in a lowland temperate New Zealand rainforest. **DOC Science Internal**, Series 27, p. 5 – 33, 2002.

OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I.L. Aspectos florísticos, fitossociológicos e ecológicos de um sub-bosque de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2005.

OLIVEIRA, E. C. L.; FELFILI, J. M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 801-811, 2005.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, v. 30, n. 3, p. 362-375, 1998.

OLIVEIRA, M. A.; GRILLO, A. S.; TABARELLI, M. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in the species assemblages. **Oryx**, v. 38, n. 4, p. 389-394, 2004.

OLIVEIRA, R. J; MANTOVANI, W.; MELO; M. M. R. F. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da Floresta Atlântica de Encosta, Peruíbe, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 3, p. 391-412, 2001.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 793-810, 2000.

OOSTERHOORN, M.; KAPPELLE, M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rica montane cloud forest. **Forest Ecology and Management**, v. 126, p. 291-307, 2000.

PICKET, S. T. A.; CADENASSO, M. L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. **Science**, v. 269, p. 331-334, 1995.

RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rainforest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, p. 385-403, 1998.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141 – 1153, 2009.

ROBERT, A. Simulation of the effect of topography and tree falls on stand dynamics and stand structure of tropical forests. **Ecological Modelling**, v. 167, p. 287–30, 2003.

RODRIGUES, L. A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Árvore**, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

RODRIGUES, P. J. P.; NASCIMENTO, M. T. Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre o efeito de borda. **Rodriguésia**, v. 57, n. 1, p. 63-74, 2006.

RUBIN, D. B.; MANION, P. D.; FABER-LANGENDOEN, D. Diameter distributions and structural sustainability in forests. **Forest Ecology and Management**, v. 222, p. 427 – 438, 2006.

SALIS, S. M.; ZICKEL C. S.; TAMASHIRO, J. Y. Fitossociologia da Mata da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas - São Paulo. **Naturalia**, v. 21, p. 171-180, 1996.

SANTOS, B. A. et al. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic Forest fragments of Northeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 141, p. 249-260, 2008.

SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. **Árvore**, v. 30, n. 2, p. 283-295, 2006.

SILVA, A. G. et al. Influence of edge and topography on canopy and sub-canopy structure of an Atlantic Forest fragment in Igarassu, Pernambuco State, Brazil. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v. 2 (Special Issue 1), p. 47-55, 2008a.

SILVA, H. C. H. et al. The effect of internal and external edges on vegetation physiognomy and structure in a remnant of Atlantic lowland rainforest in Brazil.

Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability, v. 2 (Special Issue 1), p. 41-46, 2008b.

SILVA, W. G. et al. Relief influence on tree species richness in secondary forest fragments of Atlantic Forest, SE, Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 22, n. 2, p. 589-598, 2008c.

SOUZA, A. L. D.; SILVA, G. F. D.; CHICHORRO, J. F.; FERREIRA, R. L. C. **Mata nativa 2** : Manual do usuário. Viçosa: Cientec. 2006. 295 p.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras-MG. **Árvore**, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo-Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 239-250, 1999.

TABARELLI, M.; VILLANI, J. P. ; MANTOVANI, W. Aspectos da sucessão da secundária em floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 1, p. 99-112, 1993.

TRINDADE, M. B. et al. Fragmentation of the Atlantic Rain forest in the Northern Coastal Region of Pernambuco, Brazil: Recent changes and implications for conservation. **Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability**, v. 2 (Special Issue 1), p. 5-13, 2008.

TURTON, S. M.; FREIBURGER, H. Edge and aspect effects on the microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland, northeastern Australia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGARD-JR, R. O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, p.45-54. 1997.

VALENTIM, J. L. **Ecologia numérica**: uma introdução á análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 117 p.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. A. J.; BATISTA, J. L. Dynamics and restoration of forest fragments in the Brazilian Atlantic moist forest. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGARD-JR, R. O. (Eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: Chicago University Press, 1997. p. 351-365.

WILLIAMS-LINERA, G.; DOMÍNGUEZ-GASTELÚ, V.; GARCÍA-ZURITA, M. E. Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest. **Conservation Biology**, v. 12, n. 5, p. 1091–1102, 1998.

WILLIAMS-LINERA, G. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. **Journal of Ecology**, v. 78, p. 356-373, 1990.

YOUNG, A.; MITCHEL, N. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zeland. **Biological Conservation**, v. 67, p. 63-72, 1994.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey. Prentice-Hall, 1999. 663p.