

**EFEITO DE BORDA SOBRE A ASSEMBLÉIA DE
PLANTAS HERBÁCEAS EM UM FRAGMENTO
DE FLORESTA ATLÂNTICA, ALAGOAS, BRASIL**

Liliane Ferreira Lima



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA – PPGB**

RECIFE, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA – PPGB

Liliane Ferreira Lima

**EFEITO DE BORDA SOBRE A ASSEMBLÉIA DE PLANTAS
HERBÁCEAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA
ATLÂNTICA, ALAGOAS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
graduação em Botânica da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como um dos
requisitos para obtenção do título de Mestre
em Botânica.

Orientadora: Dr.^a Carmen Silvia Zickel

Co-orientador: Dr. Marcello Tabarelli

ii

RECIFE, 2012

L732e Lima, Liliane Ferreira
Efeito de borda sobre a assembléia de plantas herbáceas
em um fragmento de floresta Atlântica, Alagoas, Brasil / Liliane
Ferreira Lima. – 2012.
93 p. : il.

Orientador (a): Carmen Silvia Zickel.
Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia,
Recife, 2012.
Inclui apêndice e referências.

1. Ervas 2. Ecossistema 3. Floresta tropical
4. Fragmentação I. Zickel, Carmen Silvia, Orientadora
II. Título

CDD 581

LILIANE FERREIRA LIMA

Efeito de borda sobre a assembléia de plantas herbáceas em um fragmento de floresta
Atlântica, Alagoas, Brasil

Dissertação defendida em: 28.02.2012

Presidente da Banca/Orientadora:

Prof^a Dr^a Carmen Sílvia Zickel (UFRPE)

Examinadores

Titulares:

iv

Dr^a Ana Carolina B. Lins e Silva (UFRPE)

Dr. Bráulio Almeida Santos (UFPE)

Dr^a. Elcida de Lima Araújo (UFRPE)

Suplente:

Dr. Augusto César Pessôa Santiago (UFPE) - Suplente

RECIFE, 2012

Ofereço

Ao meu bom Deus que controla o meu destino e
guia meu caminho pelas estradas da vida.

“Posso, tudo posso Naquele que me fortalece...”

(Da música *Tudo Posso*/ Celina Borges)

Dedico

À minha querida Mãe Maria do Carmo.

...E não há nada pra comparar

Para poder lhe explicar

Como é grande o meu amor por você...

(Da música *Como é grande o meu amor por você*/Roberto Carlos)



Sousa, M.2000. Copyright, Mauricio de Sousa Produções Ltda

Agradecimentos

A Deus, porque Ele está no comando da minha vida, por me guiar e proteger todos os meus passos. Obrigada senhor por todo amor, por me abençoar, por me acolher e amparar nos momentos difíceis e me fazer ter a certeza que nada é impossível para ti.

A minha orientadora Prof^aDr^a Carmen Sílvia Zickel por todo apoio, paciência, dedicação, amizade e respeito. Obrigada bela pelos valiosos ensinamentos durante todos esses anos, pela confiança em mim depositada e por acreditar que poderíamos realizar esse trabalho (dentre outros já realizados) que, com certeza teve seu total apoio e participação. Serei sempre grata.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida, imprescindível para realização dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) desta instituição por todo apoio financeiro e infra-estrutura.

Ao Prof^o Dr. Marcello Tabarelli pela co-orientação, incentivo e esclarecimento das dúvidas metodológicas e ecológicas que surgiram ao longo da realização dessa pesquisa, tendo contribuído muito para ampliação do meu conhecimento ecológico.

A Usina Serra Grande - (USGA) por fornecer o alojamento com infra-estrutura adequada para realização deste estudo.

Ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN) que, através do Projeto Serra Grande, nos deu apoio financeiro e disponibilizou o veículo para realizarmos as excursões a campo.

As Curadoras dos Herbários que visitei para identificação do material coletado: Maria Elizabeth (Herbários Prof. Vasconcelos Sobrinho - PEUFR/UFRPE), Dr^a Rita Pereira (Herbário Dárdano de Andrade-Lima do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA) e Dr^a Marlene Barbosa (Herbário Geraldo Mariz – UFP/UFPE).

Aos todos os pesquisadores e taxonomistas que ajudaram na identificação do material botânico coletado: Alcina Viana, Carlos Castro, Maria Bernadete, Olivia Cano, Prof^a Dr^a Ana Odete, Prof^o Dr. Augusto Santiago, Prof^o Dr. Eduardo Almeida e Dr^a Luciana

Maranhão. Vocês foram de suma importância durante a elaboração dessa pesquisa e fortaleceram muito o meu conhecimento e identificação das plantas herbáceas.

Ao corpo docente do PPGB que contribuíram para o meu crescimento profissional durante minha formação acadêmica, tirando dúvidas, discutindo, debatendo, trocando idéias e ampliando meu conhecimento.

Aos membros da pré-banca: Prof^a Dr^a Elcida de Lima Araújo, Prof^a Dr^a Ana Carolina Lins e Silva, Dr. Bráulio Almeida Santos e ao Prof^o Dr. Augusto Santiago pelas valiosas sugestões e considerações. Agradeço também a professora Ariadne Moura por todo apoio e incentivo, bem como todas as sugestões no seminário “B”.

Em especial, a Prof^a Dr^a Ana Carolina Lins e Silva e ao Dr. Bráulio Almeida Santos que, durante esses dois anos de pesquisa, acompanharam meu trabalho e deram valiosas contribuições. Obrigada por disponibilizarem tempo para tirar minhas dúvidas conceituais, metodológicas e ecológicas, pela gentileza admirável e por toda atenção dada a essa pesquisa.

Ao Grupo de Estudos Pestalozzi (GEP) por ter sido responsável pelos meus primeiros passos. Obrigada pela dedicação, incentivo, carinho, respeito, pelo conhecimento, por me ensinar a dá valor as pequenas coisas dá vida e por ter sido a ponte que me condicionou ao que sou hoje e ao que serei amanhã. Hoje compreendo como os pequenos gestos podem mudar a vida das pessoas. Espero passar a ação de vocês adiante. Em especial a Karina Vasconcelos, Raquel do Monte, Areolino Neto, Ivy dos Anjos, Heron Victor.

Aos funcionários do PPGB que sempre se fizeram presente e dispostos a ajudar: Kênia Freitas, Manassés Araújo, Otniel.

A minha família pelo amor, carinho e incentivo. Especialmente a minha mãe que sempre representou para mim um exemplo de vida, de mulher e de ser humano, tendo sido minha força para seguir em frente quando os caminhos pareciam tão difíceis e árduos. Sou grata também as minhas irmãs Ana Paula, Maria Cremilda e Edna da Silva pelo incentivo e cuidado com sua irmã mais nova. Aos meus sobrinhos Pedro Henrique e Eduarda Araújo pelos momentos de descontração que deixam minha vida colorida. A vovó Amara e Vovó Maria que mesmo na ausência continuam zelando por mim.

Ao meu padrinho Robson e minha madrinha Rosemary que estiveram presente em todos os momentos da minha vida, sempre acreditando na educação como o melhor caminho para o meu futuro.

Ao meu companheiro David Abelenda por todo apoio, carinho, respeito e atenção. Por vibrar com minhas vitórias e por estar ao meu lado nos momentos difíceis, por entender minha ausência e sempre incentivar meus estudos. Sou muito grata por todo amor.

Aos amigos Laflecanos: Angélica Ferreira, Carmen Zickel, Claudjane Alves, Daniel Medeiros, Edson Moura-Jr., Francisco Soares, Henrique Morais, Luciana Maranhão, Murielle Olivo, Patrícia Lima, Ricardo Soares-Jr, Simone Lira, Tamara Soriano, Tássia Pinheiro e Valdira Santos. Independente do tempo ou período que passamos juntos dividimos vários momentos de felicidade, descontração, de muito trabalho e conhecimento, coletas árduas e ao mesmo tempo divertidas (até hoje rezo para Sta. Luzia quando Zickel está no volante e vejo um caminhão, lembram?), medos e momentos de “só to quieto” (aprendemos com você Edu). Como diz Soares “a família Laflec de fato existe” e muito do que sou hoje devo a todos vocês, pois a família nos engrandece e nos ensina valores e conhecimentos que estão além dos livros e artigos... e os amigos são a família que escolhemos. Uma frase de Fernando Pessoa que gosto muito e que reflete perfeitamente o que sinto pelos antigos, atuais e novos Laflecanos: "O valor das coisas não esta no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem MOMENTOS INESQUECÍVEIS, coisas inexplicaveis e PESSOAS INCOMPARAVEIS." Muito obrigada por vocês!!!

Em especial, ao amigo de fé, irmão e camarada Eduardo Bezerra de Almeida Jr. pela amizade, carinho, respeito, pelos conselhos, a palavra amiga dita na hora certa, pelo conhecimento e por todos os momentos vividos. Foram todos especiais. *“Quem tem um amigo, mesmo que um só, não importa onde se encontre, jamais sofrerá de solidão; poderá morrer de saudades, mas não estará só.”* É imensa minha admiração e respeito por você que sempre esteve ao meu lado durante todos esses anos. Muito obrigada!

A Patrícia Barbosa Lima (amarela) pela paciência, carinho, respeito, amizade. Com certeza essa pesquisa não teria sido concluída sem você. O trabalho foi árduo e arriscado, acredito ter sido as coletas mais perigosas e tensas que já fizemos na vida, adrenalina total, medo de se perder (o que seria de nós sem o GPS, Walkie-talkie e os

meninos do Arruado), medo de caçador aparecer, de pisar em suas armadilhas... o medo era tanto que eu corria até com o barulho da trena (lembra?). Porém, toda a experiência valeu à pena (mesmo eu tendo acabado de botinha e cheia de bolhinhas na perna). Muito obrigada.

A Tássia de Souza Pinheiro por todo apoio, carinho, paciência (isso você tem), amizade e, principalmente pelas várias risadas (por qualquer motivo) que alegram nossos dias. E ao amigo Edson Moura-Jr. por tornar nossos dias no laboratório mais engraçados e prazerosos, além da troca de “gentilezas” e “elogios” (vou sentir muita falta). É um imenso prazer tê-los como amigos.

Aos colegas de coleta da Universidade Federal de Pernambuco: Edgar Silva, Joana Specht, Danielle Gomes, Dione Ventura, Talita Câmara, Paulo Pontes, Rodrigo Silva, Gabriel Mendes, Diana Nobre, Christoph Dohm, Michael Kroencke, Martin Schaaf. Agradeço também a Wanessa Almeida pelas conversas esclarecedoras no início dessa pesquisa.

Aos colegas do PPGB: Alejandro Lozano, Andréa da Silva, Andresa Alves, Diego Nathan, Danielle Melo, Emanuel Cardoso, Helton Soriano, Ivanilda Soares, José Ribamar, Jefferson Thiago, Josiene Falcão, Juliana de Andrade, Juliana Silva dos Santos, Luciana dos Santos, Lucilene Lima, Leidiana Lima, Mariana Giralddi, Micheline Kézia, Nísia Karine, Sarah Maria e Paula Pinto.

Aos moradores do Arruado da Usina Serra Grande (Coimbra), destacando os meninos do Arruado – Darlan, Pierre, Roberto e Danrley, que nos acompanhavam durante as coletas, fazendo nossa proteção e também auxiliando no trabalho de campo. Que Deus abençoe todos vocês e ilumine seus caminhos. Essa pesquisa também é de vocês.

Aos amigos de sempre: Débora Monteiro (Deby), Claudeana Alcântara (Aninha), Nilber Augusto (Niby), Ivy Juvino, Marcílio Ferreira, Roberto César, Eduardo Henrique, Erivana Lira (Eri), Socorro (Tia), Willian Lima, Luana Xavier, Soraya Batista, Valdenice, Raimundo, Ivison Claudino, Emanuela Nataly (Manuca), Erick Lira, Conceição Lira e Francisco Lira. Obrigada por estarem sempre na torcida e fazendo parte da minha vida.

Sumário

Lista de tabelas e figuras.....	xii
Resumo Geral.....	xiii
Abstrac.....	xiv
1. Introdução.....	15
2. Revisão de Literatura.....	18
2.1. <i>Fragmentação e efeito de borda: modificações e ameaças à biodiversidade..</i>	18
2.2. <i>Plantas herbáceas: respostas aos impactos ambientais.....</i>	24
3. Referências Bibliográficas.....	28
Manuscrito: Efeito de borda sobre a assembléia de plantas herbáceas na floresta Atlântica, Alagoas, Brasil.....	40
Resumo.....	42
Introdução.....	43
Metodologia.....	45
Resultados.....	50
Discussão.....	55
Agradecimentos.....	61
Literatura citada.....	61
Informações de apoio.....	70
4. Considerações Finais.....	84
Anexo.....	86
Normas para publicação no periódico <i>Biotropica</i>	87

Lista de Tabelas e Figuras

Manuscrito

Tabela S1. Listagem das famílias, gêneros e espécies de herbáceas ocorrentes na borda (B) e interior (I) de um fragmento de floresta Atlântica no nordeste do Brasil, exibindo a abreviatura dos nomes das espécies (A) utilizada na Análise de Correspondência Canônica (CCA).....	70
Figura 1. Localização geográfica da área de estudo, destacando a Usina Serra Grande (USG) em Alagoas/Brasil e o fragmento analisado.....	79
Figura 2. Teste de Mann-Whitney comparando a riqueza (A) e Teste-t comparando a densidade (B) entre a borda e interior de Coimbra. As medianas estão indicadas para cada habitat e em ambos os testes foram detectadas diferenças significativas ($p < 0.05$).....	80
Figura 3. Teste de Mann-Whitney comparando a temperatura do solo (A), serrapilheira acumulada (B) e umidade do solo (C) entre a borda e interior de Coimbra. As medianas estão indicadas para cada habitat e nos três casos foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$).....	80
Figura 4. Ordenação resultante da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies herbáceas presentes na borda (B) e interior (I) do fragmento, com base nos dados de densidade.....	81
Figura 5. Diagramas da ordenação das parcelas presentes da borda (BP) e interior (IP) de Coimbra e sua correlação com os parâmetros abióticos - temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada.....	82
Figura 6. Diagramas da ordenação das espécies presentes na borda e interior de Coimbra e sua correlação com os parâmetros abióticos - temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada. As espécies estão apresentadas pelo nome abreviado (ver TabelaS1).....	83

Resumo Geral

O conjunto de modificações microclimáticas resultantes do aumento drástico de bordas florestais resulta em uma série de alterações biológicas que modificam a composição de espécies e estrutura das comunidades, trazendo sérios riscos a biodiversidade. Com a intensa fragmentação florestal as bordas estão se tornando cada vez mais abundantes em regiões de todo mundo, de modo que grande parte da paisagem é dominada pelos efeitos de borda. Nesse sentido, as plantas herbáceas constituem um importante grupo vegetal para análise dos efeitos de borda, tendo em vista sua estreita relação com os fatores ambientais, respondendo rapidamente as alterações antrópicas. Diante disso, este trabalho objetiva avaliar o efeito de borda na assembléia de herbáceas em um fragmento de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil. Buscou-se identificar variações na riqueza, diversidade e densidade de indivíduos, bem como na temperatura e umidade do solo, e acúmulo de serrapilheira entre a borda e o interior do fragmento, analisando se existe alguma relação entre a composição de espécies e essas variáveis ambientais. Foram amostradas 50 parcelas de 5 x 5m em cada ambiente estudado – borda e interior, dentro das quais foi feita a contagem de todos os indivíduos e obtido o número de espécies para determinação da riqueza, diversidade, equabilidade, frequência absoluta e densidade de indivíduos. Os parâmetros ambientais foram coletados no centro de cada parcela. Foram identificadas um total de 137 espécies: 75 na área de borda, distribuídas em 54 gêneros e 27 famílias e 97 no interior, distribuídas em 63 gêneros e 33 famílias. Do total de espécies, 40 são exclusivas da borda e 62 são exclusivas do interior do fragmento. Obteve-se 2806/1250m² indivíduos no interior e 4948/1250m² na borda. Foram observadas diferenças significativas na riqueza ($U = 887,5$; $p = 0,0062$), diversidade de espécies ($p < 0,05$; $t = 16,54$) e densidade de indivíduos ($t = 4.7255$; $p < 0,0001$) entre a borda e o interior. O índice de diversidade e o valor da equabilidade foram maiores para o interior. Também foram observadas diferenças significativas entre os valores de temperatura ($U = 299$; $p < 0,0001$), umidade do solo ($U = 985$; $p = 0,0339$) e serrapilheira acumulada ($U = 956,5$; $p = 0,0215$) entre os dois habitats estudados. As variáveis ambientais contribuíram para o arranjo e distribuição das espécies entre os habitats. Tais resultados indicam que a assembléia de herbáceas está sendo afetada pelos efeitos de borda, formando um conjunto depauperado de espécies nas bordas florestais, devido às condições microclimáticas dessa área.

Abstract

The set of microclimate modifications resulting from the drastic increase of the forests edges causes a series of biological alterations that modify the species composition and community structure, bringing serious risks to the biodiversity. With the intense forest fragmentation the edges are becoming increasingly abundant in regions around the world, in a way that the major part of the landscape is dominated by the edge effects. Thus, herbaceous plants constitute an important vegetal group of analysis of the edge effects, due to its close relationship with environmental factors, responding rapidly to anthropogenic alterations. So, the aim of this work was evaluate the edge effect on the herbaceous assembly in a fragment of Atlantic forest in the Northeast of Brazil. We sought to identify the variations in richness, diversity and individuals density, as well as temperature and soil moisture and the litter accumulation between the edge and the interior of the fragment, analyzing if there is any relationship between species composition and those environmental variables. 50 plots of 5 x 5 m were sampled in each studied environment – edge and interior, where all individual were counted and it was obtained the species number for determination of richness, diversity, equability, absolute frequency and individuals density. Environmental parameters were collected inside each parcel. 137 species were identified: 75 in the edge, distributed in 54 genus and 27 families and 97 in the interior, distributed in 63 genus and 33 families. From overall species, 40 are exclusive from the edge and 62 from the interior of the fragment. 2806 individuals were obtained in the interior and 4948 in the edge. Significant differences were observed in richness ($U = 887.5$; $p = 0.0062$) and diversity of species ($p < 0.05$; $t = 16.54$) and individuals density ($t = 4.7255$; $p < 0.0001$) between edge and interior. It was also observed the significant differences between the values of temperature ($U = 299$; $p < 0,0001$), soil moisture ($U = 985$; $p = 0.0339$) and litter accumulation ($U = 956.5$; $p = 0.0215$) between the two studied habitats. These results show that the herbaceous assembly is being affected by the edge effects, forming a set of depleted species on forests edges, due to microclimate conditions of this area.

1. *Introdução*

A conservação da biodiversidade se tornou um dos maiores desafios enfrentados mundialmente (MITTERMEIER et al., 1998; ALBAGLI, 2001), devido aos níveis catastróficos de perda biológica nos ecossistemas naturais (VIANA e PINHEIRO, 1998). Uma das mais graves ameaças a biodiversidade global é a fragmentação de habitats, processo durante o qual uma grande área de habitat contínuo é convertida em pequenos fragmentos isolados e sob a influência de uma matriz diferente da original (FAHRIG, 2003), resultando em inúmeros prejuízos aos sistemas naturais (PAGLIA et al., 2006).

O ritmo alarmante com que as florestas tropicais, ecossistemas terrestres de maior diversidade biológica do planeta, estão sendo destruídas reflete bem essa problemática (WHITMORE, 1997). O longo histórico de perturbações antrópicas sofridas por esses ecossistemas levaram a substituição de grandes áreas florestais por áreas economicamente ativas (DEAN, 1997; BUTLE e LAURENCE, 2008), conduzindo à formação de arquipélagos de pequenos fragmentos. Nesse contexto, está inserida a floresta Atlântica que atualmente representa um dos mais trágicos cenários de fragmentação florestal, pois se encontra altamente fragmentada e com um grande número de espécies ameaçadas de extinção (METZGER, 2009).

Com a formação de paisagens severamente fragmentadas ocorre o aumento drástico de bordas florestais (LAURANCE et al., 1997; LAURANCE, 2000; HARPER et al., 2005) que expõe os organismos presentes nos fragmentos às condições da matriz de entorno, produzindo um conjunto de alterações conhecidas como “efeitos de borda” (MURCIA, 1995). Dessa forma, em áreas de borda vão ocorrer alterações abióticas que envolvem mudanças nos níveis de luminosidade, temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar e do solo, resultantes do contato com a matriz de entorno (MURCIA, 1995; GASCON, 2000; HARPER et al., 2005; TABARELLI et al, 2009). Essas mudanças microclimáticas implicam em mudanças drásticas na estrutura das comunidades, havendo modificação tanto na composição, abundância e distribuição das espécies, quanto nas relações interespecíficas (MURCIA, 1995).

Nesse processo, algumas espécies serão drasticamente desfavorecidas, enquanto outras serão beneficiadas com microclima gerado nas bordas. Para alguns grupos vegetais, como as plantas arbóreas, por exemplo, os efeitos de borda são relativamente bem avaliados. Para outros, no entanto, os padrões de comportamento e resposta

ecológica ainda são pouco conhecidos. A literatura versa sobre algumas consequências negativas para espécies arbóreas tolerantes à sombra, emergentes e produtoras de grandes sementes que tendem a diminuir em termos de riqueza, diversidade e abundância, a nível local e regional (TABARELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004), dando espaço para uma rápida proliferação de pioneiras, que aumentam sua densidade, devido à mortalidade de grandes árvores (RODRIGUES e NASCIMENTO, 2005; TABARELLI et al., 2008), além de intensificar a produção e acúmulo de serrapilheira (DIDHAM e LAWTON, 1999; SCARIOT, 2000; VASCONCELOS e LUIZÃO, 2004).

Para as plantas herbáceas, no entanto, os padrões de comportamento e respostas ecológicas dos efeitos de borda ainda não parecem tão claros. Cabe destacar a necessidade de uma maior atenção para esses vegetais, visto sua contribuição em riqueza e diversidade de espécies (MENINI-NETO et al., 2004; KOZERA et al., 2008; INÁCIO e JARENKOW, 2008;), além de atuarem como agentes indicadores da qualidade do meio (RICHARDS, 1952), devido as suas adaptações estruturais e fisiológicas relacionadas ao ambiente em que se encontram (ANDRADE, 1992; MULLER e WAECHTER, 2001), sendo sensíveis aos distúrbios naturais ou antrópicos a que são submetidas (MULLER e WAECHTER, 2001; HART e CHEN, 2008).

Levando em consideração que as bordas artificiais estão cada vez mais abundantes em regiões de todo o mundo é imprescindível ampliar o quadro de informações referentes aos impactos causados pelos efeitos de borda para todos os estratos vegetais, para que possamos melhor compreender as alterações e perda da biodiversidade em paisagens fragmentadas, vislumbrando encontrar soluções futuras para diminuir os efeitos de tais impactos antropogênicos.

Nesse sentido, considerando que as bordas de um fragmento são frequentemente distintas ecologicamente do seu interior (FAHRIG, 2003; GODEFROID e KOEDAM, 2003), espera-se com a presente pesquisa encontrar diferenças na composição florística da assembléia de herbáceas entre a borda e o interior de um fragmento de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil e, que tais diferenças estejam sendo influenciadas pelos parâmetros abióticos temperatura e umidade do solo, e acúmulo de serrapilheira. Assim, esse trabalho objetiva avaliar o efeito de borda na assembléia de herbáceas em um fragmento de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil. Para isso, pretende-se verificar:

1. Se existem diferenças quanto a composição florística, riqueza, diversidade,

equabilidade e densidade dos indivíduos entre a borda e o interior do fragmento; 2. A existência de possíveis diferenças nos parâmetros abióticos – temperatura e umidade do solo, e acúmulo de serrapilheira entre a borda e o interior; 3. E, se tais parâmetros influenciam a composição florística e estrutura da assembléia de herbáceas.

2. Revisão de literatura

2.1. Fragmentação e efeito de borda: modificações e ameaças à biodiversidade

As diferentes ações antrópicas nos ambientes naturais têm causado uma série de mudanças ambientais, colocando em profundo risco a diversidade biológica global. Uma das maiores ameaças à biodiversidade é a fragmentação dos ambientes naturais (VIANA e PINHEIRO, 1998; PAGLIA et al., 2006; TABARELLI et al., 2009), processo frequentemente definido como a transformação de habitats contínuos em fragmentos pequenos, isolados um dos outros por uma matriz diferente da original (FAHRIG, 2003). Esse processo tem se tornado cada vez mais comum e a formação de paisagens severamente fragmentadas tem causado uma série de alterações aos sistemas naturais e conduzido à perda local de espécies nas comunidades biológicas (PAGLIA et al., 2006).

A floresta Atlântica, caracterizada por sua elevada diversidade e alto grau de endemismos (MYERS et al., 2000; LAGOS e MULLER, 2007), reflete bem os impactos causados pelo processo de fragmentação florestal, pois representa um dos mais trágicos cenários de destruição florestal, pois se encontra altamente fragmentada e com grande número de espécies ameaçadas de extinção (METZGER, 2009). Atualmente, essa floresta possui área reduzida, com aproximadamente 16% da sua cobertura original (RIBEIRO et al., 2009), estando a maior parte dos seus remanescentes florestais sob a forma de pequenos fragmentos, isolados e pouco protegidos, especialmente os que se encontram inseridos em paisagens intensamente cultivadas (VIANA e PINHEIRO, 1998).

A formação de paisagens severamente fragmentadas resulta em inúmeros prejuízos aos sistemas naturais, tais como a redução da diversidade, devido à perda imediata de espécies e diminuição da riqueza nos fragmentos (TABARELLI et al., 1999; PAGLIA et al., 2006; TABARELLI et al., 2008); alterações na taxa de mortalidade e natalidade das espécies e, portanto, na estrutura e dinâmica de ecossistemas (VIANA e PINHEIRO, 1998); alteração em processos ecológicos como especiação, migração, competição, predação, dispersão e polinização (TURNER et al., 1996; TABARELLI et al., 1999; LAURANCE et al., 2002; HILL e CURRAN, 2003; BARROS, 2006); invasão de espécies exóticas; alteração na estrutura genética de populações, aumentando os efeitos negativos da deriva gênica, endogamia e perda de alelos (SEOANE et al., 2000; SEOANE et al., 2005; BARROS, 2006); além de

conduzir vários grupos de organismos à extinção (MURCIA, 1995; PAGLIA et al., 2006), tanto a curto quanto a longo prazo.

Dentre os fatores associados à dinâmica dos fragmentos florestais a criação de bordas é um dos mais referenciados na literatura (NASCIMENTO e LAURANCE, 2006; PAGLIA et al., 2006; TABARELLI et al., 2009). Como resultado do processo de fragmentação florestal passa a haver formação de novas bordas florestais e a interação entre os fragmentos florestais com uma matriz não florestada. Essa interação resulta em um conjunto de modificações físicas e biológicas conhecidas como “efeitos de borda” (MURCIA, 1995), cuja influência nas comunidades biológicas tem sido um tema de grande interesse no estudo da paisagem e processo de fragmentação (HARPER et al., 2005).

As bordas florestais estão se tornando mais abundantes em regiões de todo o mundo devido a perda de área florestal por atividades humanas (HARPER et al., 2005). Consequentemente, grande parte da paisagem pode estar sofrendo influência da borda (HARPER et al., 2005), de modo que entender as mudanças dos padrões ecológicos que ocorrem nessa área pode ser a chave para compreensão dos impactos causados pela fragmentação (RIES et al., 2004). Frente a importância e a quantidade de informações existente na literatura sobre o tema, alguns estudos tem tentado sintetizar os diferentes conceitos e respostas ecológicas relacionadas à borda (MURCIA, 1995; RIES, 2004), auxiliando e facilitando sua compreensão.

De modo geral, os efeitos de borda vêm sendo relativamente bem avaliados em fragmentos florestais de regiões tropicais no tocante às comunidades de plantas (NASCIMENTO e LAURANCE, 2006). Nos fragmentos, a intensidade dos efeitos de borda tende a diminuir à medida que se aproxima do interior, e, muitos fenômenos da borda, podem variar dentro do mesmo fragmento (MURCIA, 1995; LAURANCE et al., 2007). Dessa forma, as bordas de um fragmento são frequentemente distintas ecologicamente do seu interior (FAHRIG, 2003; GODEFROID e KOEDAM, 2003). Alguns estudos em florestas fragmentadas relatam que os efeitos de borda são mais intensos até os 100m de vegetação (LAURANCE et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2004) no sentido borda-interior. No entanto, outras investigações sugerem que os efeitos de borda podem atuar de maneira ainda mais intensa sobre os ecossistemas florestais (LAURANCE, 1991; LAURANCE, 2000).

Os efeitos de borda são classificados em três tipos, conforme a mudança/alteração envolvida: efeitos abióticos, bióticos diretos e bióticos indiretos (MURCIA, 1995).

- Efeitos de borda abióticos

Os efeitos abióticos envolvem mudanças microclimáticas resultantes do contato com uma matriz estruturalmente desigual. Vários estudos descrevem o conjunto de modificações abióticas associadas a criação de bordas em florestas tropicais. O aumento da luminosidade, o aumento da temperatura, maior velocidade do vento, bem como a redução da umidade relativa do ar e do solo são os principais mecanismos que impulsionam drásticas alterações em paisagens fragmentadas e são intensos nas áreas mais próximas à borda (KAPOS, 1989; MURCIA, 1995; GASCON et al., 2000; HARPER et al., 2005; LAURANCE e CURRAN, 2008; TABARELLI et al., 2009).

A penetração e intensidade desses efeitos microclimáticos tendem a variar gradualmente da borda para o interior e conforme as características ambientais no entorno do fragmento (CHEN et al., 1999; HARPER, 2005). Em geral, os fragmentos florestais são rodeados por uma matriz de baixa biomassa e complexidade estrutural (pastos ou plantações agrícolas, por exemplo). Essa diferença estrutural permite que uma maior radiação solar atinja o solo durante o dia e, conseqüentemente as temperaturas diurnas em pastagens e culturas são maiores perto do solo, havendo também uma diminuição da umidade do ar e do solo nas bordas em relação ao dossel da floresta (MURCIA, 1995; CHEN et al., 1999). A baixa umidade do ar e do solo tendem a reduzir a biomassa e o recrutamento de algumas espécies, por exemplo, plantas herbáceas sensíveis a perda de umidade (DIGIOVINAZZO et al., 2010) e permitir uma maior abundância de outras (herbáceas e arbustos menos sensíveis a essa condição) (CHEN, 1999; HARPER et al., 2005).

Gehlhausen et al. (2000) observaram que algumas variáveis microclimáticas (umidade do solo, temperatura do solo, umidade do ar) de fato apresentam variações a medida que se distanciam da borda. Nesse estudo, a umidade relativa do ar apresentou uma maior profundidade de influência da borda, com ampla variação até os 80m de distância. A umidade do solo também foi significativamente relacionada com a distância da borda, apesar da temperatura do solo ter se mantido uniforme em todas as medições. Segundo esses autores, a comunidade vegetal responde a essas variáveis

microclimáticas, tendo sido evidente a variação da vegetação até o ponto de estabilização do microclima.

Algumas espécies tendem a se beneficiar com as alterações ambientais que ocorrem em áreas de borda. De acordo com Tomimatsu et al. (2011) as variáveis ambientais umidade do solo e luminosidade apresentam forte correlação com a distância da borda e, estão significativamente relacionadas com a densidade de algumas espécies de bambu, como *Sasa chartacea* (Makino) Makino & Shibata (Poaceae), por exemplo. Segundo os autores, a umidade do solo foi um dos fatores mais importantes para explicar a densidade do colmo dessa espécie que se apresentou mais densa em parcelas mais secas presente nas bordas e em pequenos fragmentos florestais. E ainda, a riqueza das espécies herbáceas da área foi negativamente relacionada com a densidade do colmo de *S. chartacea* e positivamente relacionada com a distância da borda e a umidade do solo. Ou seja, a abundância de algumas espécies se dá em respostas aos efeitos da fragmentação florestal (efeito de borda), devido as variações ambientais que ocorrem nos fragmentos, conduzindo mudanças na comunidade vegetal, tal como a diminuição da riqueza de espécies e manutenção de apenas um subconjunto da flora local.

A maior intensidade dos ventos é um dos efeitos que também contribuem com o aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar e do solo nas bordas (BIERREGAARD et al., 1992). Segundo Laurance e Curran (2008) os distúrbios causados pelo vento podem ser uma grave ameaça para fragmentos de florestas tropicais, podendo trazer implicações importantes para a conservação florestal. De acordo com esses autores, a borda florestal é inerentemente suscetível às perturbações pelo vento e a turbulência gerada por tal fator ambiental tende a causar um conjunto de impactos, resultando na mortalidade de árvores e aumento de espécies pioneiras, levando a rápidas mudanças na composição florística do fragmento, devido ao aumento da dessecação e da intensificação dos estresses microclimáticos.

De maneira geral, a maior intensidade dos gradientes abióticos nas áreas de borda resulta em respostas estruturais secundárias que causam mudanças na composição de espécies no sentido borda – interior (HARPER et al., 2005). Tais mudanças demonstram que a intensidade e influência desses efeitos resultam em respostas variáveis para os diferentes grupos vegetais, com o maior crescimento e recrutamento de algumas espécies, em contrapartida a redução do crescimento e aumento da mortalidade de outras.

- Efeitos de borda bióticos

As mudanças das condições ambientais causadas pelo contato com a matriz de entorno implicam tanto em alterações na composição, abundância e distribuição das espécies (efeitos bióticos diretos) quanto na interação entre as mesmas (efeitos bióticos indiretos), sendo tais alterações determinadas pela tolerância fisiológica das espécies às novas condições ambientais em que estão sendo expostas (MURCIA, 1995). Como nem todas as espécies são tolerantes a essas mudanças, algumas populações serão drasticamente desfavorecidas, enquanto outras serão beneficiadas com o novo microclima gerado nas áreas de bordas.

Alguns estudos em florestas tropicais têm relatado resultados negativos para alguns grupos vegetais submetidos às pressões das novas condições ambientais, levando a uma visível mudança na estrutura florestal, refletindo os efeitos bióticos diretos. Tal mudança é observada devido a alta mortalidade de árvores, tais como espécies tolerantes a sombra, emergentes, de sementes grandes, as quais tendem a diminuir em abundância, tanto ao nível local (no fragmento), como regional (entre os fragmentos florestais) (BENÍTEZ-MALVIDO, 1998; TABARELLI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004). Há também uma maior mortalidade de árvores jovens (OLIVEIRA et al., 2004) e alterações no recrutamento de plântulas (BENÍTEZ-MALVIDO, 1998; LAURANCE et al., 1998; MELO et al., 2007), devido a redução da chuva de sementes, consequência de uma diminuição na produção e dispersão de sementes em área de borda (BENITEZ-MALVIDO, 1998).

Contrariamente, alguns grupos, tolerantes fisiologicamente às novas condições ambientais, serão favorecidos. As plantas herbáceas, formadas em sua maioria por espécies comuns a ambientes com maior luminosidade (RICHARDS, 1952), tendem a aumentar sua densidade em áreas de borda (CHEN, 1999; HARPER et al., 2005; INÁCIO e JARENKOW, 2008), devido a maior incidência luminosa no sub-bosque. Além disso, por participarem e serem predominantes em estágios iniciais de sucessão (MARASCHIN-SILVA et al., 2009) tendem a ter seu estabelecimento favorecido devido ao microclima gerado com o aumento da mortalidade de grandes árvores em áreas de borda, já que são encontradas frequentemente formando “tapetes” em clareiras (RICHARDS, 1996). O grupo das pioneiras tende a se proliferar aumentando sua densidade, devido a mortalidade de árvores de grande porte próximo às bordas (RODRIGUES e NASCIMENTO, 2005; TABARELLI et al., 2008) e devido a sua

maior capacidade de dispersão e abundante chuva de sementes (TABARELLI et al., 2009). A proliferação desse grupo vegetal tende a ser contínua, pois as mudanças microclimáticas mantêm as condições adequadas para o seu recrutamento (TABARELLI et al., 2008). Plantas lianas, trepadeiras e ruderais, favorecidas com o aumento da luminosidade, também passam a competir fortemente com espécies arbóreas (OLIVEIRA et al., 2004).

Esse conjunto de alterações estruturais tende a causar, conseqüentemente, alterações também na produção de serrapilheira (SCARIOT, 2000; SIZER et al., 2000; VASCONCELOS e LUIZÃO, 2004), favorecendo sua produção e acúmulo (DIDHAM e LAWTON, 1999). Os estresses microclimáticos (LAURENCE e CURRAM, 2008), juntamente com a mortalidade de grandes árvores, queda foliar e o contínuo recrutamento de pioneiras (TABARELLI et al., 2009) favorece um maior acúmulo de serrapilheira próximo às bordas (SIZER et al., 2000; VASCONCELOS e LUIZÃO, 2004). Tal acúmulo pode influenciar mudanças nos fatores físicos do meio e alterações na comunidade vegetal, principalmente no que diz respeito ao processo germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (FACCELLI e PICKETT, 1991), os quais são muitas vezes afetados negativamente (SCARIOT, 2000). Vasconcelos e Luizão (2004) observaram um aumento significativo na produção de serrapilheira em bordas com 10 - 20 anos de formação, excedendo a produção no interior. Segundo os autores, a produção elevada da serrapilheira não é um efeito transitório, restrito aos primeiros anos após a criação da borda e, o aumento observado foi causado, principalmente, devido à maior queda de folhas bem como a forte ação dos ventos nessa área.

O mesmo padrão foi observado para produção de serrapilheira em área de borda por Schessl et al. (2008), em um fragmento de mata Atlântica no estado de Pernambuco (319 ha), obtendo uma média anual de produção de serrapilheira significativamente maior na borda em comparação com o interior florestal. Cabe ressaltar, no entanto, que o efeito da borda na produção de serrapilheira parece não seguir um padrão, sendo dependente de um conjunto de fatores, tais como tipo de floresta, histórico da fragmentação, tipo de matriz circundante, tamanho e grau de isolamento dos fragmentos (PORTELA e SANTOS, 2007).

Além das mudanças na estrutura das comunidades a criação de bordas gera também alterações nas relações interespecíficas - efeitos bióticos indiretos (MURCIA, 1995). A taxa de herbivoria aumenta em áreas de borda e em pequenos fragmentos,

levando a uma maior destruição de folhas, frutos, sementes (RODRIGUES e NASCIMENTO, 2005; TABARELLI et al., 2009). Passa a haver um maior índice de predação, com o aumento de predadores generalistas (PATON, 1994). O mecanismo de dispersão de sementes e polinização é alterado negativamente (BOND, 1994; KEARNES e INOUE, 1997), em especial, nas espécies zoocóricas, pois elas dependem das características físicas e comportamentais do seu dispersor (DISLICH, 2002). Segundo Silva e Tabarelli (2000), com a redução de grandes dispersores de sementes há, conseqüentemente, o favorecimento de espécies que não necessitem de polinizadores e dispersores animais.

As alterações na dinâmica das interações entre as espécies resultam em conseqüências nas relações tróficas dentro do ecossistema (MURCIA, 1995). A diminuição da umidade, variações na temperatura e aumento da luminosidade tendem a afetar negativamente espécies animais e vegetais sensíveis a essas condições (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009), causando modificações nos padrões de interação planta-animal (TABARELLI, 2009). Com essas alterações tende a haver um declínio de espécies de alguns grupos ecológicos, como por exemplo, espécies polinizadas e dispersas por vertebrados, com flores, frutos e sementes grandes (TABARELLI, 2009).

Frente ao exposto, é importante ressaltar que às bordas apresentam efeitos deletérios sobre a biodiversidade, visto que promovem mudanças a curto e longo prazo nos padrões e processos ecológicos dentro do ecossistema, resultando em conseqüências prejudiciais ao seu funcionamento e à manutenção das espécies em paisagens antropogênicas (LAURANCE e BIERREGAARD, 1997; LAURENCE, 2000). Tais efeitos podem ocorrer em ampla escala espacial e distúrbios como invasões de plantas daninhas, por exemplo, podem ser percebidos a quilômetros dentro do fragmento, sugerindo que mesmo fragmentos relativamente grandes podem torna-se vulneráveis aos efeitos de borda (LAURENCE, 2000), trazendo sérias implicações para a biodiversidade em termos de conservação.

2.2. *Plantas herbáceas: respostas aos impactos ambientais*

Nos ecossistemas florestais, o sub-bosque é um componente que contribui com uma fração considerável na diversidade florestal (MULLER e WAECHTER, 2001; COSTA, 2004; LU et al., 2011), bem como para sua estrutura e funcionamento. Apesar

disso, os estudos em florestas tropicais estão direcionados, principalmente, ao componente arbóreo. De tal forma, que a composição e estrutura do sub-bosque em florestas tropicais permanecem pouco conhecidas (COSTA, 2004).

O componente herbáceo do sub-bosque constitui um estrato que exhibe grande riqueza e diversidade (MENINI-NETO et al., 2004; KOZERA et al., 2008; INÁCIO e JARENKOW, 2008), além de adaptações estruturais e fisiológicas relacionadas ao ambiente em que se encontram (ANDRADE, 1992; MULLER e WAECHTER, 2001), atuando como agentes indicadores da qualidade do meio (RICHARDS, 1952). E ainda, o estrato herbáceo pode influenciar o processo de regeneração de espécies arbóreas, auxiliando também na conservação de nutrientes no solo (LIMA e GANDOLF, 2009), além de possuir um importante papel ecológico, auxiliando na manutenção da flora lenhosa local (SILVA et al., 2009). Porém, apesar da contribuição desse grupo para diversidade vegetal e sua importância ecológica dentro dos ecossistemas florestais, esses vegetais são comumente negligenciados (ANDRADE, 1992). No Brasil, dados sobre as espécies herbáceas são encontrados, em sua maioria, em estudos florísticos e fitossociológicos (CITADINI-ZANETTE, 1984; CESTARO et al., 1986; CITADINI-ZANETTE e BAPTISTA, 1989; ANDRADE, 1992; ZICKEL, 1995; COSTA, 2004; DRUCKER, 2005; SANTOS-SILVA, 2006; PALMA et al., 2008; SOARES Jr. et al., 2008), alguns dos quais analisando o componente herbáceo juntamente com o subarbustivo (MANTOVANI, 1987; KOZERA, 2001; VIEIRA e PESSOA, 2001; MARASCHIN-SILVA et al., 2009) e arbustivo (BERNACCI, 1992; MÜLLER e WAECHTER, 2001; MEIRA-NETO e MARTINS, 2003; FUHRO et al., 2005; CHAVES, 2006)

A distribuição das espécies herbáceas, assim como o crescimento e desenvolvimento dos indivíduos estão relacionados a sua interação com fatores ambientais (tais como, luminosidade, disponibilidade de água e características do solo), resultando em comunidades organizadas conforme interação entre as espécies e destas com o ambiente em que se encontram (KOZERA et al., 2008). Essa estreita relação com os fatores abióticos faz das ervas vegetais sensíveis as alterações ambientais, especialmente aquelas relacionadas à água e suprimento de luz, devido ao fato de estarem nas camadas mais baixas da floresta e por possuírem sistema radicular superficial (LIMA e GANDOLFI, 2009).

As respostas das plantas herbáceas às mudanças ambientais diferem entre as espécies, entre os ambientes florestais e de acordo com os distúrbios naturais ou antrópicos a que são submetidas (MULLER e WAECHTER, 2001; HART e CHEN, 2008). Alguns estudos indicam modificações na comunidade herbácea conforme alterações ambientais, tais como: interação com espécies arbóreas (MANTOVANI, 1987; CHEUNG et al., 2009) que pode interferir na presença e distribuição das ervas; a queda de árvores e abertura do dossel (THOMPSON, 1979; INÁCIO e JARENKOW, 2008), aumentando a cobertura das plantas herbáceas; o corte seletivo e queimada de árvores (RIBEIRO et al., 2010; CITADINI-ZANETTE et al., 2011), que contribuem para uma maior riqueza e diversidade de espécies; a interação com outras espécies não lenhosas (TOMIMATSU et al., 2011), que pode contribuir negativamente com o desenvolvimento das ervas; e, finalmente, a influência da fragmentação florestal/efeito de borda (BRUNA, 2002; BRUNA e KRESS, 2002; TOMIMATSU e OHARA, 2004; PACIENCIA e PRADO, 2004; LIMA-RIBEIRO, 2008).

Na literatura, ainda são poucos os estudos que descrevem as respostas das ervas a alterações antrópicas em ecossistemas florestais. Nesse contexto, o quadro de informações referentes aos impactos da fragmentação e efeitos de borda sobre a comunidade de herbáceas também se encontra nessa situação. As respostas das espécies e sua presença ou não no ambiente de borda vão depender da sensibilidade dos diferentes táxons às novas condições em que estão sendo submetidas (DIGIOVINAZZO et al., 2010).

Ao analisar o efeito de borda sobre a comunidade de samambaias em fragmentos de floresta Atlântica na Bahia, Paciencia e Prado (2004) observaram que as espécies desse grupo respondem negativamente à introdução de bordas florestais, havendo a perda de espécies nas áreas de borda quando comparadas com o interior florestal. Segundo os autores, o efeito de borda foi mais intenso até os 20 primeiros metros da linha da borda e as espécies podem estar respondendo a fatores ambientais como temperatura, umidade relativa do ar, umidade do solo e intensidade luminosa. Resultados similares foram registrados por Silva et al. (2011) ao avaliar como os efeitos de borda influenciam a composição, riqueza, diversidade e abundância de indivíduos de comunidades de samambaias presentes na Mata do Jaquarão em Pernambuco. Nesse estudo, também foi verificado que os efeitos de borda causam impactos negativos sobre estrutura da comunidade de samambaias, pois foi encontrada uma maior riqueza e

diversidade de espécies no interior do fragmento, não tendo havido, porém, diferenças significativas na abundância de indivíduos entre os dois ambientes. Além disso, de acordo com os autores, a borda e o interior do fragmento são distintos quanto a composição florística, com apenas uma espécie em comum.

Também são relatados efeitos negativos para algumas populações de herbáceas em áreas florestais, com é o caso da erva *Heliconia acuminata* Rich. (Heliconiaceae) que tende a reduzir a abundância de plântulas em fragmentos florestais, devido aos menores níveis de germinação das sementes, interferindo, conseqüentemente, no recrutamento dos indivíduos da espécie (BRUNA, 2002). Tomimatsu e Ohara (2004) obtiveram resultados semelhantes ao avaliar o recrutamento da erva *Trillium camschatcense* Ker Gawler (Melanthiaceae) que apresentou uma menor densidade de mudas nas bordas, sugerindo que a germinação de sementes e estabelecimento de plântulas dessa espécie também é fortemente limitado pelos efeitos de borda.

Já em populações da erva pioneira *Vernonia aurea* Mart. ex DC. (Asteraceae) houve um aumento da densidade de espécies em áreas de borda, local onde também exibiu um padrão de distribuição mais agregado, em relação ao interior (LIMA-RIBEIRO, 2008). De fato, as plantas herbáceas pioneiras tendem a se favorecer com o novo microclima gerado nas bordas (TABARELLI et al., 1999). Espécies de bambus, como *Sasa chartacea* (Makino) Makino & Shibata (Poaceae) foi mais abundante em áreas de borda e em fragmentos menores, sugerindo que tal espécie está tendo seu desenvolvimento favorecido com os efeitos da fragmentação florestal (TOMIMATSU et al., 2011). Além disso, o sucesso dessa planta tem efeito negativo sobre outras espécies herbáceas, as quais, juntamente com outras plantas do sub-bosque, estão sendo competitivamente excluídas (TOMIMATSU et al., 2011). As bordas florestais ou pequenos fragmentos apresentam um estrutura de dossel irregular, uma alta densidade de clareiras e árvores mortas, dando espaço para uma maior abundancia de cipós, lianas e bambu (TABARELLI et al., 1999; BENÍTEZ-MALVIDO e MARTÍNEZ-RAMOS, 2003), além de espécies herbáceas pioneiras, as quais, em geral, estão associadas aos mudanças ambientais geradas pelo efeito de borda.

3. Referências bibliográficas

ALBAGLI, S. Amazônia: fronteira geopolítica da biodiversidade. 2001; p. 5 – 19. In: **Biodiversidade, pesquisa e desenvolvimento na Amazônia.**

ANDRADE, P.M. 1992. **Estrutura do estrato herbáceo de trechos da reserva biológica Mata do Jambreiro, Nova Lima, Minas Gerais.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BARROS, F.A. 2006. **Efeito de borda em fragmentos de Floresta Montana, Nova Friburgo-RJ.** 100f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.

BENÍTEZ-MALVIDO, J. 1998. Impacto of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. **Conservation Biology**, 12 (2), 380-389.

BENÍTEZ-MALVIDO, J.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. 2003. Influence of Edge Exposure on Tree Seedling Species Recruitment in Tropical Rain Forest Fragments. **Biotropica**, 35 (4), 530-541.

BERNACCI, L.C. 1992. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta no município de Campinas, com ênfase nos componentes herbáceo e arbustivo.** 147 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas.

BIERREGAARD, Jr.,R.O.; LOVEJOY, T.E.; KAPOV,V.; SANTOS, A.A.; HUTCHINGS, R.W. 1992. The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments: A prospective comparison of fragments and continuous forest. **BioScience**, 42 (11), 859-866.

BOND, W.J. 1994. Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B - Biological Sciences**, 344: 83-90.

BRUNA, E. M. 2002. Effects of forest fragmentation on *Heliconia acuminata* seedling recruitment in central Amazonia. **Oecologia**. 132: 235-243.

BRUNA, E.M.; KRESS, W.J. 2002. Habitat fragmentation and the demographic structure of an Amazonian understory herb (*Heliconia acuminata*). **Conservation Biology**, 16 (5), 1256-1266.

BUTLER, R.A.; LAURANCE, W.F. 2008. New strategies for conserving tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**. 23: 469-472.

CESTARO, L.A.; WAECHETER, J.L.; BAPTISTA, L.R. de M. 1986. Fitossociologia do estrato herbáceo da mata Araucária da Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, RS. **Hoehnea**. 13: 59-72.

CHAVES, E. 2006. **Composição florística e descrição morfológica das espécies herbáceo-arbustivas de uma mata de galeria em Alto Paraíso**. Goiás, Brasil. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília, DF.

29

CHEN, J.; SAUNDERS, S.C.; CROW, T.R.; NAIMAN, R.J.; BROSOFSKE, K.D.; MROZ, G.D.; BROOKSHIRE, B.L.; FRANKLIN, J.F. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. 1999. **BioScience**. 49 (4): 288-297.

CHEUNG, K.C.; MARQUES, M.C.M.; LIEBSCH, D. 2009. Relação entre a presença de vegetação herbácea e a regeneração natural de espécies lenhosas em pastagens abandonadas na Floresta Ombrófila Densa do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 23(4): 1048-1056.

CITADINI-ZANETTE, V. 1984. Composição florística e fitossociológica da vegetação herbácea terrícola de uma mata de Torres, Rio Grande do Sul. **Iheringia Série Botânica**, 32: 23-62.

CITADINI-ZANETTE, V.; BAPTISTA, L.R.M. 1989. Vegetação herbácea terrícola de uma comunidade florestal em Limoeiro, Município de Torres, Rio Grande do Sul. **Boletim do Instituto de Biociências**, 45: 1-87.

CITADINI-ZANETTE, V.; PEREIRA, J.L.; JARENKOW, J.A.; KLEIN, A.S.; SANTOS, R. 2011. Estrutura da sinúsia herbácea em Floresta Ombrófila Mista no Parque Nacional de Aparados da Serra, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 9 (1): 56-63.

COSTA, F.R.C. 2004. Structure and composition of the ground-herb community in a terra-firme Central Amazonian forest. **Acta amazônica**, 34 (1): 53 – 59.

DEAN, W. 1996. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo, 484p.

DIDHAM, R.K.; LAWTON, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. **Biotropica**, 31: 17-30.

DIGIOVINAZZO,P.; FICETOLA,G.F.; BOTTONI,L.; ANDREIS,C.; PADOA-SCHIOPPA, E. 2010. Ecological thresholds in herb communities for the management of suburban fragmented forests. **Forest Ecology and Management**, 259: 343-349.

DISLICH, R. 2002. **Análise da vegetação arbórea e conservação na reserva florestal da Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", São Paulo-SP**. 251 f. São Paulo, Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências.

DRUCKER, D.P. 2005. **Variação na composição herbácea em áreas ripárias da Amazônia central**. 68 f. Dissertação (Mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

FACCELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, 57:1-32.

FAHRIG, L. 2003. Effects of fragmentations on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 34: 487-515,

FUHRO, D.; VERGAS, D.; LAROCCA, J. 2005. Levantamento florístico das espécies herbáceas, arbustivas e lianas da Floresta de encosta da Ponta do Cego, Reserva Biológica do Lami (RBL), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânicas**, Leopoldo : Instituto Anchietao de Pesquisas, 56: 239-256.

GASCON, C.; WILLIAMSON, B.; FONSECA, G.A.B. 2000. Receding forest edges and vanishing reserves. **Science**, 288: 1356-1358.

GEHLHAUSEN,S.M.; SCHWARTZ,M.W.; AUGSPURGER,C.K..2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophyticforest fragments. **Plant Ecology**, 147: 21-35.

GODEFROIND, S.; KOEDAM, N. 2003. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest:an effect of the city–forest ecotone. **Science Direct**, 65: 169 -185.

HARPER, K.A.; MACDONALD, S.E.; BURTON, P.J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K.D.; SAUNDERS, S.C.; EUSKIRCHEN, E.; ROBERTS, D.; JAITEH, M.S.; PER-ANDERS, E. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. **Conservation Biology**, 19: 768–782.

HART, S.A.; CHEN, H.Y.H. 2008. Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. **Ecological Monographs**.78: 123-140.

HILL, J.L.; CURRAN, P.J. 2003. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation. **Journal of Biogeography**, 30: 1391-1403.

INÁCIO, C. D.; JARENKOW, J. A. 2008. Relações entre a estrutura da sinússia herbácea terrícola e a cobertura do dossel em floresta estacional no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 31(1): 41-51.

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

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. Much remains to be learned about pollinators and plants. **BioScience**, 47: 297 - 307.

KOZERA, C. 2001. **Composição florística e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo em duas áreas de Floresta Ombrófila Densa, Paraná, Brasil**. 175f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

KOZERA, C.; RODRIGUES, R.R.; DITTRICH, V.A. de O. 2008. Composição florística do sub-bosque de uma floresta Ombrófila Densa Montana, Morretes, PR, BRASIL. **Floresta**, 39 (2): 323-334.

LAGOS, A.R.; MULLER, B.L. 2007. Hotspot brasileiro: Mata Atlântica. **Saúde & Ambiente em Revista**, 2(2): 35-45.

LAURANCE W.F.; WILLIAMSON G.B.; DELAMONICA P.; OLIVERA A.; GASCON C. 2001. Effects of a strong drought on Amazonian forest fragments and edges. **Journal of Tropical Ecology**, 17: 771-785.

LAURANCE, W.F. 1991 Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biology Conservation**, 57, 205-219.

LAURANCE, W.F. 2000. Do edge effects occur over large spatial scales? Trends in **Ecology and Evolution**, 15(4): 134-135.

LAURANCE, W.F., CURRAN, T.J. 2008. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: a review and synthesis. **Austral Ecology**. 33: 399–408.

LAURANCE, W.F.; FERREIRA, L.V.; MERONA, J.M.R.; LAURANCE, S.G.; HUTCHINGS, R.W.; LOVEJOY, T.E. 1998. Effects of Forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. **Conservation biology**, 12(2): 460-464.

LAURANCE, W.F.; LAURANCE, S.G.; FERREIRA, L.V.; RANKIN-DE-MERONA, J.; GASCON, C.; LOVEJOY, T.E. 1997. Biomass collapse in Amazonian forest fragments. **Science**, 278: 1117–1118.

LAURANCE, W.F.; LOVEJOY, T.E.; VASCONCELOS, H.E.; BRUNA, E.M.; DIDHAN, R.K.; STOUFFER, F.C.; GASCON, C.; BIERRAGAARD, R.O.; LAURANCE, S.G.; SAMPAIO, E.E. 2002. Ecosystem decay of amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, 16(3): 605-618.

LAURANCE, W.F.; BIERREGAARD, R.O.JR. 1997. **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities**. Chicago: The University of Chicago, 616p.

LAURANCE, W.F.; NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, S.G.; ANA ANDRADE, A.; EWERS, R.M.; HARMS, K.E.; LUIZÃO, R.C.C.; RIBEIRO, J.E. 2007. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. **Plosone**, (10): 1-8.

LIMA, RAF.; GANDOLFI, S. 2009. Structure of the herb stratum under different light regimes in the Submontane Atlantic Rain Forest. **Brazilian Journal of Biology**, 69(2): 289-296.

LIMA-RIBEIRO, M.S. 2008.. Efeitos de borda sobre a estruturação populacional em fragmentos de cerrado do Sudoeste Goiano, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 22 (2), 535-545.

LU, X.T.; YIN, J.X.; TANG, J.W. 2011. Diversity and composition of understory vegetation in the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna, SW China. **Revista de Biología Tropical** (International Journal of Tropical), 59 (1): 455-463.

MANTOVANI, W. 1987. **Análise florística fitossociológica do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado na Reserva Biológica de Mogi-Guaçu e em Itirapina, SP.** 203 f. Tese (Doutorado em Ciências - Ecologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MARASCHIN-SILVA, F.; SCHERER, A.; BAPTISTA, L.R.M. 2009. Diversidade e estrutura do componente herbáceo-subarbustivo em vegetação secundária de Floresta Atlântica no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, 7(1): 53-65.

MEIRA-NETO, J.A.A.; MARTINS, F.R. 2003. Estrutura do sub-bosque herbáceo-arbustivo da mata da silvicultura, uma floresta estacional semidecidual no Município de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, 27: 459-471.

34

MELO, F.P.L.; LEMIRE, D.; TABARELLI, M. 2007. Extirpation of large-seeded seedling from the edge of a large Brazilian Atlantic forest fragment. **Ecoscience**, 14 (1): 124-129.

MENINI-NETO, L.M.; MATOZINHOS, C.N.; ABREU, N.L.; VALENTE, A.S.M.; ANTUNES, K.; SOUZA, F.S.; VIANA, P.L.; SALIMENA, F.R.G. Flora vascular não-arbórea de uma floresta de gruta na Serra da Mantiqueira, Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica*, 9 (4): 149-161.

METZGER, J.P. 2009. Conservation issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**. 142: 1138-1140.

MITTERMEIER, R.A.; MYERS, N.; THOMSEN, J.B. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. 1998. **Conservation Biology**. 12 (3): 516 -520.

MÜLLER, S.C.; WAECHTER, J.L. 2001. Estrutura sinusal dos componentes herbáceo e arbustivo de uma floresta costeira subtropical. **Revista Brasileira de Botânica**, 24: 395-406.

MULLER,A.; BATAGHIN,F.A.; SANTOS,S.C.2010.Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Perspectiva*, **Erechim**, 34:29-39.

MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, 10: 58-62.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403:853-845.

NASCIMENTO, H.E.M., LAURANCE, W.F. 2006. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**, 36 (2):183-192.

OLIVEIRA, M.A.; GRILLO, A.S.; TABARELLI, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx**, 38: 389–394.

PACIENCIA, M.B.; PRADO, J. 2004. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 27(4): 641-653.

PAGLIA, A.P.; FERNANDEZ, F.A.S.; MARCO JR., P. 2006. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficientes? In: ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; SLUYS, M.V.; ALVES, M.A.S. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. São Carlos. Editora Rima, p. 281-316.

PALMA, C.B.; INÁCIO, C.D.; JARENKOW, J.A. 2008. Florística e estrutura da sinúsia herbácea terrícola de uma floresta estacional de encosta no Parque Estadual de

Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, 6(3): 151-158.

PATON, P.W.C. 1994. The effects of edge on avian nest success: How strong is the evidence? **Conservation Biology**, 8: 17-26.

PORTELA, R.C.Q.; SANTOS, F.A.M. 2007. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Botânica**, 30 (2): 271-280.

RIBEIRO, M.B.N.; BRUNA, E.M.; MANTOVANI, W. 2010. Influence of Post-Clearing Treatment on the Recovery of Herbaceous Plant Communities in Amazonian Secondary Forests. **Society for Ecological Restoration International**, p. 1-9.

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. **Biological Conservation**, 142, p. 1141–1153.

36

RICHARDS, P. W. 1952. **The tropical rain forest an ecological study**. Cambridge University Press, Cambridge, 559 p.

RIES, L.; FLETCHER, 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 (1): 491-522.

RODRIGUES, P.J.F.P.; NASCIMENTO, M.T. 2005. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas sobre Efeitos de Borda. **Rodriguésia**, 57: 63-74.

SANTOS-SILVA, V. 2006. **Levantamento florístico e fitossociológico das espécies herbáceas da região de borda do Núcleo Cabaçu, Parque Estadual da Cantareira**. 107f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.

SCARIOT, A. 2000. Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, 32: 662-669.

SCHESSEL, M.; SILVA, W.L.S.; GOTTSBERGER, G. 2008. Effects of fragmentation on forest structure and litter dynamics in Atlantic rainforest in Pernambuco, Brazil. **Flora**, 203: 215–228.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; RIBEIRO, A.; MATIAS, R.; REIS, M.S.; BAWA, K.; SEBBENN, A.M. 2005. Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 17 (1): 25-43.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M. 2000. Efeitos da fragmentação florestal na estrutura genética de populações de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Guarantã). **Scientia Forestalis**, 57: 123-139.

SILVA, I.A.A.; PEREIRA, A.F.N.; BARROS, I.C.L. 2011. Edge effects on fern community in an Atlantic Forest remnant of Rio Formoso, PE, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 71:421-430.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. 2000. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. **Nature**, 404: 72-74.

SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. 2009. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta botânica brasílica**, 23(1): 100-110.

SIZER, N.; TANNER, E.V.J.; FERRAZ, I.D.K. 2000. Edge effects on litterfall mass and nutrient concentrations in forest fragments in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, 16: 853-863.

SOARES JR., R.C.; ALMEIDA JR., E.B.; PESSOA, L.M.; PIMENTEL, R.M.M.; ZICKEL, C.S. 2008. Flora do estrato herbáceo em um fragmento urbano de floresta Atlântica, PE. **Revista de Geografia**, 25 (1): 57-66.

TABARELLI, M.; PINTO, S.R.; LEAL, I.R. 2009. Floresta Atlântica nordestina: fragmentação, degeneração e conservação. **Ciência Hoje**, 44: 36-41.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C.; GASCON, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical Forest. **Biodiversity and Conservation**, 13: 419-425.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biology Conservation**, 91: 119–127.

TABARELLI, M.; LOPES, A.V.; PERES, C.A. 2008. Edge-effects Drive Tropical Forest Fragments Towards an Early-Successional System. **Biotropica**, 40(6): 657–661.

THOMPSON, J.N. 1979. **Treefalls and Colonizations Patterns of Temperate Forest Herbs**. Washington State University, p. 176 - 184.

TOMIMATSU, H.; OHARA, M. 2004. Edge effects on recruitment of *Trillium camschatcense* in small forest fragments. **Biological Conservation**, 117: 509-519.

TOMIMATSU, H.; YAMAGISHI, H.; TANAKA, I.; SATO, M.; KONDO, R.; KONNO, Y. 2011. Consequences of forest fragmentation in an understory plant community: extensive range expansion of native dwarf bamboo. *Plant Species Biology*, 26: 3-12.

TURNER, I. M.; CHUA, K. S.; ONG, J.; SOONG, B.; TAN, H. 1996. A century of plant species loss from an isolated fragment of lowland tropical forest. **Conservation Biology**, 10:1229-1244.

VASCONCELOS, H.L.; LUIZÃO, F.J. 2004. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. **Ecological Application**, 14: 884-892.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica**, 12 (32): 25-42.

WHITMORE, T.C. 1997. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In LAWRENCE, W.F.; BIERREGAARD Jr., R.O. (Ed.). **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. p. 3-12. Chicago: The University of Chicago Press.

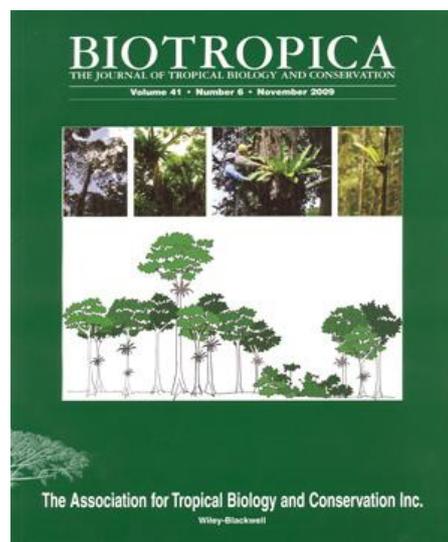
ZICKEL, C.S. **Fitossociologia e dinâmica do estrato herbáceo de dois fragmentos florestais do estado de São Paulo**. 1995. 125 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Liliane Ferreira Lima, Marcelo Tabarelli, Carmen Sílvia Zickel

**EFEITO DE BORDA SOBRE A ASSEMBLÉIA DE PLANTAS
HERBÁCEAS NA FLORESTA ATLÂNTICA, ALAGOAS,
BRASIL**

40

A ser enviado ao periódico:



Efeito de borda sobre a assembléia de plantas herbáceas na floresta Atlântica

Alagoas, Brasil

Liliane Ferreira Lima^{1,4}, Marcelo Tabarelli² Carmen Sílvia Zickel³

¹Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP 52171-900 Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil.

²Centro de Ciências Biológicas, Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil

³Departamento de Biologia, Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP 52171-900 Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil

⁴Autor para correspondência: lilianef.lima@gmail.com

RESUMO: As bordas florestais estão se tornando mais abundantes em regiões de todo o mundo e o conjunto de modificações bióticas e abióticas decorrentes da sua criação – “efeito de borda” resulta em uma série de alterações biológicas, trazendo sérios riscos à biodiversidade. Avaliou-se o efeito de borda na assembléia de herbáceas em um fragmento de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil, com base nos dados de riqueza, diversidade e densidade de indivíduos, além de verificar a relação entre a composição de espécies da borda e interior do fragmento com algumas variáveis abióticas (temperatura e umidade do solo, serrapilheira acumulada). Foram amostradas 50 parcelas de 5 x 5m tanto na borda quanto no interior do fragmento, dentro das quais foi feita a contagem de todos os indivíduos e obtido o número de espécies, tendo sido coletado também os parâmetros ambientais no centro de cada parcela. Obteve-se um total de 137 espécies: 75 na área de borda, distribuídas em 54 gêneros e 27 famílias e 97 no interior da área, distribuídas em 63 gêneros e 33 famílias. Do total de espécies, 40 são exclusivas da borda e 62 são exclusivas do interior. Foram registrados 2806 indivíduos no interior e 4948 na borda. Foram observadas diferenças significativas na riqueza ($U = 887,5$; $p = 0,0062$), diversidade ($p < 0,05$; $t = 16,54$) e densidade de indivíduos ($t = 4.7255$; $p < 0,0001$); entre borda e o interior. O índice de diversidade e o valor da equabilidade foram maiores para o interior ($H' = 3.61$ nats/ind.; $J' = 0.790$). A assembléia de ervas exibiu diferenças na composição de espécies entre os habitats, formando dois grupos distintos. De acordo com a análise de correspondência canônica, as variáveis ambientais influenciaram o arranjo e distribuição das espécies entre os habitats. Tais resultados indicam que a assembléia de herbáceas está sendo afetada pelos efeitos de borda, formando um conjunto depauperado de espécies nas bordas florestais, devido às condições microclimáticas dessa área.

Palavras-chave: erva; conservação; fragmentação florestal; floresta Tropical

A formação de paisagens fragmentadas implica em inúmeras alterações nos ecossistemas (Tabarelli *et al.* 1999, Paglia *et al.* 2006, Tabarelli *et al.* 2008), conduzindo a mudanças bruscas na estrutura das comunidades, alterações nos processos ecológicos e relações interespecíficas, levando vários grupos de organismos à extinção (Murcia 1995, Paglia *et al.* 2006). Esse conjunto de mudanças é oriundo, dentre outros fatores, da criação de bordas florestais, região onde ocorre a interação entre o fragmento florestal e uma matriz não florestada (Murcia 1995, Ries *et al.* 2004).

As bordas florestais estão se tornando mais abundantes em regiões de todo o mundo (Harper *et al.* 2005) e o conjunto de alterações bióticas e abióticas decorrentes da sua criação - “efeito de borda”- tem sido bem investigado e discutido na literatura, a fim de detectar e entender as mudanças dos padrões ecológicos dentro dos ecossistemas (Ries *et al.* 2004). Tais efeitos são mais intensos até os 100 m no gradiente borda-interior (Oliveira *et al.* 2004) e, as mudanças envolvidas ao longo desse gradiente variam desde alterações microclimáticas até alterações na estrutura e composição das comunidades presentes no fragmento (Murcia 1995). O aumento da luminosidade e da temperatura, a redução da umidade relativa do ar e do solo estão entre as mudanças microclimáticas que impulsionam drásticas alterações em paisagens fragmentadas (Sizer *et al.* 2000, Gascon *et al.* 2000, Laurance & Curran 2008, Tabarelli *et al.* 2009). Esses distúrbios implicam em alterações na composição, abundância e distribuição das espécies, além de resultar no aumento da produção de serrapilheira.

Estudos em florestas tropicais têm relatado mudanças na estrutura e funcionamento das comunidades arbóreas, variando desde efeitos negativos para alguns (espécies tolerantes a sombra, emergentes, de sementes grandes) (Benitez-Malvido 1998, Tabarelli *et al.* 2004, Oliveira *et al.* 2004) até o favorecimento de espécies tolerantes fisiologicamente às novas condições ambientais impostas pela formação de

bordas (espécies pioneiras, lianas, plantas trepadeiras e ruderais) (Oliveira *et al.* 2004, Rodrigues & Nascimento 2005, Tabarelli *et al.* 2008). Porém, no que concerne aos vegetais de menor porte, tais como as herbáceas, são poucos os estudos encontrados na literatura com esse enfoque (Bruna 2002, Paciencia & Prado 2004, Silva *et al.* 2011).

A estreita relação das ervas com os fatores abióticos (Lima & Gandolf 2009) garantem a esses vegetais uma maior sensibilidade as alterações ambientais e por isso, tendem a exibir rápidas respostas aos distúrbios naturais ou antrópicos a que são submetidas (Muller & Waechter 2001, Hart & Chen 2008). Isso se deve, principalmente, as diversas adaptações estruturais e fisiológicas relacionadas ao ambiente em que se encontram (Andrade 1992, Muller & Waechter 2001), atuando como agentes indicadores da qualidade do meio (Richards 1952). Apesar da contribuição desse grupo para a diversidade vegetal e sua importância ecológica dentro dos ecossistemas florestais, esses vegetais são comumente negligenciados e, o banco de dados encontrado na literatura é resumido a estudos florísticos e fitossociológicos (Cestaro *et al.* 1986, Citadini-Zanette & Baptista 1989, Costa 2004, Soares Jr. *et al.* 2008).

Portanto, levando em consideração que as ervas podem ser fortemente influenciadas pelas mudanças ambientais e na tentativa de elucidar possíveis respostas das herbáceas ao efeito de borda, esse trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de borda sobre a assembléia de plantas herbáceas em um fragmento de floresta Atlântica no Nordeste do Brasil, testando as seguintes hipóteses: (1) A assembléia de herbáceas apresenta diferenças quanto a composição florística, riqueza, diversidade, equabilidade e densidade de indivíduos entre a borda e o interior do fragmento, existindo na borda um conjunto mais depauperado de espécies; (2) Na borda serão encontrados os maiores valores de temperatura do solo e serrapilheira acumulada e os menores valores de

umidade do solo; (3) A composição florística e estrutura das herbáceas é influenciada pelos parâmetros abióticos na borda e no interior.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O fragmento de floresta Atlântica em estudo encontra-se inserido nas propriedades da Usina Serra Grande (USG), entre os Municípios de Ibataguara e São José da Laje, Alagoas, Nordeste do Brasil (8° 30' N – 35° 50' W). A USG possui cerca de 9.000 ha de remanescente florestal e representa uma das maiores empresas privada produtoras de açúcar do Estado, sendo esse cultivo datado do século XIX, persistindo até os dias atuais (Santos *et al.* 2008). Trata-se de uma paisagem fragmentada de floresta Atlântica, com 109 fragmentos, todos imersos completamente em uma matriz de monocultura canavieira.

45

Dentre os fragmentos presentes na área de estudo, foi selecionado um dos maiores e mais preservados da região que possui cerca de 3.500 hectares, conhecido popularmente como “Coimbra” (Fig.1). Esse fragmento representa um cenário florestal que ainda mantém um conjunto de espécies vegetais e muitos dos grupos de vertebrados típicos de áreas com grandes extensões de floresta Atlântica, assim como árvores produtoras de grandes sementes e grandes aves frugívoras (Santos *et al.* 2008). A mata de Coimbra, juntamente com outros fragmentos na paisagem, é protegida contra incêndios e exploração madeireira, intuitivamente para garantir a proteção de bacias hidrográficas e abastecimento de água para irrigação de cana de açúcar (Santos *et al.* 2008). Cabe ressaltar ainda que “Coimbra” possui áreas de interior florestal que são frequentemente utilizadas como um “controle” para avaliar os efeitos da fragmentação de habitats (Santos *et al.* 2008).

A área de estudo está localizada em um planalto de baixa altitude (variando entre 481 – 541 m de altitude), com precipitação anual de 2000 mm, com estação seca pronunciada (<60 mm / mês) de novembro a janeiro (Tabarelli *et al.* 2005, Santos *et al.* 2008). O clima do local é tropical quente e temperatura média anual variando entre 22 – 24° C (IBGE 1985). A área possui solo do tipo Latossolos vermelho-amarelo distrófico (LVD), de acordo com o sistema brasileiro de classificação do solo (IBGE 1985) e a vegetação é do tipo Ombrófila Aberta Submontana (Oliveira, 2004).

Coleta de dados

Levantamento florístico e estrutural

O trabalho de campo foi conduzido no período entre outubro de 2010 e março de 2011 (estação seca) em dois ambientes: borda e interior do fragmento. Tal divisão foi estabelecida a partir da delimitação da área de borda - tendo sido considerada borda do início da vegetação até 100m para o interior do fragmento. Tal distância foi definida levando em consideração estudos de efeito de borda já realizados na área para plantas lenhosas (Oliveira *et al.* 2004).

Para coleta dos dados florísticos e estruturais foi utilizado o método de parcelas (Müeller-Dombois e Ellenberg 1974). Foram estabelecidas aleatoriamente 50 parcelas de 5 x 5m (área total = 1250 m²) em cada ambiente estudado - borda e interior, totalizando 100 unidades amostrais e perfazendo uma área total de 2500 m². Na borda do fragmento, a aleatorização das parcelas foi realizada através de um gride 4500 x 100 m. Já no interior, foi estabelecido um gride de 3500 x 500 m e as parcelas foram plotadas a partir de uma distância de 200 metros da borda do fragmento na tentativa de evitar possíveis influências desse ambiente (Santos *et al.* 2008). Todos os pontos de

amostragem foram sorteados de modo que apresentassem uma distância mínima de 50m entre si.

Os parâmetros estruturais estimados para a assembléia de herbáceas foram: riqueza, densidade de indivíduos, frequência absoluta, além dos índices de diversidade e equabilidade. Para tal, foi feita a contagem de todos os indivíduos (toda planta que não apresentava conexão entre si ao nível do solo) enraizados dentro das parcelas e obtido o número de espécies por unidade amostral, a fim de avaliar a existência de diferenças de tais parâmetros entre os dois ambientes estudados.

Considerou-se planta herbácea aquela não-lignificada e que apresenta superfície usualmente verde ou esverdeada (Gonçalves & Lorenzi 2011). Nessa abordagem foram incluídas as ervas terrícolas e trepadeiras herbáceas, considerando as samambaias e as Magnoliophyta. A inclusão das trepadeiras herbáceas justifica-se pelo fato de que denominação “trepadeira” é utilizada, de maneira geral, para qualquer vegetal (herbáceo ou lenhoso) que germine no solo e cujo crescimento em altura dependa de algum suporte mecânico (Durigon *et al.* 2009), além de levar em consideração a representatividade desse grupo em florestas tropicais (Udulutsch *et al.* 2004).

Processamento e identificação do material coletado

Todo material coletado foi devidamente processado de acordo com as técnicas usuais de herborização (Mori *et al.* 1989) e posteriormente identificado. As identificações foram realizadas através de consulta à literatura específica e através de comparações com as exsicatas disponíveis nos herbários Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE, Dárdano de Andrade-Lima do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e o Herbário Geraldo Mariz (UFP) da UFPE. Quando necessário, no caso de dúvidas na indentificação, o material foi enviado para especialistas.

A classificação botânica adotada foi a proposta pelo APG III (APG 2009) para as Magnoliophyta e Smith *et al.* (2006, 2008) para as Samambaias. A grafia do nome das espécies foi consultada no banco de dados do Missouri Botanical Garden – MOBOT (<http://www.mobot.org/>). As exsicatas coletadas e identificadas foram incorporadas ao acervo dos herbários Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da UFRPE e Dárdano de Andrade-Lima do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA).

Parâmetros abióticos

Alguns parâmetros abióticos foram analisados para detectar diferenças microclimáticas entre os dois ambientes e sua relação com a estrutura da assembléia de herbáceas. Foram eles:

- *Temperatura do solo*: Foi mensurada utilizando-se um termômetro de ambiente com coluna de mercúrio, inserido a 2 cm abaixo da superfície do solo, no centro de cada parcela. Para isso, toda serrapilheira acumulada acima do solo foi retirada para inserção do termômetro. Por estarem em ambientes íngremes e de difícil acesso, as medições ocorreram por blocos de parcelas (5 parcelas diárias), sempre numa mesma faixa de horário (entre 10h – 16h) e juntamente com as coletas do material botânico.

- *Umidade do solo*: Para tal, foi coletada uma amostra de solo no centro de cada parcela, com um coletor de metal quadrado (10 cm de lado e 5 cm de espessura). O peso úmido foi obtido em campo, após a coleta do material, utilizando uma balança digital (1g). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel madeira e mantidas em estufa a 50°C até atingirem peso constante. O percentual de umidade foi obtido através da diferença entre o peso úmido da amostra de solo coletada e o peso

após a secagem em estufa, dividido pelo peso seco e multiplicado por 100 ($U\% = \frac{M_u}{M_s} \times 100$) (Embrapa 1997).

- *Acúmulo de serrapilheira*: A serrapilheira acumulada sobre o solo foi coletada com o auxílio de uma moldura de madeira quadrada (50 cm de lado), colocada no centro de cada parcela (adaptação de Kleinpaul *et al.* 2005). Considerou-se serrapilheira acumulada todo material depositado na superfície do solo (Fortes *et al.* 2008). O peso úmido foi obtido em campo, após a coleta do material e utilizando uma balança digital (1g). Posteriormente, as amostras foram colocadas em sacos de papel madeira e secas em estufa (50° C) até atingirem peso constante. Os valores da serrapilheira acumulada utilizados para as análises posteriores correspondem ao peso seco das amostras.

Análise dos dados

Primeiramente foram realizados testes estatísticos para determinar a normalidade dos dados de densidade, riqueza, temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada dos dois ambientes estudados. O teste de normalidade aplicado foi o Shapiro-Wilk (k-amostra).

Diferenças na densidade dos indivíduos entre a borda e interior do fragmento foram testadas usando o *Teste t* de Student. Para analisar diferenças entre os dois ambientes quanto a riqueza, temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada foi aplicado o teste de Mann-Whitney (Wilcoxon Rank-Sum Test). A comparação dos índices de diversidade (H') dos ambientes foi efetuada através do teste *t* de Hutcheson (Zar 1999).

A comparação da composição da assembléia de herbáceas entre a borda e o interior foi efetuada através da Análise de Escalonamento Multidimensional (MDS), utilizando a matriz de dissimilaridade de Bray –Curtis com base na abundância relativa das espécies, entre as 100 unidades amostrais. Para avaliar a significância dos agrupamentos formados no MDS foi utilizada a análise de similaridade ANOSIM, no programa Primer versão 6.1.6 (Clarke & Gorley 2006).

Foi realizado um teste de correlação entre as espécies e os fatores ambientais, através da análise de correspondência canônica (CCA). Para tal, foram inseridas na análise apenas as espécies com mais de 5 indivíduos na amostragem total, tendo em vista que, em geral, nas análises de ordenação as espécies consideradas raras ou de baixa densidade contribuem pouco na análise dos dados, aumentando o volume dos dados e os erros de interpretação (Nappo *et al.* 2000)

Todas as análises foram realizadas com auxílio do programa Bioestat 5.0 (Ayres *et al.* 2007), Primer versão 6.1.6 (Clarke & Gorley 2006) e do o software MultiVariate Statistical Package - MVSP (versão 3.2).

RESULTADOS

Composição florística

Foram registradas neste estudo 137 espécies: 75 espécies na área de borda, distribuídas em 54 gêneros e 27 famílias, incluindo quatro morfoespécies identificadas ao nível de família e oito táxons indeterminados (Tabela S1); e 97 espécies no interior da área, distribuídas em 63 gêneros e 33 famílias, incluindo duas morfoespécies identificadas ao nível de família e seis táxons indeterminados (Tabela S1). Dessas espécies, 40 foram exclusivas da borda e 62 exclusivas do interior do fragmento. Cabe

ressaltar que na borda houve uma redução de 22,68% no número de espécies em relação ao interior florestal.

Das famílias registradas para a borda, cinco pertencem as samambaias e as demais espécies as Magnoliophyta (Tabela S1), onde as mais representativas foram Poaceae (12 espécies), Araceae (7), Cyperaceae (6) e Passifloraceae (4). No interior, 12 pertencem as samambaias e as demais são Magnoliophyta (Apêndice 1), dentre as quais, Araceae, Marantaceae e Poaceae foram as que apresentaram maior riqueza, com 11 espécies cada. Em sequência, a família Cyperaceae (7 espécies), Bromeliaceae (5), Dryopteridaceae (5) e Heliconiaceae (4).

As espécies mais frequentemente encontradas na borda foram *Heliconia psittacorum* (40% da frequência absoluta), *Parodiolyra micrantha* (30%), *Costus spicatus* (28%), *Monotagma plurispicatum* (24%), *Olyra latifolia* (22%), *Scleria melaleuca* (20%). Para o interior, as mais frequentes foram *Spathiphyllum gardneri* (48%), *Philodendron* cf. *fragrantissimum* (38%), *Triplophyllum* sp.1 (30%), *Monotagma plurispicatum* (26%), *Spathiphyllum cannaefolium* var. *nanum* (24%), *Heliconia psittacorum* (22%).

Diferenças na riqueza, densidade de indivíduos e diversidade de espécies

Os parâmetros estruturais riqueza e densidade exibiram diferenças significativas entre os dois ambientes estudados. A riqueza nas parcelas variou entre 2 – 12 espécies na borda e 1 – 13 espécies no interior (mediana da borda = 5; mediana no interior = 6,5; $U = 887,5$; $p = 0,0062$; Fig. 2A). O número de indivíduos entre as parcelas variou de 25 - 299/25m² na borda e 8 - 260/25m² no interior (mediana na borda = 87,5; mediana no interior = 44; $t = 4,7255$; $p < 0,0001$; Fig.2B), tendo sido mais acentuada na borda. Em relação à densidade total registrada para cada ambiente foram obtidos 2,806/1250m² no

interior e 4,948/1250m² na borda (76,33% maior do que o número registrado no interior).

As espécies com maior densidade relativa na área de borda foram: *Parodiolyra micrantha* (20,9%), *Scleria melaleuca* (8,73%), *Olyra latifolia* (8,55%), *Scleria bracteata* (5,84%), *Monotagma plurispicatum* (5,38%), *Scleria secans* (4,65%), *Oplismenus hirtellus* (4,61%), *Desmodium axillare* (4,55%), *Ischnosiphon gracilis* (3,96%), *Ischnosiphon longiflorus* (2,97%). Já no interior foram observadas as seguintes espécies: *Spathiphyllum gardneri* (13,15%), *Polybotrya* sp. (7,56%), *Philodendron* cf. *fragrantissimum* (6,66%), *Monotagma plurispicatum* (4,63%), *Triplophyllum* sp. (4,38%), *Heliconia psittacorum* (4,24%), *Olyra latifolia* (4,24%), *Spathiphyllum cannaefolium* var. *nanum* (4,03%), *Trichomanes pinnatum* (3,49%).

De acordo com o teste t Hutcheson os valores do índice de diversidade de espécies apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$; $t = 16,54$, $v = 6207,8$) entre a borda ($H' = 3,136$ nats/ind.) e o interior ($H' = 3,61$ nats/ind.), confirmando a existência de uma maior diversidade de espécies no interior do fragmento. Os valores de equabilidade foram de 0,726 e 0,790 para borda e interior, respectivamente.

Parâmetros abióticos

Ao analisar os dados relativos aos parâmetros ambientais entre a borda e o interior foram observadas diferenças significativas (Fig. 3) quanto aos valores de temperatura do solo ($U = 299$; $p < 0,0001$), serrapilheira acumulada ($U = 956,5$; $p = 0,0215$) e umidade do solo ($U = 985$; $p = 0,0339$). Os maiores valores de temperatura do solo (22,5° - 25,5°C) foram registrados para as parcelas da borda (mediana = 23,5°C), enquanto para o interior registrou-se temperaturas mais baixas (21,5 - 24°C; mediana = 23°C). Já em relação à serrapilheira acumulada, os maiores valores foram registrados

para as parcelas do interior (81 – 657g; mediana = 288,5g) em relação as parcelas da borda (83 – 533g; mediana = 261g) e, para os dados de umidade do solo, as maiores porcentagens também foram registradas para o interior de Coimbra (9,76 - 46,65%; mediana = 23,09%) em relação as parcelas de borda (6,04 - 32,95%; mediana = 25,95%).

Agrupamento e ordenação das amostras

A análise de ordenação (MDS) evidenciou uma clara distinção entre dois grupos: um correspondente as espécies herbáceas da borda e outro do interior do fragmento, com nível de *stress* de 0,34. Os dois grupos de amostras estão representados no diagrama de ordenação bidimensional (Fig. 4) e sugerem diferenças na composição florística, ainda que existam alguns pontos que não apresentem agrupamento notável.

Tais resultados foram corroborados com a análise de similaridade (ANOSIM) que apresentou um valor global de $R= 0,266$ e $p = 0,001$, indicando a existência de diferenças significativas na composição das duas assembléias de herbáceas identificadas.

Análise de correspondência canônica (CCA)

De acordo com a análise de correspondência canônica (CCA) observou-se que a tanto as parcelas das duas áreas de estudo (borda e interior) quanto às espécies foram influenciadas pelos parâmetros abióticos escolhidos (Fig.5).

Os autovalores da CCA nos dois primeiros eixos de ordenação foram de 0,475 e 0,381, sendo considerados baixos ($< 0,05$), caracterizando um gradiente curto, com a distribuição das espécies ocorrendo por todo gradiente, variando apenas na abundância de algumas delas. Esses dois eixos explicaram 27,48% e 22,11% da variância, tendo

como variância acumulada 49,58% (variação da matriz de espécies explicada pelas variáveis ambientais), indicando a existência de variância não explicada. Porém, a CCA mostrou alta correlação entre as variáveis ambientais para os dois primeiros eixos: 0,805 e 0,739. As variáveis ambientais que exibiram uma maior correlação no primeiro eixo foram: temperatura (0,841), serrapilheira (0,384) e umidade do solo (-0,083). No segundo eixo obteve-se o seguinte padrão: serrapilheira (0,778), temperatura (-0,558) e umidade do solo (-0,431).

Os dois eixos de ordenação conseguiram separar parcialmente os habitats estudados. As parcelas e espécies do interior do fragmento ficaram concentradas, principalmente, no quadrante superior esquerdo, sob a influência dos valores mais elevados de umidade do solo e sob baixas temperaturas do solo (Fig.5). As espécies *Philodendron* cf. *fragrantissimum* (Pfr), *Philodendron* cf. *squamiferum* (Psq), *Spathiphyllum gardneri* (Sgr), *Saccoloma inaequale* (Sin), *Heteropsis linearis* (Hli), *Rhodspatha oblongata* (Rob), *Trimezia* cf. *fosteriana* (Tfo), *Polybotrya cylindrica* (Pcy), *Liparis nervosa* (Lne), *Adiantum* sp (As) e *Ctenitis* sp (Cti) se enquadraram nesse padrão de distribuição, as quais são geralmente comuns a ambientes úmidos e preservados.

As parcelas da borda ficaram dispersas entre o quadrante superior direito e os quadrantes inferiores. Essa separação foi resultante dos valores mais elevados da temperatura do solo e dos valores mais baixos de umidade do solo (Fig.5). Apesar dos maiores valores de serrapilheira acumulada ter sido registrado para o interior do fragmento, essa variável também parece ter influenciado a distribuição das espécies na borda.

Os táxons *Rolandra fruticosa* (Rfr), *Desmodium axillare* (Dax), *Parodiolyra micrantha* (Pmc), *Panicum maximum* (Pma), *Scleria bracteata* (Sbr), *Oplismenus*

hirtellus (Ohi), *Barleria* sp. (Bsp), *Sphagneticola trilobata* (Str), *Vigna peduncularis* (Vpe), *Ichnanthus nemoralis* (Ine), *Ichnanthus pallens* (Ipa), *Ichnanthus tenuis* (Ite) e *Lygodium venustum* (Lve) se enquadraram nesse padrão de distribuição, sendo comuns a ambientes mais abertos. Cabe ressaltar que algumas das parcelas de borda (B03, B07, B12, B27, B29, B32) mais distantes da matriz de cana-de-açúcar (50 – 100m) seguiram o padrão de distribuição próximo ao encontrado para o interior do fragmento, tendo em vista que elas apresentaram valores mais elevados de umidade do solo e baixas temperaturas, em relação as outras parcelas de borda (Fig.5).

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos sugerem que a assembléia de herbáceas sofre influência dos efeitos de borda, tendo em vista as diferenças significativas encontradas na riqueza, diversidade e na densidade dos indivíduos entre a borda e o interior do fragmento. Em áreas de borda, a assembléia de herbáceas foi afetada negativamente quanto à riqueza, tendo havido uma redução de 22,68% no número de espécies. No entanto, houve um aumento de 76,33% no número de indivíduos, devido a maior densidade algumas espécies.

Esse padrão não é exclusivo, havendo na literatura estudos com plantas herbáceas que encontraram comportamento similar (Bruna 2002, Paciencia & Prado 2004, Silva *et al.* 2011), sendo esse o padrão também relatado para plantas lenhosas em áreas de florestas tropicais (Oliveira *et al.* 2004, Nascimento & Laurance 2006). A comunidade vegetal responde as mudanças microclimáticas geradas na borda e tais respostas podem resultar na redução da riqueza e diversidade de espécies devido às variações microclimáticas ao longo do gradiente borda-interior (Gehlhausen *et al.* 2000). Além disso, a borda florestal pode representar um refúgio para algumas espécies

(Gehlhausen *et al.* 2000), as quais tendem a aumentar a abundância e densidade de suas populações (Bruna 2002, Tomimatsu & Ohara 2004). Desse modo, pode-se dizer que os efeitos de borda estão conduzindo a formação de uma assembléia de herbáceas mais empobrecida, devido a redução da riqueza e, conseqüentemente, da diversidade e da equabilidade das ervas na borda.

Os valores de diversidade e riqueza encontrados tanto para borda quanto para o interior do fragmento foram elevados e estão acima dos valores estimados para o componente herbáceo em áreas florestais (Muller & Waechter 2001, Costa 2004, Inácio & Jarenkow 2008, Palma *et al.* 2008, Citadini-Zanette *et al.* 2011). Os valores mais elevados de riqueza e índices de diversidade são, geralmente, registrados em ambientes que sofrem menor perturbação antrópica, como por exemplo, áreas de interior florestal (Paciencia & Prado 2004, Silva *et al.* 2011). A maior diversidade biológica no interior florestal pode está associada a uma maior heterogeneidade ambiental, com alta diversidade de microhabitats, diferente, no entanto, da área de borda, a qual se caracteriza por ser um habitat mais homogêneo (Silva *et al.* 2011).

A equabilidade estimada para a assembléia de herbáceas foi mais alta no interior, demonstrando uma contribuição mais equilibrada das espécies na composição florística desse habitat. Já na borda, a menor equabilidade deve-se, possivelmente, a maior frequência e densidade de apenas poucas espécies na área (Inácio & Jarenkow 2008). Espécies como *Paradiolyra micrantha*, *Olyra latifolia* e *Scleria melaleuca* estão entre as espécies mais frequentes e com maior densidade na borda de Coimbra, tendo contribuindo para esses resultados.

A assembléia de ervas exibiu diferenças na composição de espécies entre a borda e o interior, com a formação de dois grupos visivelmente distintos. Isso demonstra que a borda possui condições mais propícias ao crescimento e

desenvolvimento de um subconjunto de espécies herbáceas com características distintas das ocorrentes no interior (Gehlhausen *et al.* 2000, Fahrig 2003), corroborando com os dados presentes na literatura sobre as plantas arbóreas, onde os estudos relatam haver um favorecimento de espécies pioneiras (r-estrategistas e que demandam alta luminosidade) em detrimento de um conjunto altamente diversificado comuns a flora de florestas tropicais maduras e não perturbadas (Tabarelli *et al.* 2008). Possivelmente, nas áreas mais próximas a borda de Coimbra, as ervas tolerantes às condições microclimáticas do entorno do fragmento, tiveram seu estabelecimento favorecido, diferente das herbáceas adaptadas aos ambientes úmidos, típicos do interior florestal.

De fato, na borda do fragmento houve maior densidade de espécies das famílias Cyperaceae, Fabaceae e Poaceae, caracterizadas pela presença constante de rizomas e tubérculos (permitindo uma maior eficiência na propagação vegetativa), a elevada produção de sementes, além de muitos dos seus representantes se comportarem como daninhas, ameaçando muitas vezes a sobrevivência de outras espécies ao competirem por luz e espaço, característica que facilita a dominância local (Goetghebeur 1998, Souza & Lorenzi 2008).

É importante destacar a presença das espécies *Parodiolyra micrantha* e *Olyra latifolia*, conhecidas popularmente por “bambu”, responsáveis por 29,45% do total da densidade registrada na borda. Em geral, espécies do grupo dos bambus são plantas oportunistas (Tabarelli & Mantovani 2000, Guilherme *et al.* 2004, Campanello *et al.* 2007) comuns em áreas de clareiras, áreas perturbadas e bordas florestais.

Acredita-se que a grande densidade dessas duas espécies pode ter afetado o estabelecimento e desenvolvimento de outras plantas herbáceas na área da borda. Tomimatsu *et al.* (2011) constatou que o sucesso dos bambus teve efeito negativo sobre outras espécies herbáceas que, juntamente com outras plantas do subbosque, estão

sendo competitivamente excluídas. As condições microclimáticas típicas de áreas de borda e pequenos fragmentos florestais agem como facilitadores da expansão de espécies de bambus, permitindo sua invasão até mais de 100m da borda (Tomimatsu *et al.* 2011). Esses dados também ajudam a explicar o registro de tais espécies nas parcelas do interior do fragmento, alertando que esses táxons podem constituir uma ameaça futura para o fragmento em estudo.

Foram observadas diferenças significativas na temperatura do solo, umidade do solo entre a borda e o interior do fragmento. A existência de diferenças microclimáticas entre áreas de borda e o interior é frequentemente relatada na literatura (Kapos 1989, Gehlhausen *et al.* 2000, Gascon *et al.* 2000, Muller *et al.* 2010) sendo reflexo da interação entre o fragmento e a matriz de entorno (Murcia 1995). As diferenças encontradas no presente estudo, para temperatura e umidade do solo, podem está relacionadas a uma maior intensidade de radiação solar nas áreas de borda, devido a existência da monocultura de cana-de-açúcar no o entorno do fragmento. Em geral, os fragmentos florestais são rodeados por uma matriz de menor complexidade estrutural, sendo atingidos por uma maior radiação solar, passando a haver, conseqüentemente, um aumento da temperatura e uma diminuição da umidade do ar e do solo nas bordas florestais (Murcia 1995, Chen *et al.* 1999). Variações nos valores de temperatura e umidade solo são significativamente relacionadas com a distância da borda por alguns autores, de modo que a vegetação também tende a variar conforme essas variações microclimáticas (Gehlhausen *et al.* 2000, Muller *et al.* 2010, Tomimatsu *et al.* 2011).

O padrão encontrado para acumulação de serrapilheira foi contrário ao esperado, levando em conta que se esperava uma maior quantidade de serrapilheira acumulada na borda, devido a maior alteração ambiental nessa área, maior dessecamento e menor

velocidade de decomposição, além do elevado número de espécies dos estágios iniciais de sucessão (Murcia 1995, Sizer *et al.* 2000, Vasconcelos & Luizão 2004).

Para alguns autores (Portela *et al.* 2007) o acúmulo de serrapilheira é influenciado diretamente pela produção e velocidade de decomposição da mesma no solo da floresta. Por isso, acredita-se que apesar de geralmente haver uma maior taxa de decomposição em áreas com maior umidade, os maiores valores de serrapilheira acumulada registrados para o interior provavelmente está relacionado à grande produção de folhas por árvores de grande porte, mais abundantes nessa área. A abundância de espécies pioneiras pode contribuir menos para produção de serrapilheira, em relação a grandes árvores e, conseqüentemente o acúmulo de serrapilheira também será maior em ambientes com dossel bem desenvolvido (Werneck *et al.* 2001). E ainda, acredita-se que os valores mais elevados de serrapilheira registrados no interior florestal tenham influenciado positivamente as ervas, contribuindo com composição florística e riqueza registrada para esse ambiente, tendo em vista que a serrapilheira pode constituir um importante reservatório de nutrientes para as plantas, além de contribuírem para uma maior heterogeneidade ambiental (Moraes 2002; Facelli & Pickett 1991).

As análises de correlações (CCA) permitiram verificar que os parâmetros ambientais analisados nesse estudo contribuíram para o arranjo e distribuição das espécies entre os habitats. De fato, a distribuição, crescimento e o desenvolvimento de plantas herbáceas estar atrelada a sua interação com o ambiente em que se encontra (Kosera *et al.* 2008), fazendo das mesmas vegetais sensíveis às alterações ambientais, principalmente aquelas relacionadas a água (Lima & Gandolfi, 2009). Por isso, a umidade e temperatura do solo são fortemente relacionadas com a densidade e distribuição de algumas espécies (Lima-Ribeiro 2008, Tomimatsu *et al.* 2011). Desse modo, pode-se inferir que o padrão de distribuição das espécies encontrado nesse

estudo, está relacionado com as variações de tais parâmetros ambientais ao longo do gradiente borda-interior. Porém, outras variáveis ambientais, tais como, temperatura e umidade do ar, luminosidade, quantidade de nutrientes no solo, abertura do dossel, também podem estar influenciando na organização da assembléia de ervas em Coimbra. Alguns autores relatam que os diversos fatores climáticos, juntamente com características biológicas das espécies podem atuar em conjunto na determinação do arranjo e composição dos táxons no ambiente (Bierregaard *et al.* 1992, Harper *et al.* 2005, Laurance & Curran 2008).

Frente ao exposto, nosso estudo fornece evidências de que o efeito de borda leva formação de assembléias de ervas distintas entre a borda e o interior do fragmento. Na borda encontramos um conjunto depauperado de espécies, com táxons mais tolerantes as condições microclimáticas dessa área. O interior florestal é formado por uma flora herbácea mais rica, com um número maior de espécies exclusivas, comum em ambientes mais úmidos e conservados. A diferença da composição florística entre as duas áreas é influenciada pelos parâmetros ambientais analisados, no entanto, tais parâmetros devem estar agindo em conjunto com outras variáveis não medidas nessa pesquisa. Os dados dessa pesquisa contribuem com o avanço do conhecimento sobre o efeito de borda em fragmentos de floresta Atlântica, e, unidos a outras informações já existentes para outros estratos vegetais, podem auxiliar numa maior compreensão dos diferentes padrões e processos ecológicos ocorrentes em áreas de borda.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Pesquisa – CNPq pela concessão da bolsa. Agradecemos também alguns dos membros da comunidade de Ibateguara-Alagoas que nos acompanharam no trabalho de campo, além da Usina Serra Grande - (USGA) pelo alojamento e infra-estrutura para realização deste estudo.

INFORMAÇÕES DE APOIO

Listagem das famílias, gêneros e espécies de herbáceas ocorrentes na borda e interior de um fragmento de floresta Atlântica no nordeste do Brasil. **B** – borda, **I**- interior (Tabela S1) estará disponível online.

LITERATURA CITADA

- Andrade, P.M. 1992. Estrutura do estrato herbáceo de trechos da reserva biológica Mata do Jambeiro, Nova Lima, Minas Gerais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D.L. e Santos, A.A. 2007. Bioestat - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA
- Bataghin, F.A., Fiori, A. e Toppa, R.H. 2008. Efeito de borda sobre epífitos vasculares em floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *O Mundo da Saúde São Paulo*, 32:329-338.
- Benítez-Malvido, J. 1998. Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest. *Conservation Biology*, 12: 380-389.

- Bierregaard Jr., R.O., Lovejoy, T.E., Kapos, V., Santos, A.A. e Hutchings, R.W. 1992. The Biological Dynamics of Tropical Rainforest Fragments: A prospective comparison of fragments and continuous forest. *BioScience*, 42: 859-866.
- Bruna, E. M. 2002. Effects of forest fragmentation on *Heliconia acuminata* seedling recruitment in central Amazonia. *Oecologia*. 132: 235-243.
- Campanello, P.I., Gatti, M.G., Ares, A., Montti, L. e Goldstein. 2007. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 252: 108-117.
- Cestaro, L.A., Waechter, J.L. e Baptista, L.R. de M. 1986. Fitossociologia do estrato herbáceo da mata Araucária da Estação Ecológica de Aracuri, Esmeralda, RS. *Hoehnea*. 13: 59-72.
- Chen, J., Saunders, S.C., Crow, T.R., Naiman, R.J., Brososke, K.D., Mroz, G.D., Brookshire, B.L. e Franklin, J.F. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. 1999. *BioScience*. 49: 288-297.
- Citadini-Zanette, V. e Baptista, L.R.M. 1989. Vegetação herbácea terrícola de uma comunidade florestal em Limoeiro, Município de Torres, Rio Grande do Sul. *Boletim do Instituto de Biociências*, 45:1-87.
- Citadini-Zanette, V., Pereira, J.L., Jarenkow, J.A., Klein, A.S. e Santos, R. 2011. Estrutura da sinúsia herbácea em Floresta Ombrófila Mista no Parque Nacional de Aparados da Serra, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, 9: 56-63.
- Clarke, K.R. e Gorley, R.N. 2006. Primer v6: user manual/tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Costa, F.R.C. 2004. Structure and composition of the ground-herb community in a terra-firme Central Amazonian forest. *Acta amazônica*, 34: 53-59.

- Didham, R.K. e Lawton, J.H. 1999. Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica*, 31: 17-30.
- Durigon, J., Canto-Dorow, T.S. e Eisinger, S.M. 2009. Composição florística de trepadeiras ocorrentes em bordas de fragmentos de floresta Estacional, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. *Rodriguésia* 60: 415-422.
- Fahrig, L. 2003. Effects of fragmentations on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 34: 487-515.
- Fortes, F.O., Lúcio, A.D. e Storck, L. 2008. Plano amostral para coleta de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 38: 2512-2518.
- Gascon, C., Williamson, B. e Fonseca, G.A.B. 2000. Receding forest edges and vanishing reserves. *Science*, 288: 1356-1358.
- Gehlhausen, S.M., Schwartz, M.W. e Augspurger, C.K. 2000. Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* 147: 21-35.
- Godefroid, S. e Koedam, N. 2003. Distribution pattern of the flora in a peri-urban forest: an effect of the city-forest ecotone. *Science Direct*, 65: 169-185.
- Goetghebeur, P. 1998. Cyperaceae. Pp. 141-190 in K. Kubitzki, editor. *The families and genera of vascular plants*. Springer, Berlin.
- Gomes, J.S., Lins e Silva, A.C.B., Rodal, M.J.N. e Silva, H.C.H. 2009. Estrutura do sub-bosque lenhoso em ambientes de borda e interior de dois fragmentos de floresta Atlântica em Igarassu, Pernambuco, Brasil. *Rodriguésia* 60: 295-310.
- Gonçalves, E.G. e Lorenzi, H. 2011. *Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares*. São Paulo: Plantarum. 2ª edição, 416.

- Guilherme, F.A.G., Oliveira-Filho, A.T., Appolinário, V. e Bearzoti, E. 2004. Effects of flooding regime and woody bamboos on tree community dynamics in a section of tropical Semideciduous forest in South-Eastern Brazil. *Plant Ecology*, 174: 19-36.
- Harper, K.A., Macdonald, S.E.; Burton, P.J.; Chen, J., Brososke, K.D., Saunders, S.C., Euskirchen, E., Roberts, D., Jaiteh, M.S. e Per-Anders, E. 2005. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19: 768–782.
- Hart, S.A. e Chen, H.Y.H. 2008. Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. *Ecological Monographs*, 78: 123-140.
- Hylander, K. 2005. Aspect modifies the magnitude of edge effects on bryophyte growth in boreal forests. *Journal of Applied Ecology*, 42: 518-525.
- IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística. 1985. Atlas nacional do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Inácio, C. D. e Jarenkow, J. A. 2008. Relações entre a estrutura da sinúsia herbácea terrícola e a cobertura do dossel em floresta estacional no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 41-51.
- Kapos, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*, 5: 173-185
- Kleinpaul, I.S., Schumacher, M.V., Brun, E.J. e Kleinpaul, J.J. 2005. Suficiência amostral para coletas de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus* sp. em floresta estacional decidual. *Revista Árvore*, 29: 965-972.

- Kozera, C., Rodrigues, R.R. e Dittrich, V.A. de O. 2008. Composição florística do sub-bosque de uma floresta Ombrófila Densa Montana, Morretes, PR, BRASIL. *Floresta*, 39: 323-334.
- Laurance, W.F. e Curran, T.J. 2008. Impacts of wind disturbance on fragmented tropical forests: a review and synthesis. *Austral Ecology*. 33: 399–408.
- Laurance, W.F., Ferreira, L.V., Merona, J.M.R., Laurance, S.G., Hutchings, R.W. e Lovejoy, T.E. 1998. Effects of Forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation biology*, 12: 460-464.
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Andrade, A., Ewers, R.M., Harms, K.E., Luizão, R.C.C. e Ribeiro, J.E. 2007. Habitat Fragmentation, Variable Edge Effects, and the Landscape-Divergence Hypothesis. *Plosone*, 10: 1-8.
- Lima, R.A.F. e Gandolfi, S. 2009. Structure of the herb stratum under different light regimes in the Submontane Atlantic rain forest. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 289-296.
- Lima-Ribeiro, M.S. 2008. Efeitos de borda sobre a estruturação populacional em fragmentos de cerradão do Sudoeste Goiano, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22: 535-545.
- Machado, E.L.M., Oliveira-Filho, A.T., Berg, E.V.D., Carvalho, W.A.C., Souza, J.S., Marques, J.J.G.S.M. e Calegário, N. 2008. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 287-302.
- Moraes, R.M. 2002. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira. In Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. (D. Bicudo, M. Forti & C. Bicudo, eds). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, p.133-142.

- Mori, L.A., Silva, L.A.M., Lisboa, G. e Coradin, L. 1989. Manual de manejo do herbário fanerogâmico. Ilhéus: Centro de Pesquisa do Cacau. 104p.
- Mueller-Dombois, D. e Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. new York: John Wiley.
- Müller, S.C. e Waechter, J.L. 2001. Estrutura sinusial dos componentes herbáceo e arbustivo de uma floresta costeira subtropical. *Revista Brasileira de Botânica*, 24: 395-406.
- Muller, A., Bataghin, F.A. e Santos, S.C. 2010. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Perspectiva, Erechim*. 34:29-39.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 10: 58–62.
- Nappo, M.E., Filho, A.T.O., Martins, S.V. 2000. A Estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. *Ciência Florestal*, 10:17-29.
- Nascimento, H.E.M. e Laurance, W.F. 2006. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. *Acta Amazônica*, 36:183-192.
- Oliveira, M.A., Grillo, A.S. e Tabarelli, M. 2004. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. *Oryx*, 38: 389–394.
- Paciencia, M.B. e Prado, J. 2004. Efeitos de borda sobre a comunidade de pteridófitas na Mata Atlântica da região de Una, sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 27: 641-653.
- Paglia, A.P., Fernandez, F.A.S. e Marco Jr., P. Efeitos da fragmentação de habitats: quantas espécies, quantas populações, quantos indivíduos, e serão eles suficien-

- tes? In: Rocha,C.F.D., Bergallo,H.G., Sluys,M.V., Alves, M.A.S. (Eds.). *Biologia da Conservação: Essências*. São Carlos. Editora Rima. 2006, pp. 281-316.
- Palma, C.B., Inácio, C.D. e Jarenkow, J.A. 2008. Florística e estrutura da sinúsia herbácea terrícola de uma floresta estacional de encosta no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 6: 151-158.
- Rezende, J.M. 2007. Florística, fitossociologia e a influência do gradiente de umidade do solo em campos limpos úmidos no Parque Estadual do Jalapão, Tocantins, Pp.60, Universidade de Brasília, Brasília.
- Richards, P.W. 1952. *The tropical rain forest: an ecological study*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ries,L., Fletcher,R.J., Battin,J. e Sisk,T.D. 2004. Ecological responses to habitat edges: Mechanisms, Models, and Variability Explained. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35: 491-522.
- Rodrigues, P.J.F.P. e Nascimento, M.T. 2005. Fragmentação Florestal: Breves Considerações Teóricas sobre Efeitos de Borda. *Rodriguésia*, 57: 63-74.
- Santos, B.A., Peres, C.A., Oliveira, M.A., Grillo, A., Alves-Costa, C.P. e Tabarelli, M. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. *Biological Conservation*, 141: 249–260,
- Silva, I.A.A., Pereira, A.F.N. e Barros, I.C.L. 2011. Edge effects on fern community in an Atlantic Forest remnant of Rio Formoso, PE, Brazil. *Braz. J. Biol.*,71:421-430.
- Sizer, N., Tanner, E.V.J. e Ferraz, I.D.K. 2000. Edge effects on litterfall mass and nutrient concentrations in forest fragments in central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 16:853-863.

- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. e Wolf, P.G. 2008. Fern classification. In: Ranker, T.A. & Haufler, C.H. (eds.). *Biology and evolution ferns and lycophytes*. Cambridge University Press, New York. Pp. 417-467.
- Smith, A.R., Pryer, K.M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H. e Wolf, P.G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxon*, 55: 705-731.
- Soares JR., R.C., Almeida JR., E.B., Pessoa, L.M., Pimentel, R.M.M. e Zickel, C.S. 2008. Flora do estrato herbáceo em um fragmento urbano de floresta Atlântica, PE. *Revista de Geografia*, 25: 57-66.
- Souza, V.C. e Lorenzi, H. 2008. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APG II*. Nova Odessa, São Paulo, 704 pp.
- Tabarelli, M., Mantovani, W. e Peres, C.A. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biology Conservation*, 91:119–127.
- Tabarelli, M. e Mantovani, W. 2000. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest: the effects of gap structure and bamboo species. *Plant Ecology*, 148: 149-155.
- Tabarelli, M., Pinto, L.P., Silva, J.M.C., Hirota, M.M. e Bedê, L.C. 2005. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1:112-138.
- Tabarelli, M., Pinto, S. R. e Leal, I.R. 2009. Floresta Atlântica nordestina: fragmentação, degeneração e conservação. *Ciência Hoje*, 44: 36-41.
- Tabarelli, M., Silva, J.M.C., Gascon, C. 2004. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of neotropical Forest. *Biodiversity and Conservation*, 13: 419-425.

- Tabarelli, M., Lopes, A.V., Peres, C.A. 2008. Edge-effects Drive Tropical Forest Fragments Towards an Early-Successional System. *Biotropica*, 40: 657–661.
- Tomimatsu, H., Yamagishi, H., Tanaka, I., Sato, M., Kondo, R. e Konno, Y. 2011. Consequences of forest fragmentation in an understory plant community: extensive range expansion of native dwarf bamboo. *Plant Species Biology*, 26: 3-12.
- Udulutsch, R. G., Assis, M. A. e Picchi, D. G. 2004. Florística de trepadeiras numa floresta estacional semidecídua, Rio Claro, Araras, estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 27: 125-134.
- Vasconcelos, H.L. e Luizão, F.J. 2004. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. *Ecological Application* 14:884-892.
- Veloso, P.H., Rangel-Filho, A.L.R. e Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.
- Vidal, M.M., Pivello, V.R., Meirelles, S.T. e Metzger, J.P. 2007. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Revista Brasileira de Botânica*, 30: 521-532.
- Werneck, M.S., Pedralli, G. e Gieseke, L.F. 2001. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 24:195-198.
- Zar, J. H. 1999. *Bioestatistical analysis*. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 931 p.

INFORMAÇÕES DE APOIO

TABELA S1. Listagem das famílias, gêneros e espécies de herbáceas ocorrentes na borda (B) e interior (I) de um fragmento de floresta Atlântica no nordeste do Brasil, exibindo a abreviatura dos nomes das espécies (A) utilizada na Análise de Correspondência Canônica (CCA).

Famílias/Espécies	B	I	Coletor/ Número	A
Acanthaceae				
<i>Barleria</i> sp.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B., 456	Bsp
Araceae				
<i>Anthurium gracile</i> (Rudge) Schott		x	Lima,L.F.;Lima,P.B., 289	Agr
<i>Heteropsis linearis</i> A.C. Sm		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,26	Hli
<i>Heteropsis oblongifolia</i> Kunth		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,191	Hob
<i>Heteropsis</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,190	Hes
<i>Philodendron</i> cf. <i>fragrantissimum</i> (Hook.) G. Don	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,17	Pfr
<i>Philodendron</i> cf. <i>imbe</i> Schott ex Endl.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,25	Pim
<i>Philodendron</i> cf. <i>pedatum</i> (Hook.) Kunth		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,24	Ppe
<i>Philodendron</i> cf. <i>squamiferum</i> Poepp.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,189	Psq
<i>Philodendron hederaceum</i> (Jacq.) Schott		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,23	Phe
<i>Philodendron propinquum</i> Schott	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,310	Ppr
<i>Philodendron</i> sp.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,309	Hsp
<i>Rhodospatha oblongata</i> Poepp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,313	Rob
<i>Spathicarpa gardneri</i> Schott		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,240	Sga
<i>Spathiphyllum cannaefolium</i> var. <i>nanum</i> Engl.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,218	Sca
<i>Spathiphyllum gardneri</i> Schott	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,13	Sgr

Aristolochiaceae

Aristolochia brasiliensis Mart. & Zucc. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,434 Abr

Asteraceae

Rolandra fruticosa (L.) Kuntze x Lima,L.F.;Lima,P.B.,457 Rfr

Sphagneticola trilobata (L.) Pruski x Lima,L.F.;Lima,P.B.,436 Str

Blechnaceae

Blechnum occidentale L. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,234 Boc

Bromeliaceae

Aechmea mertensii (G. Mey.)Schult. & Schult. f. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,80 Ame

Ananas ananassoides (Baker) L.B. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,518 Ana

Bilbergia nutans Wendl. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,204 Bnu

Tillandsia bulbosa Hook. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,77 Tbu

Tillandsia tenuifolia L. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,320 Tte

71

Commelinaceae

Commelina rufipes var. *glabrata* (D.R. Hunt) Faden & D.R. Hunt x Lima,L.F.;Lima,P.B.,458 Crg

Tradescantia zanoniana (L.) Sw. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,257 Tza

Costaceae

Costus scaber Ruiz & Pav. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,142 Csr

Costus spicatus (Jacq.) Sw. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,482 Csc

Costus spiralis Ruiz & Pav. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,144 Cpi

Cucurbitaceae

Momordica charantia L. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,439 Mch

Cyperaceae

Becquerelia cymosa Brongn. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,223 Bcy

<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,100	Cer
<i>Cyperus haspan</i> L.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,213	Cha
<i>Cyperus laxus</i> Lam.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,429	Cla
<i>Hypolytrum bullatum</i> C.B. Clarke		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,212	Hbu
<i>Rhynchospora comata</i> (Link) Roem. & Schult.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,588	Rco
<i>Scleria bracteata</i> Cav.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,471	Sbr
<i>Scleria latifolia</i> Sw.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,65	Sla
<i>Scleria melaleuca</i> Rchb. ex Schltld. & Cham.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,450	Sme
<i>Scleria secans</i> (L.) Urb.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,603	Sse
Dennstaedtiaceae				
<i>Saccoloma inaequale</i> (Kunze) Mett.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,159	Sin
Dioscoreaceae				
<i>Dioscorea leptostachya</i> Gardner	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,459	Dle
<i>Dioscorea</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,294	Dis
Dryopteridaceae				
<i>Ctenitis</i> sp.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,614	Cti
<i>Cyclodium heterodon</i> (Schrad.) T. Moore		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,162	Che
<i>Lomagramma guianensis</i> (Aubl.) Ching		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,165	Lgu
<i>Polybotrya cylindrica</i> Kaulf.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,160	Pcy
<i>Polybotrya</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,9	Psp
Fabaceae				
<i>Centrosema</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,83	Ces
<i>Desmodium axillare</i> (Sw.) DC.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,583	Dax
<i>Rhynchosia pseudoviscosa</i> Harms	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,442	Rps

Vigna peduncularis (Kunth) Fawc.& Rendle x Lima,L.F.;Lima,P.B.,553 Vpe

Gentianaceae

Voyria tenella Hook. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,59 Vte

Heliconiaceae

Heliconia aemygdiana Burle-Marx x Lima,L.F.;Lima,P.B.,262 Hae

Heliconia angusta Vell. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,486 Han

Heliconia psittacorum L.f. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,224 Hps

Heliconia spathocircinata Aristeg. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,146 Hpa

Hymenophyllaceae

Trichomanes pinnatum Hedw. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,303 Tpi

Hypoxidaceae

Hypoxis decumbens L. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,88 Hde

Iridaceae

Trimezia cf. fosteriana Steyerem. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,90 Tfo

Lamiaceae

Hyptis cf. atrorubens Poit. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,487 Hat

Hyptis martiusii Benth. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,422 Hma

Lindsaeaceae

Lindsaea lancea (L.) Bedd. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,71 Lla

Lygodiaceae

Lygodium venustum Sw. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,576 Lve

Loganiaceae

Spigelia laurina Cham. & Schltl. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,35 Slu

Lomariopsidaceae

Lomariopsis japurensis (Mart.) J. Sm. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,72 Lja

Malvaceae

Triumfetta semitriloba Jacq. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,525 Tse

Marantaceae

Calathea brasiliensis Körn. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,322 Cbr

Calathea cylindrica (Roscoe) K. Schum. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,242 Ccy

Calathea grandiflora K. Schum. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,147 Cgr

Calathea pernambucica Arns & Mayo x Lima,L.F.;Lima,P.B.,298 Cpe

Ctenanthe cf. compressa (A. Dietr.) Eichler x Lima,L.F.;Lima,P.B.,263 Cco

Ctenanthe pernambucensis Arns & Mayo x Lima,L.F.;Lima,P.B.,227 Cpr

Ctenanthe sp.2 x Lima,L.F.;Lima,P.B.,295 Cte

Ischnosiphon gracilis (Rudge) Körn. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,6 Igr

Ischnosiphon longiflorus K.Schum. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,41 Ilo

74

Maranta bicolor Ker Gawl. x Lima,L.F.;Lima,P.B.,299 Mbi

Monotagma plurispicatum (Körn.) K.Schum. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,39 Mpl

Marattiaceae

Danaea sp.1 x Lima,L.F.;Lima,P.B.,74 Da1

Danaea sp.2 x Lima,L.F.;Lima,P.B.,119 Da2

Melastomataceae

Bertolonia marmorata Naudin x Lima,L.F.;Lima,P.B.,96 Bma

Orchidaceae

Leochilus labiatus (Sw.) Kuntze x Lima,L.F.;Lima,P.B.,465 Lel

Liparis nervosa (Thunb.) Lindl. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,266 Lne

Oeceoclades maculata (Lindl.) Lindl. x x Lima,L.F.;Lima,P.B.,229 Oma

Passifloraceae

<i>Passiflora foetida</i> L.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,495	Pfo
<i>Passiflora misera</i> Kunth	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,423	Pmi
<i>Passiflora</i> sp.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,445	Pas
<i>Passiflora watsoniana</i> Mast.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,424	Pwa

Poaceae

<i>Ichnanthus leiocarpus</i> (Spreng.) Kunth	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,426	Ile
<i>Ichnanthus nemoralis</i> (Schrad.) Hitchc. & Chase	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,559	Ine
<i>Ichnanthus pallens</i> (Sw.) Munro ex Benth.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,498	Ipa
<i>Ichnanthus tenuis</i> (J.Presl & C.Presl) Hitchc. & Chase	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,600	Ite
<i>Lasiacis ligulata</i> Hitchc. & Chase	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,496	Lli
<i>Olyra latifolia</i> L.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,448	Ola
<i>Olyra</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,97	Osp
<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P. Beauv.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,499	Ohi
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,558	Pma
<i>Parodiolyra micrantha</i> (Kunth) Davidse & Zuloaga	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,572	Pmc
<i>Parodiolyra</i> sp.		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,98	Par
<i>Pharus</i> sp. 1	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,531	Fa1
<i>Pharus</i> sp. 2		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,210	Fa2
<i>Pharus</i> sp. 3		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,113	Fa3
Poaceae 1		x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,617	Po1
Poaceae 2	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,618	Po2
Poaceae 3	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,619	Po3

Polypodiaceae

<i>Campyloneurum repens</i> (Aubl.) C. Presl	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,172	Cre
<i>Phlebodium decumanum</i> (Willd.) J. Sm.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,513	Pde
<i>Microgramma</i> sp.1	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,544	Ms1
<i>Microgramma</i> sp.2	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,545	Ms2
Pteridaceae				
<i>Adiantum</i> sp.1	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,615	As1
<i>Adiantum</i> sp.2	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,577	As2
<i>Anetium citrifolium</i> (L.) Splitg.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,173	Aci
Rubiaceae				
<i>Coccocypselum cordifolium</i> Nees & Mart.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,156	Ccd
<i>Coccocypselum lanceolatum</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,538	Cln
<i>Gonzalagunia dicocca</i> Cham. & Schtdl.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,607	Gdi
Thelypteridaceae				
<i>Thelypteris macrophylla</i> (Kunze) C.V. Morton	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,307	Tma
<i>Thelypteris polypodioides</i> (Raddi) C.F. Reed	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,130	Tpo
Tectariaceae				
<i>Triplophyllum</i> sp.	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,124	Tsp
Verbenaceae				
Verbenaceae 1	x	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,620	Ver
Vitaceae				
<i>Cissus</i> cf. <i>verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E. Jarvis	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,542	Cis
<i>Cissus</i> sp.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,475	Cve
Woodsiaceae				
<i>Diplazium</i> sp.	x		Lima,L.F.;Lima,P.B.,286	Dip

Indeterminadas

Indeterminada 1	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,621	Ds1
Indeterminada 2	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,622	Ds2
Indeterminada 3	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,623	Ds3
Indeterminada 4	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,624	Ds4
Indeterminada 5	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,625	Ds5
Indeterminada 6	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,626	Ds6
Indeterminada 7	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,627	Ds7
Indeterminada 8	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,628	Ds8
Indeterminada 9	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,629	Ds9
Indeterminada 10	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,630	Ds10
Indeterminada 11	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,631	Ds11
Indeterminada 12	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,632	Ds12
Indeterminada 13	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,633	Ds13
Indeterminada 14	x	Lima,L.F.;Lima,P.B.,634	Ds14

LEGENDAS DAS FIGURAS

FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo, destacando a Usina Serra Grande (USG) em Alagoas/Brasil e o fragmento analisado.

FIGURA 2. Teste de Mann-Whitney comparando a riqueza (A) e Teste-t comparando a densidade (B) entre a borda e interior de Coimbra. As medianas estão indicadas para cada habitat e em ambos os testes foram detectadas diferenças significativas ($p < 0.05$).

FIGURA 3. Teste de Mann-Whitney comparando a temperatura do solo (A), serrapilheira acumulada (B) e umidade do solo (C) entre a borda e interior de Coimbra. As medianas estão indicadas para cada habitat e nos três casos foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,05$).

FIGURA 4. Ordenação resultante da análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies herbáceas presentes na borda (B) e interior (I) do fragmento, com base nos dados de densidade.

FIGURA 5. Diagramas da ordenação das parcelas presentes da borda (BP) e interior (IP) de Coimbra e sua correlação com os parâmetros abióticos - temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada.

FIGURA 6. Diagramas da ordenação das espécies presentes na borda e interior de Coimbra e sua correlação com os parâmetros abióticos - temperatura do solo, umidade do solo e serrapilheira acumulada. As espécies estão apresentadas pelo nome abreviado (ver TabelaS1).

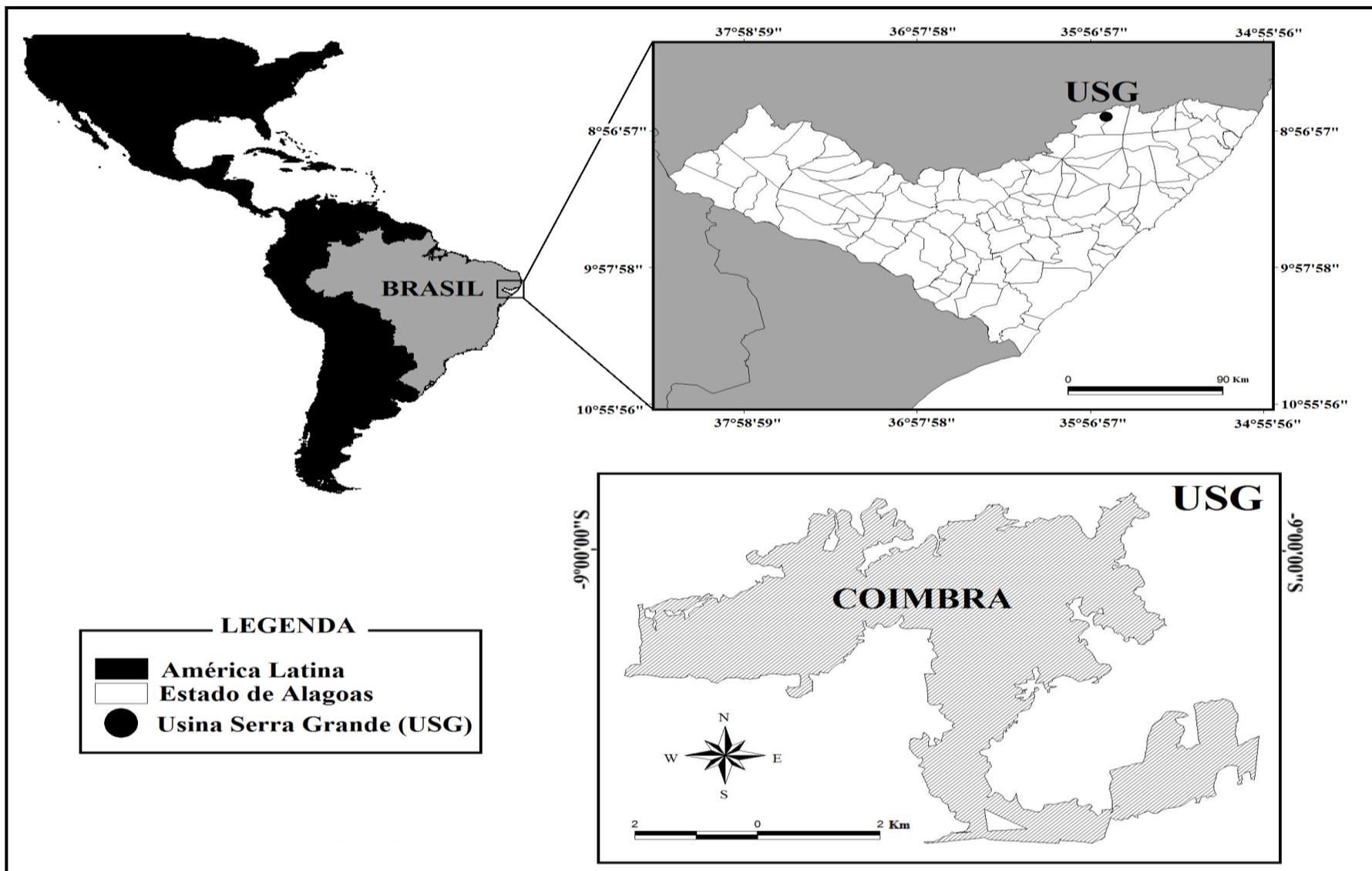


FIGURA 1

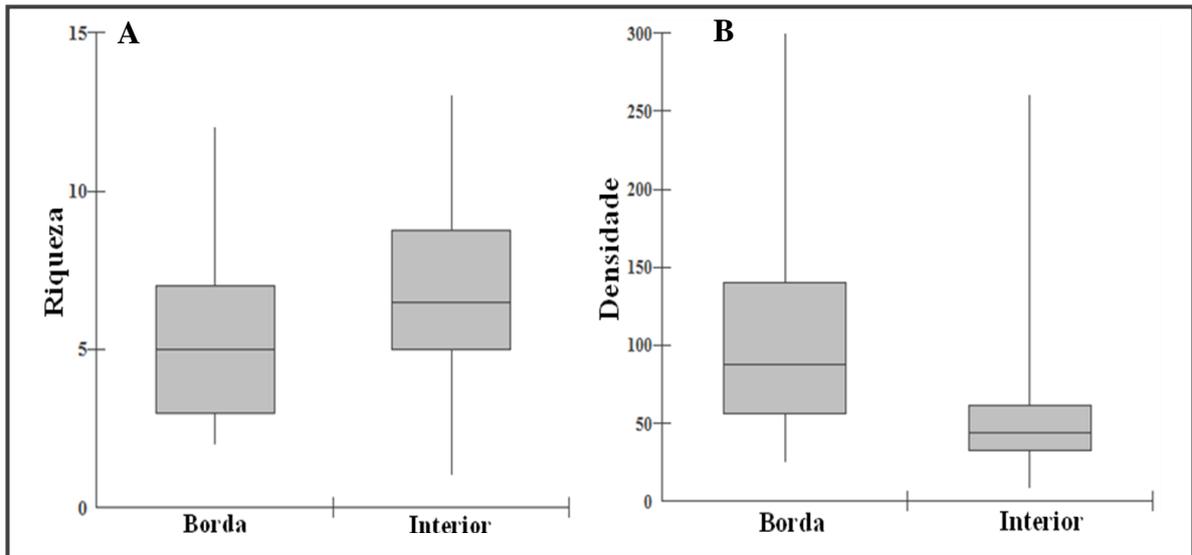


FIGURA 2

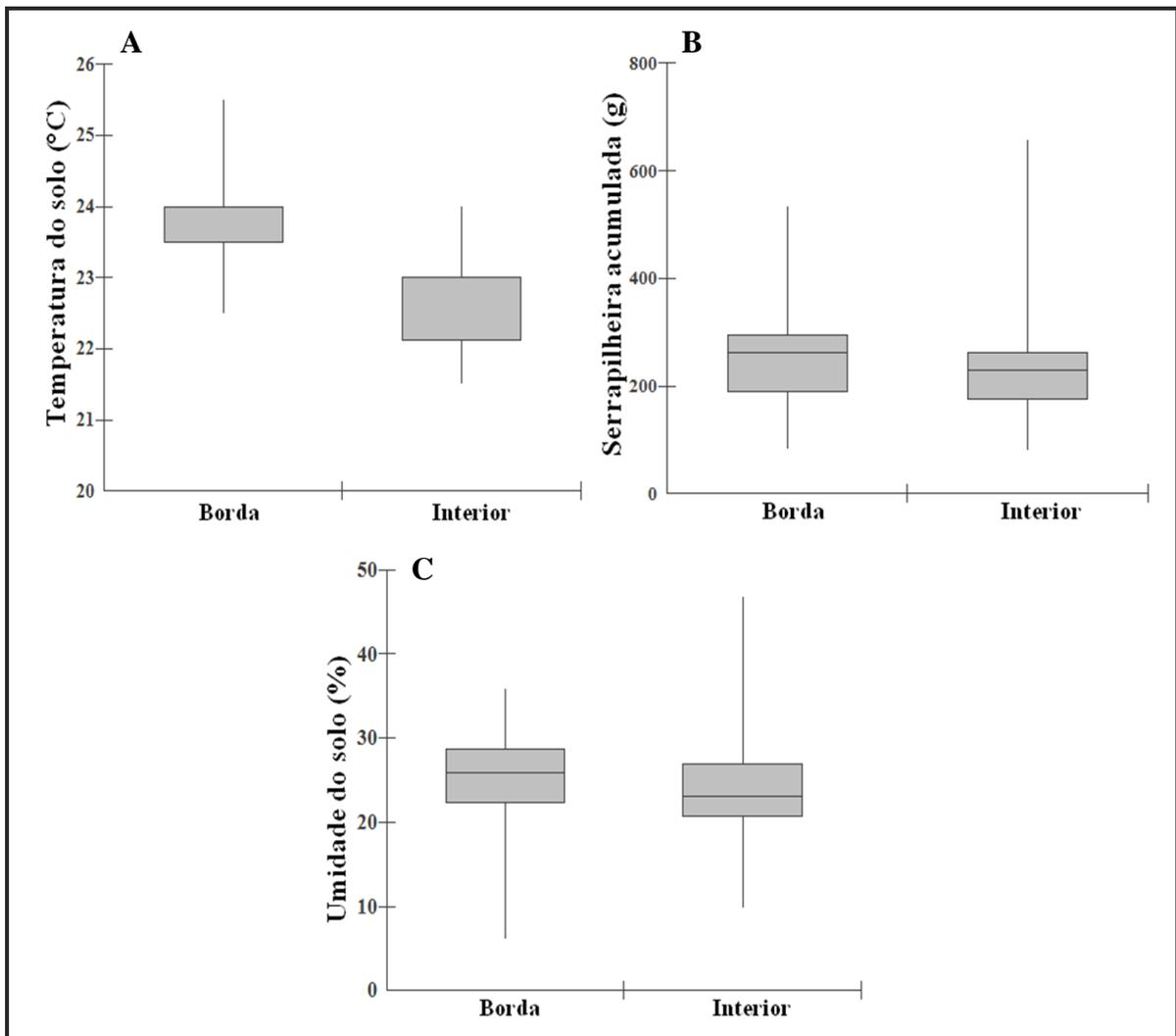


FIGURA 3

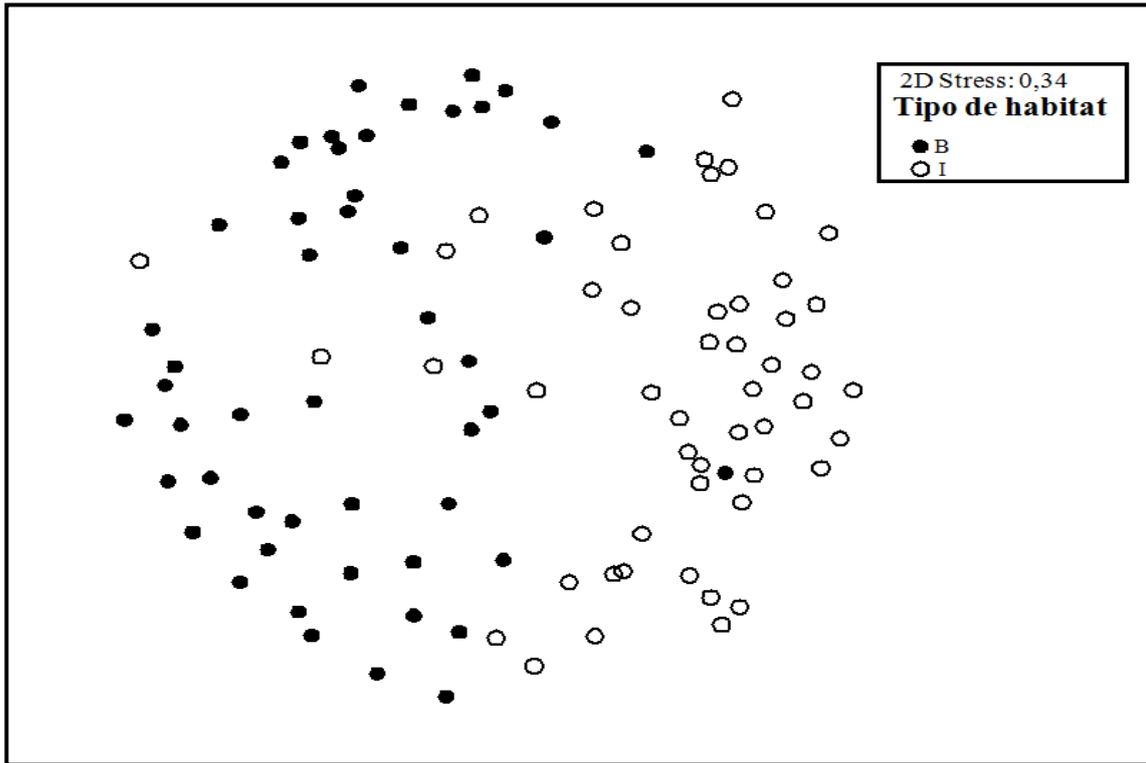
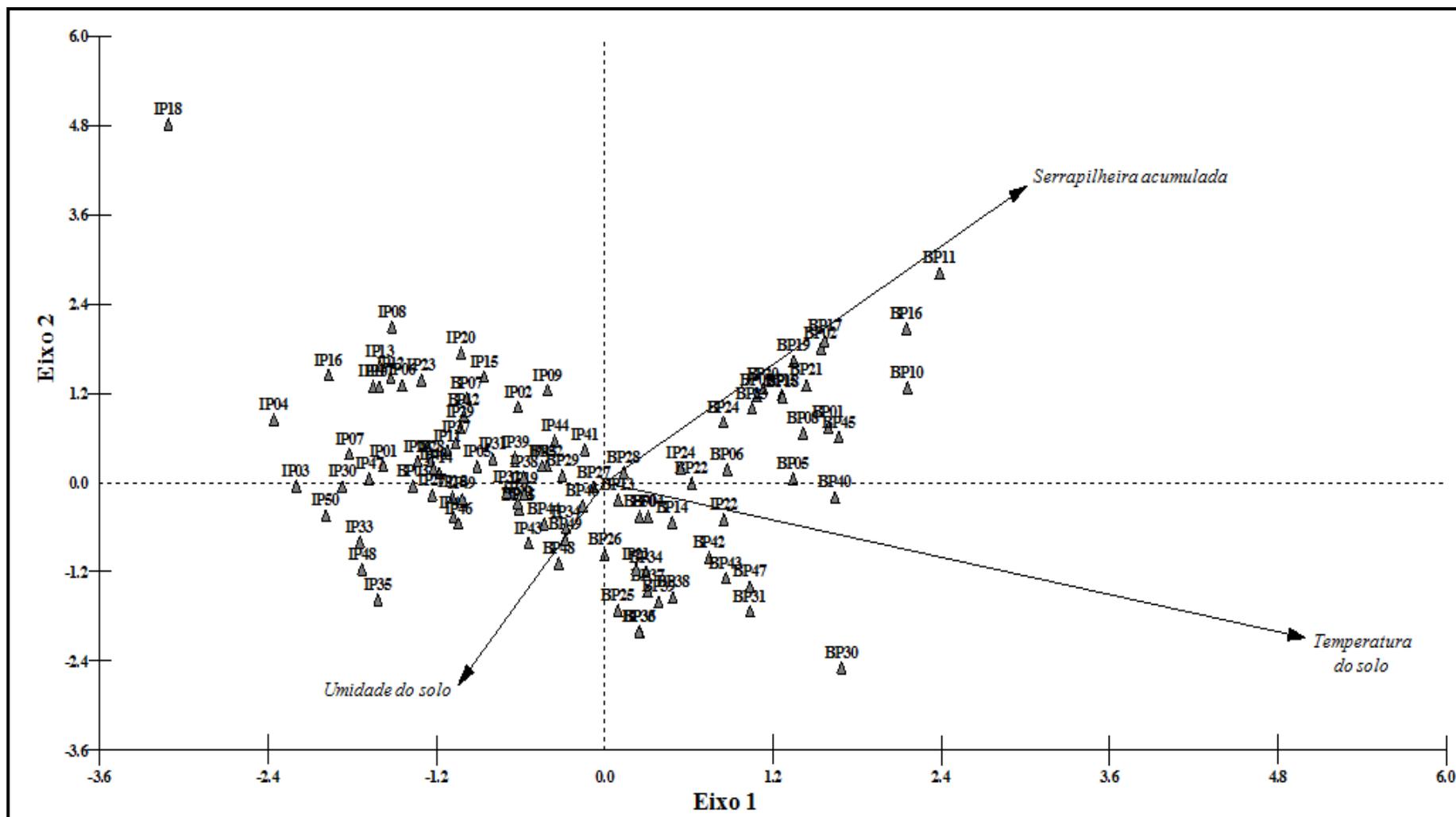


FIGURA 4



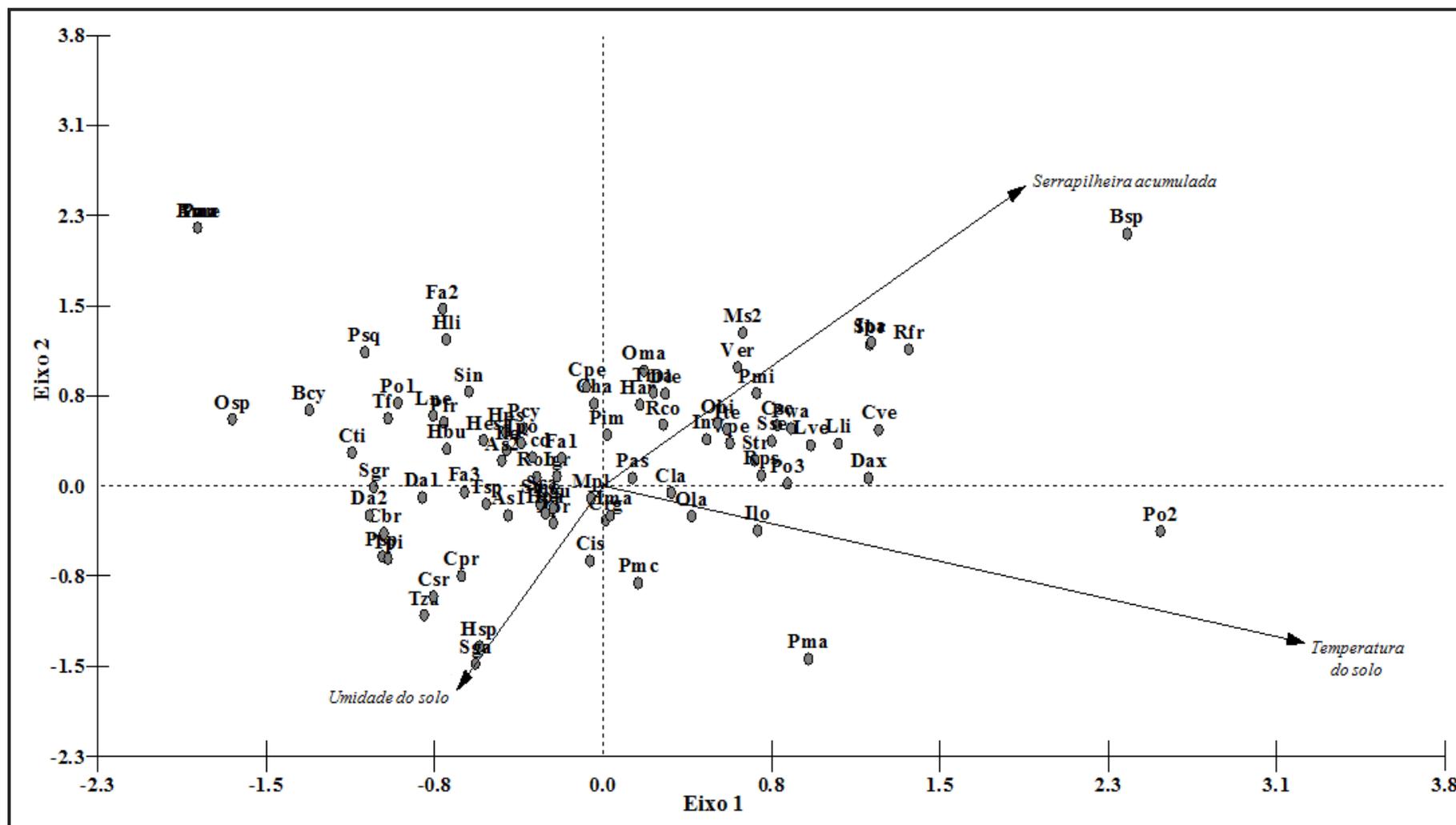


FIGURA 6

4. *Considerações finais*

Nesse estudo os resultados encontrados exibem uma alta riqueza de espécies herbáceas. No entanto, há perdas de espécies nas áreas de borda, devidos as alterações microclimáticas ocorrentes nesse ambiente, colocando em risco a diversidade local de espécies. Os dados obtidos revelam a existência de um menor número de espécies, menor índice de diversidade, menor equabilidade, maior densidade indivíduos e frequência de espécies ruderais ou oportunistas na borda do fragmento, indicando a influência dos efeitos de borda na assembléia de plantas herbáceas. Considerando que as ervas são profundamente influenciadas pelas alterações ambientais que ocorrem no meio em que se encontram, acredita-se que a influência dos parâmetros abióticos analisados (temperatura do solo, umidade do solo, serrapilheira acumulada), bem como a variação encontrada entre a borda e o interior do fragmento ajudaram a explicar esse padrão.

Os resultados aqui apresentados permitem a elucidação de algumas questões básicas relativas ao efeito de borda na assembléia de herbáceas: constata-se que parte da perda de espécies na borda de Coimbra deve-se a atuação de pelo menos dois fatores principais: ao aumento da temperatura do solo e, conseqüentemente, a diminuição da umidade do solo, que tende a excluir as espécies herbáceas típicas de ambientes úmidos e sombreados, em prol de uma flora tolerante a dessecação; A maior densidade de espécies oportunistas na borda, ambiente favorável ao seu desenvolvimento, também representa uma condição importante na determinação da riqueza da flora herbácea, tendo em vista o seu poder competitivo por luz e espaço, as quais tendem a excluir outras espécies; O acúmulo da serrapilheira em fragmentos com longo histórico de perturbação parece diminuir em áreas de borda e, o maior acúmulo no interior, tende a favorecer o desenvolvimento de algumas espécies herbáceas, contribuindo com o aumento da riqueza nesse local; E ainda, assim como relatado na literatura para as plantas lenhosas, a composição da flora herbácea entre a borda e o interior são distintas, com um elevado número de espécies exclusivas de cada habitat, resultado das diferenças microclimáticas ao longo do gradiente borda-interior.

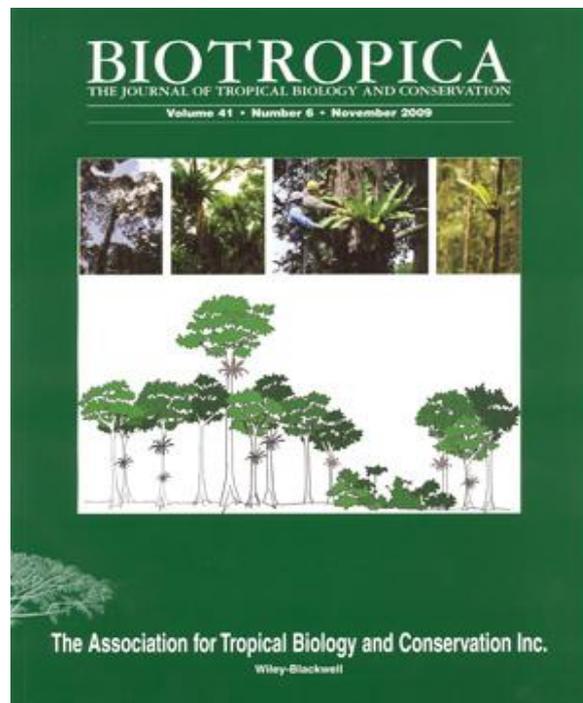
A formação de bordas florestais envolve um conjunto de modificações abióticas e bióticas, de modo que, seria precipitado afirmar que os parâmetros abióticos testados são decisivos na estruturação da assembléia de herbáceas, tendo em vista que um conjunto de fatores podem influenciar as respostas das ervas as alterações antrópicas,

principalmente os relacionados a luminosidade, por constituírem o estrato florestal mais baixo. Sendo assim, fica clara a necessidade de mais pesquisas com esse enfoque, na tentativa de complementar os dados aqui obtidos, auxiliando também na compreensão dos diferentes padrões e processos ecológicos ocorrentes na borda e sua influência na assembléia de plantas herbáceas. Esse conjunto de informações é necessário para que possamos minizar futuras perdas na riqueza e diversidade de espécies em fragmentos florestais e identificar outras variáveis que possam estar interferindo na estruturação e respostas nas ervas aos impactos da fragmentação.

ANEXO

Normas para publicação no periódico

Biotropica



**BIOTROPICA – JOURNAL OF THE ASSOCIATION FOR TROPICAL
BIOLOGY AND CONSERVATION
CHECKLIST FOR PREPARATION OF MANUSCRIPTS AND
ILLUSTRATIONS (updated February 2010)**

Online submission and review of manuscripts is mandatory effective 01 January 2005.

Please format your paper according to these instructions and then go to the following website to submit your manuscript (<http://mc.manuscriptcentral.com/bitr>). Contact the BIOTROPICA Office for assistance if you are unable to submit your manuscript via Manuscript Central (biotropica@env.ethz.ch).

Authors are requested to provide a cover letter that details the novelty, relevance and implications of their work, and a brief explanation of the suitability of the work for BIOTROPICA. The number of words in the manuscript should also be given in the cover letter.

Owing to limited space within Biotropica we ask authors to place figures and tables that do not have central relevance to the manuscript as online Supporting Information (SI). SI accompanies the online version of a manuscript and will be fully accessible to everyone with electronic access to Biotropica. Authors are welcome to submit supplementary information, including photographs, for inclusion as SI, although all such material must be cited in the text of the printed manuscript. The Editor reserves the right to make decisions regarding tables, figures and other materials in SI. If authors disagree with the Editor's decision, they could ask for such tables and figures to be included in the printed article on the condition that the authors cover the additional page charges incurred at the rate of US \$60 per page.

87

I. General Instructions

- Publication must be in English, but second abstract in other languages (such as Spanish, French, Portuguese, Hindi, Arabic, Chinese etc.) may be published as online Supporting Information. BIOTROPICA offers assistance in editing manuscripts if this is required (see English Editorial Assistance below). Second abstracts will not be copy-edited and the author(s) must take full responsibility for content and quality.
- Manuscripts may be submitted in the following categories, based on these suggested word limits:
 - Paper (up to 5000 words)
 - Insights (up to 2000 words)
 - Review (up to 8000 words)
 - Commentary (up to 2000 words)

Word counts exclude title page, abstract(s), literature cited, tables, figures, or appendices.

- Use 8.5" x 11" page size (letter size). Double space everything, including tables, figure legends, abstract, and literature cited.
- Use a 1" margin on all sides. Align left. Avoid hyphens or dashes at ends of lines; do not divide a word at the end of a line.
- Use standard 12 point type (Times New Roman).
- Indent all but the first paragraph of each section.

- Use italics instead of underline throughout. Italicize non-English words such as e.g., i.e., et al., cf., ca, n.b., post-hoc, and sensu (the exceptions being ‘vs.’ and ‘etc.’).
- Include page number in the centre of all pages. Do use line numbering starting on each page.
- Cite each figure and table in the text. Tables and figures must be numbered in the order in which they are cited in the text.
- Use these abbreviations: yr (singular & plural), mo, wk, d, h, min, sec, diam, km, cm, mm, ha, kg, g, L, g/m²
- For units, avoid use of negative numbers as superscripts: use the notation /m² rather than m⁻²
- Write out other abbreviations the first time they are used in the text; abbreviate thereafter: "El Niño Southern Oscillation (ENSO) . . ."
- Numbers: Write out one to ten unless a measurement (e.g., four trees, 6 mm, 35 sites, 7 yr, 10 × 5 m, > 7 m, ± SE) or in combination with other numbers (e.g., 5 bees and 12 wasps). Use a comma as a separator in numbers with more than four digits (i.e., 1000, but 10,000); use decimal points as in 0.13; 21°C (no spaces); use dashes to indicate a set location of a given size (e.g., 1-ha plot).
- Spell out ‘percent’ except when used in parentheses (20%) and for 95% CI.
- Statistical abbreviations: Use italics for *P*, *N*, *t*, *F*, *R*², *r*, *G*, *U*, *N*, χ^2 (italics, superscripts non-italics); but use roman for: df, SD, SE, SEM, CI, two-way ANOVA, ns
- Dates: 10 December 1997; Times: 0930 h, 2130 h
- Latitude and Longitude are expressed as: 10°34’21” N, 14°26’12” W
- Above sea level is expressed as: asl
- Regions: SE Asia, UK (no periods), but note that U.S.A. includes periods.
- Geographical place names should use the English spelling in the text (Zurich, Florence, Brazil), but authors may use their preferred spelling when listing their affiliation (Zürich, Firenze, Brasil).
- Lists in the text should follow the style: ... : (1)... ; (2)...; and (3)..., as in, “The aims of the study were to: (1) evaluate pollination success in *Medusagyne oppositifolia*; (2) quantify gene flow between populations; and (3) score seed set.”
- Each reference cited in text must be listed in the Literature Cited section, and vice versa. Double check for consistency, spelling and details of publication, including city and country of publisher.
- For manuscripts ACCEPTED for publication but not yet published, cite as Yaz (in press) or (Yaz, in press). Materials already published online can be cited using the digital object identifier (doi)
- Literature citations in the text are as follows:
One author: Yaz (1992) or (Yaz 1992)
Two authors: Yaz and Ramirez (1992); (Yaz & Ramirez 1992)
Three or more authors: Yaz et al. (1992), but include ALL authors in the literature cited section.
- Cite unpublished materials or papers not in press as (J. Yaz, pers. obs.) or (J. Yaz, unpubl. data). Initials and last name must be provided. ‘In prep’ or ‘submitted’ are NOT acceptable, and we encourage authors not to use ‘pers. obs.’ or ‘unpubl. data’ unless absolutely necessary. Personal communications are cited as (K. A. Liston, pers. comm.).

- Use commas (Yaz & Taz 1981, Ramirez 1983) to separate citations, BUT use semicolon for different types of citations (Fig. 4; Table 2) or with multiple dates per author (Yaz et al. 1982a, b; Taz 1990, 1991). Order references by year, then alphabetical (Azy 1980, Yaz 1980, Azy 1985).
- Assemble manuscripts in this order:
 - Title page
 - Abstract (s)
 - Key words
 - Text
 - Acknowledgments (spelled like this)
 - Literature cited
 - Tables
 - Appendix (when applicable)
 - Figure legends (one page)
 - Figures
- For the review purpose, submit the entire manuscript, with Tables, Figure legends and Figures embedded at the end of the manuscript text, as a Microsoft Word for Windows document (*.doc), or equivalent for Mac or Linux. Do NOT submit papers as pdf files.

II. Title Page

(Do not number the title page)

- Running heads two lines below top of page.
 - LRH: Yaz, Pirozki, and Peigh (may not exceed 50 characters or six author names; use Yaz et al.)
 - RRH: Seed Dispersal by Primates (use capitals; may not exceed 50 characters or six words)
- Complete title, flush left, near middle of page, Bold Type and Initial Caps, usually no more than 12 words.
- Where species names are given in the title it should be clear to general readers what type(s) of organism(s) are being referred to, either by using Family appellation or common name. For example: ‘Invasion of African Savanna Woodlands by the Jellyfish tree *Medusagyne oppositifolia*’, or ‘Invasion of African Savanna Woodlands by *Medusagyne oppositifolia* (Medusagynaceae)’
- Titles that include a geographic locality should make sure that this is clear to the general reader. For example: ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores, Indonesia’, and NOT ‘New Species of Hummingbird Discovered on Flores’.
- Below title, include author(s) name(s), affiliation(s), and unabbreviated complete address(es). Use superscript number(s) following author(s) name(s) to indicate current location(s) if different than above. In multi-authored papers, additional footnote superscripts may be used to indicate the corresponding author and e-mail address. Please refer to a current issue.
- At the bottom of the title page every article must include: Received ____; revision accepted ____ (BIOTROPICA will fill in dates.)

III. Abstract Page

(Page 1)

- Abstracts should be concise (maximum of 250 words for papers and reviews; 50 words for Insights; no abstract for Commentary). Include brief statements about the intent, materials and methods, results, and significance of findings. The abstract of Insights should emphasise the novelty and impact of the paper.
- Do not use abbreviations in the abstract.
- Authors are strongly encouraged to provide a second abstract in the language relevant to the country in which the research was conducted, and which will be published as online Supporting Information. This second abstract should be embedded in the manuscript text following the first abstract.
- Provide up to eight key words after the abstract, separated by a semi-colon (;). Key words should be listed alphabetically. Include location, if not already mentioned in the title. See style below. Key words should NOT repeat words used in the title. Authors should aim to provide informative key words-avoid words that are too broad or too specific.
- Key words: Melastomataceae; Miconia argentea; seed dispersal; Panama; tropical wet forest.-Alphabetized and key words in English only.

IV. Text

(Page 2, etc) See General Instructions above, or recent issue of BIOTROPICA (Section I).

- No heading for Introduction. First line or phrase of Introduction should be SMALL CAPS.
- Main headings are METHODS, RESULTS, and DISCUSSION: All CAPITALS and Bold. Flush left, one line.
- One line space between main heading and text
- Second level headings: SMALL CAPS, flush left, Capitalize first letter, begin sentence with em-dash, same line (e.g., INVENTORY TECHNIQUE.—The ant inventory...).
- Use no more than second level headings.
- Do not use footnotes in this section.
- References to figures are in the form of ‘Fig. 1’, and tables as ‘Table 1’. Reference to online Supporting Information is as ‘Fig. S1’ or ‘Table S1’.

V. Literature Cited

(Continue page numbering and double spacing)

- No ‘in prep.’ or ‘submitted’ titles are acceptable; cite only articles published or ‘in press’. ‘In press’ citations must be accepted for publication. Include journal or publisher.
- Verify all entries against original sources, especially journal titles, accents, diacritical marks, and spelling in languages other than English.
- Cite references in alphabetical order by first author's surname. References by a single author precede multi-authored works by the same senior author, regardless of date.
- List works by the same author chronologically, beginning with the earliest date of publication.
- Insert a period and space after each initial of an author's name; example: YAZ, A. B., AND B. AZY. 1980.
- Authors Names: use SMALL CAPS.

- Every reference should spell out author names as described above. BIOTROPICA no longer uses ‘emdash’ (—) to substitute previously mentioned authors.
- Use journal name abbreviations (see <http://www.bioscience.org/atlas/jourabbr/list.htm>). If in doubt provide full journal name.
- Double-space. Hanging indent of 0.5 inch.
- Leave a space between volume and page numbers and do not include issue numbers. 27: 3–12
- Article in books, use: AZY, B. 1982. Title of book chapter. In G. Yaz (Ed.). Book title, pp. 24–36. Blackwell Publications, Oxford, UK.
- Dissertations, use: ‘PhD Dissertation’ and ‘MSc Dissertation’.

VI. Tables

(Continue page numbering)

- Each table must start on a separate page, double-spaced. The Table number should be in Arabic numerals followed by a period. Capitalize first word of title, double space the table caption. Caption should be italicized, except for words and species names that are normally in italics.
- Indicate footnotes by lowercase superscript letters (^a, ^b, ^c, etc.).
- Do not use vertical lines in tables.
- Ensure correct alignment of numbers and headings in the table (see current issues)
- Tables must be inserted as a Word table or copy and pasted from Excel in HTML format.

91

VII. Figure Legends

(Continue page numbering)

- Double-space legends. All legends on one page.
- Type figure legends in paragraph form, starting with ‘FIGURE’ (uppercase) and number.
- Do not include ‘exotic symbols’ (lines, dots, triangles, etc.) in figure legends; either label them in the figure or refer to them by name in the legend.
- Label multiple plots/images within one figure as A, B, C etc, as in ‘FIGURE 1. Fitness of *Medusagyne oppositifolia* as indicated by (A) seed set and (B) seed viability’, making sure to include the labels in the relevant plot.

VIII. Preparation of Illustrations or Graphs

Please consult <http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/illustration.asp> for detailed information on submitting electronic artwork. We urge authors to make use of online Supporting Information, particularly for tables and figures that do not have central importance to the manuscript. If the editorial office decides to move tables or figures to SI, a delay in publication of the paper will necessarily result. We therefore advise authors to identify material for SI on submission of the manuscript.

- Black-and-white or half-tone (photographs), drawings, or graphs are all referred to as ‘Figures’ in the text. Consult editor about color figures. Reproduction is

virtually identical to what is submitted; flaws will not be corrected. Consult a recent issue of BIOTROPICA for examples.

- If it is not possible to submit figures embedded within the text file, then submission as *.pdf, *.tif or *.eps files is permissible.
- Native file formats (Excel, DeltaGraph, SigmaPlot, etc.) cannot be used in production. When your manuscript is accepted for publication, for production purposes, authors will be asked upon acceptance of their papers to submit:
 - Line artwork (vector graphics) as *.eps, with a resolution of > 300 dpi at final size
 - Bitmap files (halftones or photographs) as *.tif or *.eps, with a resolution of >300 dpi at final size
- Final figures will be reduced. Be sure that all text will be legible when reduced to the appropriate size.
Use large legends and font sizes. We recommend using Arial font (and NOT Bold) for labels within figures.
- Do not use negative exponents in figures, including axis labels.
- Each plot/image grouped in a figure or plate requires a label (e.g., A, B). Use upper case letters on grouped figures, and in text references.
- Use high contrast for bar graphs. Solid black or white is preferred.

IX. Insights (up to 2000 words)

Title page should be formatted as with Papers (see above)

- No section headings.
- Up to two figures or tables (additional material can be published as online Supporting Information).

92

X. Appendices

- We do NOT encourage the use of Appendices unless absolutely necessary. Appendices will be published as online Supporting Information in almost all cases.
- Appendices are appropriate for species lists, detailed technical methods, mathematical equations and models, or additional references from which data for figures or tables have been derived (e.g., in a review paper). If in doubt, contact the editor.
- Appendices must be referred to in the text, as Appendix S1. Additional figures and tables may be published as SI (as described above), but these should be referred to as Fig. S1, Table S1.
- Appendices should be submitted as a separate file.
- The editor reserves the right to move figures, tables and appendices to SI from the printed text, but will discuss this with the corresponding author in each case.

English Editorial Assistance

Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English and to prepare the manuscript in accordance with the journal style. Biotropica provides this service at the cost of US\$ 25, - per hour. Please contact the Biotropica office at Biotropica@env.ethz.ch if you wish to make use of this service. The service is paid for

by the author and use of a service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Manuscripts that are scientifically acceptable but require rewriting to improve clarity and to conform to the Biotropica style will be returned to authors with a provisional acceptance subject to rewriting. Authors of such papers may use the Biotropica editing service at the cost of US\$ 25, - per hour for this purpose.

Most papers require between two to four hours, but this is dependent on the work required. Authors will always be contacted should there be any uncertainty about scientific meaning, and the edited version will be sent to authors for final approval before proceeding with publication.

Questions? Please consult the online user's guide at Manuscript Central first before contacting the editorial office

Phone: 0041 44 632 89 45

Editor's Phone: 0041 44 632 86 27

Fax: 0041 44 632 15 75

biotropica@env.ethz.ch

Please use this address for all inquiries concerning manuscripts and editorial correspondence.