



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO  
AMBIENTE - PPGSHMA**

**JORDANY GOMES DA SILVA**

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA ASSEMBLEIA DE  
DROSOFILÍDEOS (DIPTERA, INSECTA) NO DOMÍNIO  
DA FLORESTA ATLÂNTICA NA REGIÃO NORDESTE  
DO BRASIL**

**Vitória de Santo Antão**

**2014**

**JORDANY GOMES DA SILVA**

**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA ASSEMBLEIA DE  
DROSOFILÍDEOS (DIPTERA, INSECTA) NO DOMÍNIO DA  
FLORESTA ATLÂNTICA NA REGIÃO NORDESTE DO  
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em **Saúde Humana e Meio Ambiente**.

Área de Concentração: Saúde e Ambiente.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Cristina Lauer Garcia

Coorientadora: Profa. Dra. Cláudia Rohde

**Vitória de Santo Antão**

**2014**

Catálogo na Fonte  
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.  
Bibliotecária Ana Ligia Feliciano dos Santos, CRB4: 2005

S586e Silva, Jordany Gomes da.  
Efeitos da urbanização na assembleia de drosofilídeos (diptera, insecta) no domínio da floresta atlântica na região nordeste do Brasil./ Jordany Gomes da Silva. Vitória de Santo Antão: O Autor, 2014.  
iii, 56 folhas: il.; garf., tab.

Orientador: Ana Cristina Lauer Garcia.  
Co-orientador: Cláudia Rohde.  
Dissertação (Mestrado em Saúde Humana e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Saúde Humana e Meio Ambiente, 2014.  
Inclui bibliografia.

1. Meio Ambiente. 2. Fatores Abióticos. 3. Urbanização. I. Garcia, Ana Cristina Lauer (Orientador). II. Rohde, Cláudia (Co-orientador). III. Título.

363.7 CDD (23.ed.)

**BIBCAV/UFPE-014/2014**

Dissertação de Mestrado apresentada por **Jordany Gomes da Silva** à Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título “**EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA ASSEMBLEIA DE DROSOFILÍDEOS (INSECTA, DIPTERA) NO DOMÍNIO DA FLORESTA ATLÂNTICA, REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**”, orientada pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Lauer Garcia e Coorientada pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Claudia Rohde, aprovada no dia 27 de fevereiro de 2014 pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

---

**Dr. André Maurício Melo dos Santos**  
Núcleo de Biologia/CAV-UFPE

---

**Dr.<sup>a</sup> Mônica Lúcia Adam**  
Núcleo de Educação Física/CAV-UFPE

---

**Dr. José Ferreira dos Santos**  
Departamento de Genética/UFPE

Autor

---

**Jordany Gomes da Silva**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE**

**JORDANY GOMES DA SILVA**

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. José Ferreira dos Santos  
Departamento de Genética/ UFPE

---

Prof. Dra. Monica Lúcia Adam  
Centro Acadêmico de Vitória/ UFPE

---

Prof. Dr. André Maurício Melo Santos  
Centro Acadêmico de Vitória/ UFPE

A todos que de fato estiveram comigo nesta longa caminhada. Em especial a minha mãe Maria do Socorro, minha esposa Daniela Gomes e minha irmã Aleksandra Maria, por todo apoio no decorrer desses anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente desejo agradecer a DEUS por todas as obras e milagres em minha vida e por estar sempre presente nas horas de angústias. Gostaria nesse momento de demonstrar minha gratidão a todos que me apoiaram durante a execução de meu mestrado. Às minhas orientadoras Ana Lauer Garcia e Cláudia Rohde pela orientação e contribuição generosa à minha formação. Ao professor Martin Montes pelo grande apoio oferecido durante as coletas e as análises dos dados. À Danúbia Guimarães Silva, aluna de iniciação científica, pelo seu apoio técnico-científico. Ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Humana e Meio Ambiente do Centro Acadêmico de Vitória na Universidade Federal de Pernambuco. À FACEPE pelo auxílio financeiro e o seu compromisso com a pesquisa. Aos meus amigos do Laboratório de Genética do Centro Acadêmico de Vitória – CAV, em especial à Geórgia e Janaína que me ajudaram no processo de identificação dos drosofilídeos. A toda a minha família, a minha mãe e minha irmã. Por fim a todos que colaboraram para a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	6
<b>LISTA DE TABELAS</b>	7
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	8
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	9
<b>RESUMO</b>	10
<b>ABSTRACT</b>	11
<b>CAPÍTULO 1</b>	12
<b>1.1 Introdução</b>	12
<b>1.2 Objetivos</b>	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
<b>1.3 Revisão da Literatura</b>	14
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>Relações entre os drosofilídeos (Insecta, Diptera) e o ambiente em duas áreas com diferentes níveis de conservação no domínio da Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil</b>	25
<b>2.1. Resumo</b>	26
<b>2.2 Abstract</b>	27
<b>2.3 Introdução</b>	28
<b>2.4 Material e Métodos</b>	29
<b>2.5 Resultados</b>	34
<b>2.6 Discussão</b>	40
<b>2.7 Referências Bibliográficas</b>	44
<b>CONCLUSÕES</b>	48
<b>REFERÊNCIAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	57

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

- Figura 1 Mapa do Brasil representando o domínio original de Floresta Atlântica e seus remanescentes atuais. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto de Pesquisas Espaciais e Instituto Socioambiental (2010). Pg 15
- Figura 2 Mapa com as sub-regiões da Floresta Atlântica baseado em áreas de endemismo de pássaros, borboletas e primatas, conforme proposto por Silva e Casteleti (2003). Abreviação para os nomes dos estados brasileiros AL = Alagoas, BA = Bahia, CE = Ceará, ES = Espírito Santo, GO = Goiás, MA = Maranhão, MG = Minas Gerais, MS = Mato Grosso do Sul, PE = Pernambuco, PB = Paraíba, PI = Piauí, PR = Paraná, RN = Rio Grande do Norte, RS = Rio Grande do Sul, SC = Santa Catarina, SE = Sergipe, SP = São Paulo, TO = Tocantins. Figura extraída de Ribeiro *et al.* (2009). Pg 18

### Capítulo 2

- Figura 1 Figura 1. A) Mapa do Brasil com destaque em cinza para a região Nordeste e em preto para o Estado de Pernambuco, onde está localizada, na zona litorânea, a cidade de Recife. C) Imagem de satélite dos dois locais de amostragem de drosofilídeos, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). Fonte Google Earth 2013. Pg 31
- Figura 2 Temperatura média, umidade relativa média e pluviosidade no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) durante as amostragens de drosofilídeos realizadas entre maio de 2012 e abril de 2013. Pg 32
- Figura 3 Variação temporal das abundâncias absolutas das espécies de drosofilídeos nativas e exóticas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) entre maio de 2012 e abril de 2013. Pg 36
- Figura 4 Variação temporal das abundâncias absolutas das espécies de drosofilídeos nativas e exóticas mais representativas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) entre maio de 2012 e abril de 2013. Pg 38

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

- Tabela 1      Lista das espécies nativas e exóticas de drosofilídeos coletadas entre maio de 2012 e abril de 2013 no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). N= número de indivíduos.      Pg 35
- Tabela 2      Resultado dos testes de correlação de Pearson (r), valor de significância (p) e avaliação qualitativa da correlação para três variáveis abióticas (temperatura, umidade e pluviosidade) com as espécies nativas (*D. nebulosa*, *D. paulistorum*, *D. prosaltans*, *D. sturtevanti* e *D. willistoni*) e exóticas (*D. ananasse*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans* e *Z. indianus*) coletadas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). Em cinza estão destacados os testes onde foram observadas correlações com  $p < 0,05$  (\*).      Pg 39

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus centígrados
r	Índice de correlação de Pearson
S	Número de espécies
N	Número de indivíduos
mm	Milímetros de chuva

## LISTA DE ABREVIATURAS

RUR	Universidade Federal Rural de Pernambuco
DOI	Reserva Ecológica de Dois Irmãos
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MMA	Ministério do Meio Ambiente
CEP	Centro de Endemismo de Pernambuco
AL	Alagoas
BA	Bahia
CE	Ceará
ES	Espirito Santo
GO	Goiás
MA	Maranhão
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
PE	Pernambuco
PB	Paraíba
PI	Piauí
PR	Paraná
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SE	Sergipe
SP	São Paulo
TO	Tocantins
CDB	Convenção sobre diversidade biológica
KOH	Hidróxido de Potássio
APAC	Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas da Agência Pernambucana de Águas e Clima

## RESUMO

A substituição de áreas florestais por paisagens urbanas é um evento que vêm ocorrendo com rapidez por todo o mundo, de modo que um desafio fundamental para a conservação é entender como isso afeta a biodiversidade e a abundância das espécies. Dentro deste contexto as moscas da Família Drosophilidae apresentam-se como excelentes modelos de estudo. Tal argumento se sustenta no fato de serem insetos pequenos, de fácil captura, abundantes na natureza e sensíveis a pequenas modificações ambientais, o que acaba se refletindo no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies que ocupa um determinado habitat. No presente estudo foram investigadas a abundância e a riqueza de drosofilídeos em duas áreas com diferentes níveis de conservação no domínio da Floresta Atlântica, na sub-região denominada de Centro de Endemismo de Pernambuco (CEP). O CEP é um dos setores do bioma com menor área remanescente, além de ser o mais desmatado, o menos estudado e o menos protegido por ações conservacionistas. O estudo consistiu em um ano de amostragem, com coletas mensais em cada área, sendo colocadas, em cada coleta, 10 armadilhas com isca de banana para a atração dos drosofilídeos. Foram coletados 52.516 drosofilídeos distribuídos em 44 espécies. O ambiente mais urbanizado, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) foi o que apresentou a maior riqueza de espécies, 41, contra 29 observadas no ambiente mais preservado, a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). A explicação para tal resultado é discutida e comparada com outros estudos. Em DOI foi observada maior abundância de espécies nativas, destacando-se a presença de *Drosophila willistoni* e *D. paulistorum*. Em RUR as espécies exóticas *D. malerkotliana* e *Zaprionus indianus* foram as mais abundantes, embora a primeira espécie também tenha sido a mais abundante em DOI. A maior abundância de espécies exóticas em ambientes mais urbanizados corrobora o que foi encontrado em outros estudos com amostragens de drosofilídeos. No presente estudo também foram acompanhadas mensalmente as oscilações de abundância das populações mais representativas. Para tanto, foram utilizadas variáveis abióticas para compreender os picos de abundância das diferentes espécies nestes dois ambientes. Os resultados mostram que os drosofilídeos são excelentes indicadores quando se pretende avaliar o estado de conservação de determinados ambientes na Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil.

**Palavras-Chave:** Centro de Endemismo de Pernambuco, espécies exóticas e nativas, fatores abióticos, riqueza, urbanização.

## ABSTRACT

The replacement of forest areas by urban landscapes is an event coming rapidly spreading throughout the world, thus a key challenge for conservation is to understand how this affects the biodiversity and abundance of species. In this context flies that comprise the Family Drosophilidae are excellent models for the study. This argument is supported by the fact that they are small insects, easy to catch, abundant in nature and sensitive to small environmental changes, which ultimately reflected in the size of natural populations and also in diversity of species occupying a given habitat. In the present study we investigated the abundance and diversity of drosophilid in two areas with different levels of conservation at the Atlantic Forest, in the sub -region called Pernambuco Endemism Center. This area is one of the sectors of the biome with the lowest remaining area, besides being the most deforested, the most unknown and most unprotected by conservation actions. The study consisted of one year of sampling, with monthly collections in each area, being placed in each collecting 10 traps baited with banana to catch drosophilids. A total of 52,516 drosophilids were collected distributed in 44 species. The urbanized environment, Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR), was presented the highest species richness 41 against 29 observed in the more preserved the environment, the Ecological Reserve of Dois Irmãos (DOI). The explanation for this result is discussed and compared with other studies. Greater abundance of native species occurred in DOI, highlighting the presence of *Drosophila willistoni* and *D. paulistorum*. In RUR exotic species *D. malerkotliana* and *Zaprionus indianus* were the most abundant, although the first species has also been the most abundant in DOI. The greater abundance of exotic species in more urbanized environments corroborates what was found in other studies with samples of drosophilids. In the present study we also accompany monthly fluctuations of abundance of the most representative populations . Abiotic variables we use to understand the peaks of abundance of different species in these two environments. Our results show that drosophilids are excellent indicators to assess the conservation status of certain environments in the Atlantic Forest of Northeast Brazil .

**Keywords:** Abiotic factors, Endemism Center of Pernambuco, exotic and native species, richness, urbanization.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Introdução

A Floresta Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade do mundo e um dos que mais sofre com a ação antrópica. Suas diversas paisagens se encontram drasticamente degradadas e fragmentadas em decorrência do processo de ocupação do território nacional ocorrido ao longo dos últimos cinco séculos. No Brasil a Floresta Atlântica encontra-se reduzida a menos de 8% da sua área original e contém várias espécies ainda desconhecidas. Sua porção ao norte do Rio São Francisco, o Centro de Endemismo Pernambuco, possui atualmente menos de 2% de sua área original.

O Censo Populacional de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) registrou aproximadamente 120 milhões de pessoas vivendo na área de domínio original da Floresta Atlântica. Para esta população os remanescentes florestais assumem um papel fundamental, regulando o clima, a temperatura, a umidade, as chuvas, assegurando a fertilidade do solo e protegendo escarpas e encostas de morros.

As modificações causadas pelo contínuo crescimento da população humana em áreas de floresta nativa têm levado à destruição, fragmentação e ao isolamento de habitats naturais, com conseqüente prejuízo para a biodiversidade, aumentando a importância das áreas remanescentes como refúgio para a fauna e flora. Este crescimento urbano, direta ou indiretamente, afeta a estrutura e a função dos ecossistemas naturais, devido às mudanças que ocasionam na superfície do solo, no fluxo de energia e na disponibilidade de nutrientes.

As alterações geradas pelos efeitos da urbanização sobre a estrutura florestal interferem também na composição biótica. O estabelecimento e a manutenção de espécies estão relacionados com as mudanças estruturais e microclimáticas nos fragmentos florestais. Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos da urbanização nos ecossistemas, nas comunidades, nas espécies e nas populações.

Devido à ampla devastação da Floresta Atlântica pelo processo de urbanização e à riqueza notória de sua fauna e de sua flora, são necessários estudos que permitam conhecer melhor a diversidade neste bioma e acompanhar os efeitos que a ocupação humana causa sobre os ambientes naturais. Neste sentido, os insetos são um grupo muito especial para estudo, de modo especial os representantes da Família Drosophilidae, por serem moscas pequenas, de fácil captura na natureza, numerosos, com ciclo de vida curto, além de serem extremamente sensíveis a modificações ambientais.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Avaliar diferenças em parâmetros ecológicos na assembleia de drosofilídeos em ambientes com diferentes níveis de conservação em áreas de domínio da Floresta Atlântica na sub-região do Centro de Endemismo de Pernambuco.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

(1) Avaliar a abundância e a riqueza de drosofilídeos, ao longo de um ano de amostragem, em um ambiente de Floresta Atlântica mais preservado, a Reserva Ecológica de Dois Irmãos e outro mais afetado pela ação antrópica, o Campus Sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

(2) Identificar as espécies nativas e exóticas de drosofilídeos nos dois ambientes investigados.

(3) Relacionar as diferenças encontradas nos parâmetros ecológicos entre o ambiente mais preservado e o mais alterado com os fatores abióticos como pluviosidade, temperatura e umidade.

### 1.3 Revisão da Literatura

A Floresta Atlântica é uma das regiões de maior diversidade biológica do planeta, abrigando muitas espécies endêmicas e, constituindo, por isso, uma das prioridades para a conservação em todo o mundo. O relevo da Floresta Atlântica é, em grande parte, responsável por sua biodiversidade única, com altitudes variando desde o nível do mar até mais de 2.700 metros (CUNHA, GUEDES, 2013).

Este bioma tem uma constituição de densas comunidades arbóreas que apresentam como principais características a ocorrência de árvores de até 35 metros, entremeadas por diversos estratos inferiores constituídos por arvoretas e arbustos e uma grande riqueza de epífitas (KLEIN, 1978). A Floresta Atlântica constitui um complexo mosaico de diferentes formações florestais e ecossistemas associados, como as restingas, os manguezais e os campos de altitudee com relevos diversos, desde as planícies, planaltos e cânions do sul do Brasil, passando pelos mares de morros e escarpas do sudeste, chegando aos brejos de altitude e as hoje raras florestas de terras baixas do nordeste (CUNHA, GUEDES, 2013).

Historicamente, a área ocupada pela Floresta Atlântica se estendia por quase 30 graus de latitude, com aproximadamente 1,3 milhões de quilômetros quadrados, em 17 estados brasileiros, ocupando aproximadamente 15% do território nacional, além de avançar em porções da Argentina e Paraguai. Em decorrência do intenso processo de ocupação de seu território, ao longo dos últimos séculos, sua área florestal foi reduzida a aproximadamente 26% considerando todos os países em que ocorre, restando no Brasil menos de 8% da cobertura original, formada por pequenos fragmentos, em níveis avançados de degradação, pulverizados e isolados em paisagens antropizadas (IBAMA, 2010). A Figura 1 ilustra as áreas com remanescentes de Floresta Atlântica no Brasil.

Mesmo reduzida e fragmentada, a Floresta Atlântica ainda apresenta uma impressionante riqueza de espécies da flora e fauna. As projeções são de que possua cerca de 20.000 espécies de plantas, ou seja, entre 33% e 36% das existentes no país. Em relação à fauna os levantamentos indicam que este bioma abriga 849 espécies de aves, 370 de anfíbios, cerca de 350 espécies de peixes, 270 de mamíferos e 200 espécies de répteis. Por outro lado, a Floresta Atlântica abriga também o maior número de espécies ameaçadas: são 185 espécies de vertebrados (69,8% do total de espécies ameaçadas no Brasil), dos quais 118 aves, 38 mamíferos, 16 anfíbios e 13 répteis. Das 472 espécies da flora brasileira que constam na Lista Oficial de Espécies ameaçadas de Extinção, 276 espécies (mais de 50%) são da Floresta Atlântica (CAMPANILI; WILGOD, 2010).

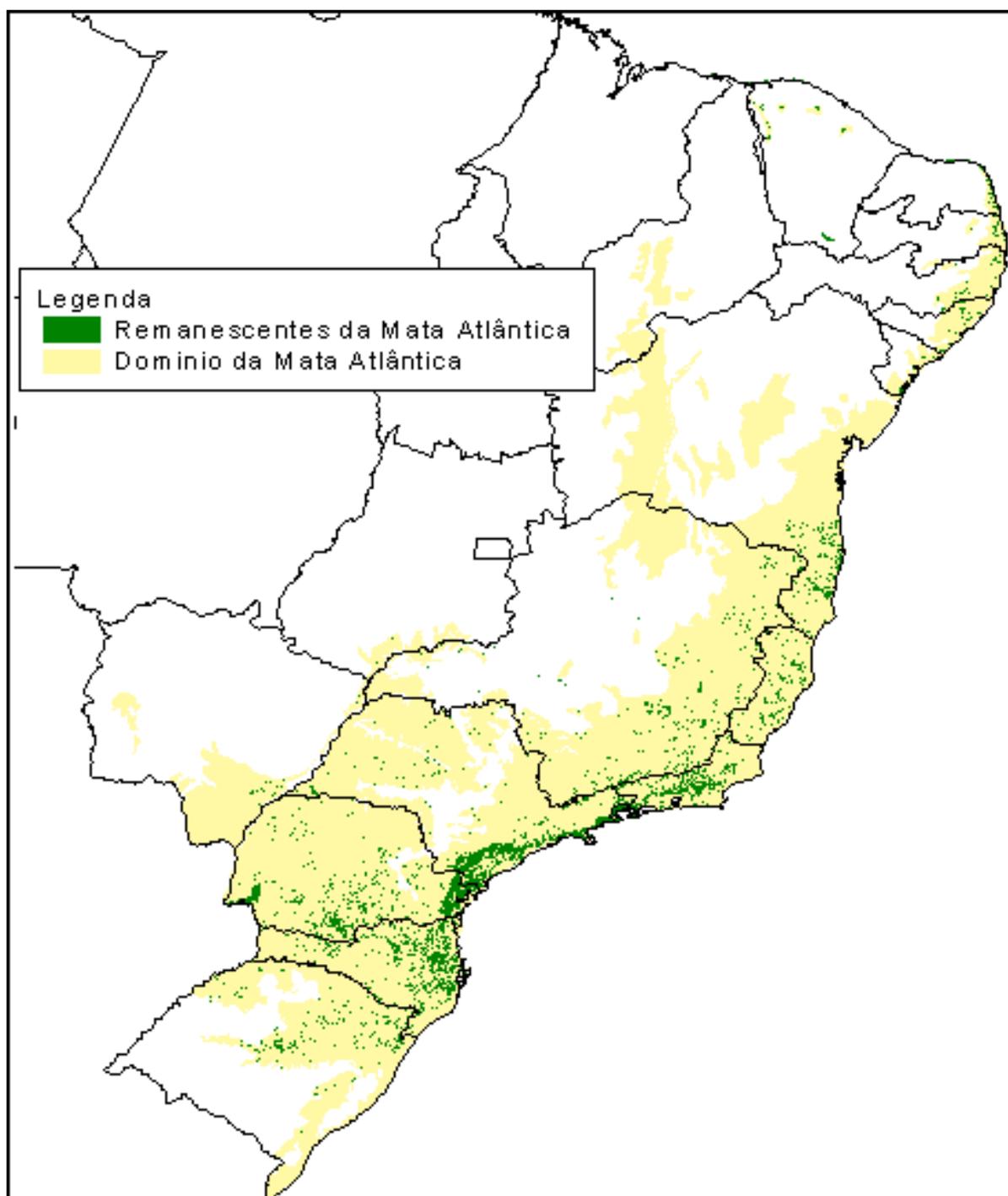


Figura 1. Mapa do Brasil representando o domínio original de Floresta Atlântica e seus remanescentes atuais. Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto de Pesquisas Espaciais e Instituto Socioambiental (2010).

A Floresta Atlântica está composta, principalmente, por florestas do tipo: ombrófilas densas, ombrófila abertas, ombrófila mistas, estacionais semidecíduais e decíduais.

A floresta ombrófila densa está situada na vertente oceânica das serranias ao longo da cordilheira Atlântica ou em áreas próximas ao oceano sob influência das massas de ar úmidas que entram no continente provindas do mar. Este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos, lianas lenhosas e epífitas (em abundância), que o diferencia das outras classes de formações (VELOSO *et al.* 1991; IBGE, 1992). Os ambientes de Floresta ombrófila densa apresentam temperaturas elevadas, em média 25°C, e chuvas bem distribuídas com médias anuais em torno de 1.500 mm, com grande disponibilidade de umidade (VELOSO *et al.*, 1991). Este tipo de formação abrange as seguintes faixas altitudinais: floresta ombrófila densa das terras baixas (altitudes inferiores a 50 metros); densa submontana (em encostas das serras entre 50 e 500 metros de altitude); densa montana (em locais entre 500 e 1.000 metros de altitude) e densa alto – montana (altitudes superiores a 1.000 metros). A floresta ombrófila densa apresenta a maior distribuição latitudinal dentro do bioma, estando presente em toda a faixa litorânea, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (VELOSO *et al.*, 1991).

A floresta ombrófila aberta é uma fisionomia florestal composta de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso e caracterizado ora pelas fanerófitas, ora pelas lianas lenhosas. Ocorre em clima que pode apresentar um período com mais de dois e menos de quatro meses secos, com temperaturas médias entre 24°C e 25°C. Dentro dos limites da Floresta Atlântica, a floresta ombrófila aberta é encontrada somente em pequenos fragmentos de vegetação secundária nos estados de Alagoas e Pernambuco, e na região sudeste nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (IBGE, 2004).

A floresta ombrófila mista ocorre exclusivamente no planalto meridional Brasileiro, com disjunções em áreas elevadas das serras do Mar e da Mantiqueira. Apresenta temperatura média de 18°C, com alguns meses bastante frios, tendo de três a seis meses com médias inferiores aos 15°C. Atualmente menos de 3% da área original sobrevive nos planaltos do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e em maciços descontínuos, nas partes mais elevadas de São Paulo, Rio de Janeiro e Sul de Minas (COIMBRA FILHO, 1984). As formações arbóreas do Planalto meridional refletem situações específicas de duas floras que aí se encontram: a tropical afro-brasileira e a temperada austro-brasileira. A floresta ombrófila mista também é conhecida como Mata de Araucária, pois o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) constitui o andar superior da floresta, com sub-bosque bastante denso (IBAMA, 2004).

A floresta estacional semidecidual, ou floresta tropical subcaducifólia (VELOSO *et al.*, 1991) ou ainda, Floresta Estacional Mesófila Semidecídua (RIZZINI, 1963) apresenta uma formação transicional entre as florestas de encosta litorâneas e as formações não florestais de interior. Às vezes ocorre como uma mata densa, com altura das árvores entre 25 e 30 metros, apresentando no sub-bosque espécies de bromélias, samambaias e diversas espécies de lianas. A nomenclatura estacional tem como base as condições temporais, caracterizada por uma alternância de um período chuvoso com outro seco, o que se relaciona com a presença de vegetação arbórea que perde as folhas (caducifólios) durante o inverno, ou estação seca. A porcentagem de indivíduos caducifólios varia de 50 a 80% (RIZZINI *et al.*, 1988). Esse fenômeno de queda foliar tem sido atribuído a fatores como disponibilidade de água, baixa temperatura e disponibilidade de nutrientes (OLIVEIRA-FILHO, MACHADO, 1993). A floresta estacional semidecidual também é conhecida como Mata de Interior e ocorre no Planalto brasileiro, nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Alguns enclaves ocorrem no Nordeste, como nos estados da Bahia e Piauí (VELOSO *et al.*, 1991).

A floresta estacional decidual é caracterizada como produto de duas estações climáticas bem demarcadas, uma chuvosa seguida de longo período seco. Apresenta estrato arbóreo que varia de 15 a 25 m. A grande maioria das árvores são eretas, com alguns indivíduos emergentes. Nesta formação, mais de 80% dos indivíduos e espécies são despidos de folhagem no período desfavorável (RIZZINI *et al.*, 1988). Na época de seca a cobertura arbórea pode ser inferior a 50% e na época chuvosa de 50 a 70% (SANO; ALMEIDA, 1998). A floresta estacional decidual ocorre principalmente na Bahia e no nordeste de Minas Gerais, na faixa de transição com o bioma Caatinga, além do sul do país, em áreas mais temperadas ou mais secas (CAMPANILI; WILGOD, 2010).

No Brasil a Floresta Atlântica está dividida em oito sub-regiões definidas com base na presença de pelo menos duas espécies endêmicas com distribuições sobrepostas: os Brejos Nordestinos, São Francisco, Diamantina, Bahia, Serra do Mar, Florestas de Interior, Florestas de Araucária e Pernambuco (SILVA, CASTELETTI, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2009), Figura 2. Dentre estas sub-regiões, Pernambuco, também chamada de “Centro de Endemismo Pernambuco” (CEP), apresenta entre suas formações as florestas ombrófilas densas de terras baixas ao longo da costa dos estados de Alagoas, Paraíba e Pernambuco (VELOSO *et al.*, 1991).

Do ponto de vista biogeográfico, o CEP é a chave para a compreensão da evolução das biotas Amazônica e Atlântica, pois foi através desta região que as trocas bióticas entre

as duas grandes áreas de florestas sul-americanas ocorreram durante o Cenozóico (PRANCE, 1982).

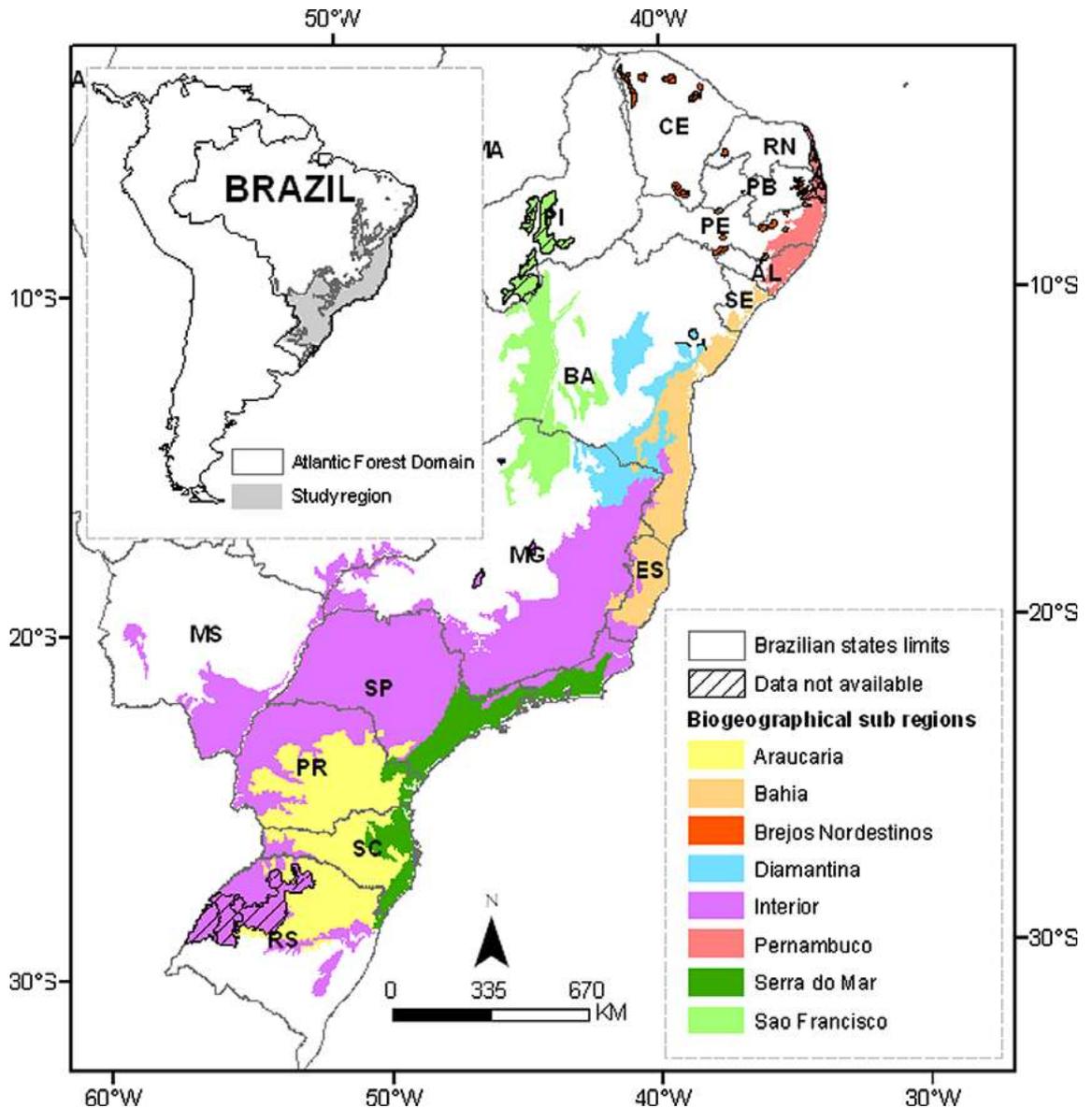


Figura 2. Mapa com as sub-regiões da Floresta Atlântica baseado em áreas de endemismo de pássaros, borboletas e primatas, conforme proposto por Silva e Casteleti (2003). Abreviação para os nomes dos estados brasileiros AL = Alagoas, BA = Bahia, CE = Ceará, ES = Espírito Santo, GO = Goiás, MA = Maranhão, MG = Minas Gerais, MS = Mato Grosso do Sul, PE = Pernambuco, PB = Paraíba, PI = Piauí, PR = Paraná, RN = Rio Grande do Norte, RS = Rio Grande do Sul, SC = Santa Catarina, SE = Sergipe, SP = São Paulo, TO = Tocantins. Figura extraída de Ribeiro *et al.* (2009).

Além das espécies endêmicas, o CEP possui mais de 50% de todas as espécies de aves que ocorrem na Floresta Atlântica brasileira e pelo menos 8% de todas as espécies de plantas lenhosas desta floresta. Comparado com outros setores da Floresta Atlântica, o

CEP é o mais desmatado, o mais desconhecido e o menos protegido por estratégias conservacionistas (SILVA, TABARELLI, 2001). A área original de Floresta Atlântica no CEP era de 56.400,8 km<sup>2</sup>, restando somente 2.124 km<sup>2</sup> de florestas em razoável estado de conservação (dados de 1990). Estes remanescentes, entretanto, estão distribuídos em pequenos fragmentos (SILVA, TABARELLI, 2000), quase não havendo mais grandes extensões florestais, como ainda se pode observar na Floresta Atlântica do sul e sudeste do Brasil (BROWN, BROWN, 1992; LIMA, CAPOBIANCO, 1997). A destruição da floresta no CEP é muito antiga, sendo uma consequência de ciclos econômicos como o do pau-brasil, o ciclo do gado e o da cana-de-açúcar (COIMBRA FILHO; CÂMARA, 1996).

O desmatamento tem sido considerado a mais séria ameaça à diversidade biológica e a causa primária da atual crise de extinções (WILCOX E MURPHY 1985, WILCOVE ET AL. 1986, LEITÃO-FILHO, 1994). O processo de fragmentação ocasionado pela retirada das áreas florestais pode ser descrito como tendo dois componentes simultâneos, a perda de hábitat (redução de sua área total, que afeta primariamente os tamanhos populacionais e, assim, as taxas de extinção) e o crescente isolamento dos remanescentes (insularização, que afeta primariamente a dispersão, e assim, as taxas de migração). Estes dois componentes vêm contribuindo para o declínio da diversidade biológica (WILCOX, MURPHY, 1985; WILCOVE ET AL., 1986; TERBORGH, 1992; TILMAN ET AL., 1994; GASCON ET AL., 2001).

A história das civilizações é acompanhada pela permanente exploração dos recursos naturais empreendida pelo homem. Nos primórdios dos tempos a capacidade de regeneração dos ambientes naturais era capaz de acompanhar o ritmo lento da urbanização. Com a população crescendo em escala exponencial, a regeneração já não consegue acompanhar o acelerado ritmo de exploração (EHRlich, 1986).

A perda de ambientes naturais é especialmente grave em relação à Floresta Atlântica (EHRlich, 1986). Este bioma se estende por grande parte do litoral brasileiro, sendo esta uma região muito nobre para a construção de centros urbanos, indústrias, comércio e residências. Vale salientar que todos os estados brasileiros que possuem Floresta Atlântica e praias no oceano Atlântico apresentam suas capitais dentro do domínio original deste bioma (INOUE, 1992).

Na área de domínio da Floresta Atlântica vivem aproximadamente 120 milhões de brasileiros que dependem diretamente deste bioma para a sua qualidade de vida. Os remanescentes de floresta são responsáveis por regular o fluxo dos mananciais hídricos, assegurar a fertilidade do solo, controlar o clima e proteger da erosão escarpas e encostas das serras (CAMPANILI; WIGOLD, 2013).

O desmatamento da Floresta Atlântica para atender às demandas da urbanização, chega a abalar todo o ecossistema onde a floresta tem papel preponderante. Com a derrubada indiscriminada de florestas pela ação antrópica, criam-se imensas modificações que sem dúvida destroem o equilíbrio do ecossistema. O desmatamento da Floresta Atlântica para atender às demandas da urbanização, chega a abalar todo o ecossistema onde a floresta tem papel preponderante. Com a derrubada indiscriminada de florestas pela ação antrópica, criam-se imensas modificações que sem dúvida destroem o equilíbrio do ecossistema. Dentro desta questão Ehrlich (1986) salienta que:

*“(...) ao se destruir uma floresta, inúmeros animais que dependem das árvores para alimentar-se e abrigar-se desaparecem. Com a remoção das grandes árvores, o solo fica exposto e sofre muito depressa os efeitos da erosão. A perda da camada superior do solo reduz sua capacidade de retenção de água, diminui o suprimento de água doce, causa deposição de lodo nos rios e lagos. O desflorestamento reduz a quantidade de água transferida do solo para a atmosfera pelas árvores, no processo de transpiração. Este fenômeno modifica os ventos do local, tornando-os usualmente mais áridos e sujeitos a grandes desníveis de temperatura”.*

O processo de urbanização implica também em alterações físicas e químicas do solo que levam a diminuição das áreas de infiltração da água, já que o concreto e o asfalto, muito comuns nas regiões urbanizadas, impermeabilizam grandes áreas do solo, o que permite o aumento da aridez (BRYSON, ROSS 1972; DANNI, 1980; LUCCHESI, 1994). Outros fatores resultantes da urbanização são as mudanças de temperatura, as quais frequentemente aumentam, devido a uma menor circulação do ar, ocasionadas pelas edificações, gerando, assim, ilhas térmicas (LUCCHESI, 1994; DANNI, 1980). Esses fatores produzem mudanças nos ciclos dos nutrientes, na estrutura espacial e nas características biológicas, gerando um grande desafio para os organismos que residem nos ambientes urbanizados (LUCCHESI, 1994).

O desmatamento para a criação de áreas urbanas gera ambientes com características bióticas e abióticas muito diferentes das encontradas no ambiente original. Neste novo habitat as espécies do ambiente natural anterior podem sobreviver, mas suas abundâncias podem ser alteradas, essa alteração pode chegar ao extremo de levar à extinção local de alguma espécie (SUKOPP, WERNER, 1991). Estudos em gradientes urbanos realizados para muitas taxa, tais como plantas (KOWARICK, 1995) e borboletas

(BLAIR, LAUNER, 1997), têm revelado que o número de espécies exóticas aumenta em direção a centros de urbanização, enquanto o número de espécies nativas diminui.

Uma espécie é considerada nativa quando ela é própria da região em que vive, ou seja, quando cresce dentro dos seus limites naturais incluindo a sua área potencial de dispersão (IAP, 2014). De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) uma espécie é classificada como exótica quando se encontra fora de sua área de distribuição natural. Outra classificação inclui a denominação espécie exótica invasora, definida como sendo aquela que ameaça ecossistemas, habitats ou espécies. Estas espécies, por suas vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais têm capacidade de se proliferar e invadir ecossistemas, sejam eles naturais ou antropizados (PIMENTEL *et al.*, 2001). As espécies exóticas invasoras são beneficiadas pela degradação ambiental, e são bem sucedidas em ambientes e paisagens alteradas (PIMENTEL *et al.*, 2001).

A urbanização acelera o processo de invasões biológicas (DISLICH, 2002). À medida que novos ambientes são colonizados e ocupados pelo homem, plantas e animais domesticados são transportados, proporcionando, para diversas espécies, condições de dispersão muito além de suas reais capacidades. Atualmente, graças aos meios de transporte aéreo, o fenômeno da dispersão de espécies ganhou velocidade e intensidade. Com a crescente globalização e o conseqüente aumento do comércio internacional, espécies exóticas são introduzidas, de forma intencional ou não, para locais onde não encontram inimigos naturais, tornando-se alguma delas mais eficientes que as espécies nativas no uso dos recursos (PIMENTEL *et al.*, 2001).

As espécies exóticas invasoras já contribuíram, desde o ano 1600, com 39% de todos os animais extintos, cujas causas são conhecidas. Mais de 120 mil espécies exóticas de plantas, animais e microrganismos foram introduzidas nos Estados Unidos da América, Reino Unido, Austrália, Índia, África do Sul e Brasil (PIMENTEL *et al.*, 2001). Tendo em vista o número de espécies que já invadiram esses seis países, estima-se que um total aproximado de 480 mil espécies exóticas já foram introduzidas nos diversos ecossistemas da Terra. Aproximadamente 20 a 30% dessas espécies são consideradas pragas e são responsáveis por grandes problemas ambientais (PIMENTEL *et al.*, 2001).

MCINTYRE *et al.* (2001) salientam que apesar da intensa destruição dos ambientes naturais e o grande impacto que isto representa para a diversidade biológica, os ecossistemas urbanos têm sido negligenciados em estudos ecológicos. Para atender a esta demanda, os insetos podem ser apontados como excelentes modelos de estudo. Em primeiro lugar, porque representam uma grande proporção da biodiversidade mundial e, em

segundo lugar, por desempenharem um papel essencial na manutenção dos ecossistemas (MCGEOCH, 1998; HILTY, MERELENDER, 2000).

Dentre os insetos, os drosofilídeos são, particularmente, escolhas lógicas para estudar os efeitos da urbanização. Este argumento se sustenta no fato de serem pequenos, de fácil captura, abundantes na natureza e sensíveis a pequenas modificações ambientais, o que acaba se refletindo no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies que ocupa um determinado habitat (POWELL, 1997). A alta sensibilidade dos drosofilídeos a pequenas modificações no ambiente e a rapidez de resposta em termos de crescimento populacional também é destacada por Martins (1987) como uma vantagem da utilização destes insetos em estudos ecológicos.

Alterações no habitat dos drosofilídeos podem ser causadas por fatores abióticos tais como umidade, pluviosidade, temperatura e insolação. Esses fatores, na maioria das vezes, afetam parâmetros vitais das espécies como a viabilidade, a fertilidade, o tempo de desenvolvimento dentre outros, os quais influenciam a taxa de aumento e sobrevivência das populações (PAVAN, 1959; POWELL, 1997). Alguns dos fatores bióticos que interferem na abundância destes insetos na natureza são a vegetação ao longo dos gradientes naturais e as mudanças associadas à latitude (TIDON-SKLORZ, SENE, 1999).

A família Drosophilidae (Diptera, Insecta) é composta por aproximadamente 4.000 espécies de pequenas moscas, as quais são conhecidas popularmente como “moscas do vinagre” (BÄCHLI, 2014). Dentre os gêneros que compõem a família, *Drosophila* destaca-se como o mais especioso, compreendendo cerca de 30% das espécies.

Os representantes da família Drosophilidae ocorrem em praticamente todas as regiões biogeográficas do mundo, ocupando os mais variados tipos de microambientes e alimentando-se principalmente de microorganismos, em especial leveduras, presentes em frutos em estágios iniciais de decomposição (TIDON-SKLORZ, SENE, 1999).

Desde a primeira década dos anos de 1900, os drosofilídeos são reconhecidos como modelo para estudos na área da genética. Entretanto, comparado ao grande volume de informações nesta área, são relativamente poucos os trabalhos que enfocam aspectos ecológicos desses insetos, embora, como já destacado, estes organismos se prestem muito bem para esta finalidade (POWELL, 1997).

Nos últimos anos tem crescido o número de inventários e estudos ecológicos nos quais tem sido avaliada a diversidade de insetos que compõem a família Drosophilidae (MATA *et al.*, 2008; BIZZO *et al.*, 2010; SCHMITZ *et al.*, 2010, VALADÃO *et al.*, 2010, EMERICH *et al.*, 2012). Esses trabalhos vêm demonstrando que a fauna de drosofilídeos brasileira é riquíssima em número de espécies e em variações regionais na distribuição

destas. No Brasil já foram registradas mais de 300 espécies da família Drosophilidae (GOTTSCHALK *et al.*, 2008). No entanto, em uma das regiões com maior número de levantamentos, o Estado de São Paulo, há estudos que indicam que cerca de metade das espécies desta região ainda não foram descritas (MEDEIROS, KLACZKO, 2004), evidenciando a quantidade de trabalho que os drosofilistas têm pela frente.

Vale ressaltar ainda que grande parte das espécies da família Drosophilidae que ocorrem no Brasil possuem poucos registros, sendo que muitas delas são conhecidas somente por suas localidades tipo (Val *et al.*, 1981; Gottschalk *et al.*, 2008). Este fato pode ser comprovado pelos registros inéditos de novas espécies em diversos estados ou regiões do país (DE TONI *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2009; HOCHMÜLLER *et al.*, 2010; ROHDE *et al.*, 2010).

Alguns estudos tem revelado a importância dos drosofilídeos como modelos promissores para a compreensão do impacto da urbanização sobre a biodiversidade nativa (PARSONS, 1991; POWELL, 1997, AVONDET *et al.*, 2003; FERREIRA, TIDON, 2005; GOTTSCHALK *et al.* 2007, GARCIA *et al.* 2012).

Valente e colaboradores, estudando drosofilídeos em gradientes de urbanização na cidade de Porto Alegre, têm revelado que a abundância de diferentes espécies se altera em áreas com diferentes níveis de urbanização. Outro efeito da urbanização visualizada pelos autores são as mudanças em termos dos tipos e das frequências de inversões cromossômicas dentro de uma mesma espécie em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal (BONORINO, VALENTE, 1989; VALENTE *et al.*, 1993; ROHDE, VALENTE 1996; VALIATI, VALENTE, 1997) .

Avondet *et al.* (2003) estudaram as comunidades de drosofilídeos ao longo de um gradiente de urbanização que se inicia em uma área florestal e termina na cidade de Oxford nos Estados Unidos. Estes autores observaram um aumento de espécies exóticas nas áreas mais urbanizadas. No Brasil, o mesmo foi observado por (FERREIRA, TIDON, 2005) avaliando o efeito da urbanização em áreas de Cerrado e por (GOTTSCHALK *et al.*, 2007; GARCIA *et al.* 2012) em áreas com diferentes níveis de conservação dentro do domínio da Floresta Atlântica na região sul do Brasil.

Entre os drosofilídeos que têm sido registrados em alta frequência em ambientes urbanizados está *Zaprionus indianus*. Esta espécie, originária da África, foi registrada pela primeira vez no Brasil há 15 anos no estado de São Paulo (VILELA, 1999). Desde então, a espécie tem aumentado muito sua área de distribuição, ocupando os mais diversos biomas do país (TIDON *et al.*, 2003; CASTRO, VALENTE, 2001; ROHDE *et al.*, 2010; HOCHMÜLLER *et al.*, 2010). Por ser uma espécie invasora, *Z. indianus* tem recebido

atenção em estudos ecológicos com a Família Drosophilidae (SILVA *et al.*, 2005a; 2005b; Ferreira, Tidon, 2005). Estudos com populações de espécies invasoras assumem um papel fundamental em estudos ecológicos voltados aos efeitos da urbanização, pois permitem entender como as invasoras reagem às novas condições bióticas e abióticas, e como as espécies nativas reagem à invasão (FERREIRA, TIDON, 2005).

Uma vez que os efeitos da urbanização sobre as comunidades nativas não têm sido suficientemente estudados apesar de sua importância intrínseca, o presente estudo caracterizou e comparou as assembleias de drosofilídeos em duas áreas com diferentes níveis de urbanização dentro do domínio da Floresta Atlântica no Centro de Endemismo de Pernambuco na região no Nordeste do Brasil.

## **CAPÍTULO 2**

**Relações entre os drosofilídeos (Diptera, Insecta) e o ambiente em duas áreas com diferentes níveis de conservação no domínio da Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil**

**Jordany Gomes da Silva, Danúbia Guimarães Silva, Martín Alejandro Montes, Cláudia Rohde e Ana Cristina Lauer Garcia**

**Trabalho a ser submetido para a revista “Biodiversity and Conservation” A2 na área de Biodiversidade**

## **Relações entre os drosofilídeos (Diptera, Insecta) e o ambiente em duas áreas com diferentes níveis de conservação no domínio da Floresta Atlântica no Nordeste do Brasil**

**Jordany Gomes da Silva<sup>1</sup>, Danúbia Guimarães Silva<sup>1</sup>, Martín Alejandro Montes<sup>2</sup>, Cláudia Rohde<sup>1</sup> e Ana Cristina Lauer Garcia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal de Pernambuco, Rua do Alto do Reservatório, s/n, Bairro Bela Vista, 55608-680, Vitória de Santo Antão/PE, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n, Bairro Dois Irmãos, 52171-900, Recife/PE, Brasil.

### **2.1 Resumo**

A substituição de áreas florestais por paisagens urbanas é um evento que vêm ocorrendo com rapidez por todo o mundo, de modo que um desafio fundamental para a conservação é entender como isso afeta a biodiversidade e a abundância das espécies. No presente estudo foram analisadas mensalmente, ao longo de um ano, a abundância e a riqueza de drosofilídeos em duas áreas com diferentes níveis de conservação no domínio da Floresta Atlântica, na sub-região denominada de Centro de Endemismo de Pernambuco. Esta área é um dos setores do bioma com menor área remanescente, além de ser, o menos estudado e o menos protegido por ações conservacionistas. Foram coletados 52.516 drosofilídeos distribuídos em 44 espécies. O ambiente mais urbanizado, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) foi o que apresentou a maior riqueza de espécies, 41, contra 29 observadas no ambiente mais preservado, a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). A explicação para tal resultado é discutida e comparada com outros estudos. Em DOI foi observada maior abundância total de espécies nativas, destacando-se a presença de *Drosophila willistoni* e *D. paulistorum*. Em RUR as espécies exóticas *D. malerkotliana* e *Zaprionus indianus* foram as mais abundantes, embora a primeira espécie também tenha sido a mais abundante em DOI. A maior abundância de espécies exóticas em ambientes mais urbanizados corrobora o que foi encontrado em outros estudos com amostragens de

drosophilídeos. As oscilações de abundância das populações mais representativas foram acompanhadas e correlacionadas com variáveis abióticas. Nossos resultados mostram que os drosophilídeos são excelentes indicadores quando se pretende avaliar o estado de conservação de determinados ambientes na Floresta Atlântica do Nordeste do Brasil.

**Palavras-Chave:** Centro de Endemismo de Pernambuco, espécies exóticas e nativas, fatores abióticos, riqueza, urbanização.

## 2.2 Abstract

The replacement of forest areas by urban landscapes is an event coming rapidly spreading throughout the world, thus a key challenge for conservation is to understand how this affects the biodiversity and abundance of species. In the present study we investigated monthly over a year, the abundance and diversity of drosophilid in two areas with different levels of conservation at the Atlantic Forest, in the sub-region called Pernambuco Endemism Center. This area is one of the sectors of the biome with the lowest remaining area, besides being the most unknown and most unprotected by conservation actions. A total of 52,516 drosophilids were collected distributed in 44 species. The urbanized environment, Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR), was presented the highest species richness 41 against 29 observed in the more preserved the environment, the Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). The explanation for this result is discussed and compared with other studies. Greater abundance of native species occurred in DOI, highlighting the presence of *Drosophila willistoni* and *D. paulistorum*. In RUR exotic species *D. malerkotliana* and *Zaprionus indianus* were the most abundant, although the first species has also been the most abundant in DOI. The greater abundance of exotic species in more urbanized environments corroborates what was found in other studies with samples of drosophilids. Variations in abundance of the most representative populations were monitored and correlated with abiotic variables. Our results show that drosophilids are excellent indicators when it comes to evaluating the conservation status of certain environments in the Atlantic Forest of Northeast Brazil.

**Keywords:** Abiotic factors, Endemism Center of Pernambuco, exotic and native species, richness, urbanization.

## 2.3 Introdução

As áreas urbanas estão se expalhando no mundo com alta velocidade, avaliar e entender como as espécies nativas reagem às mudanças provocadas por este processo é um dos grandes desafios para a área da ecologia (McKinney, 2002).

O solo de áreas urbanizadas, ou até mesmo desmatadas, sofre mudanças físicas e químicas que afetam a capacidade de infiltração e retenção de água, o que repercute em um aumento da aridez (Bryson e Ross, 1972; Danni, 1980). Tanto o desmatamento quanto a urbanização provocam, frequentemente, elevação da temperatura, gerando as chamadas “ilhas térmicas”. Esse processo se justifica tanto pela retirada da vegetação, ocasionando menor retenção de umidade pelo solo, como pela menor circulação do ar dificultada pelas edificações, no caso de ambientes urbanizados (Danni, 1980). Outras consequências do desmatamento e da urbanização são as mudanças provocadas por esses processos nos ciclos dos nutrientes, na composição biológica e na estrutura espacial, obrigando os organismos que habitavam esses locais em suas condições originais a se adaptar a novas realidades (Lucchese, 1994).

O desmatamento para a criação de áreas urbanas gera ambientes com características bióticas e abióticas muito diferentes das encontradas no ambiente original. Neste novo habitat as espécies do ambiente natural anterior podem sobreviver, mas suas abundâncias podem ser alteradas, e essa alteração pode chegar ao extremo de levar à extinção local de alguma espécie (Sukopp e Werner, 1982).

Estudos realizados em gradientes urbanos para muitas taxa, tais como plantas (Whitney, 1985; Kowarik, 1995), pássaros (Blair, 2001; Marzluff, 2001), mamíferos (Macking-Rogalska et al., 1988) e insetos (Blair e Launer, 1997; McIntyre, 2000; Avondet et al., 2003; Ferreira e Tidon, 2005; Gottschalk et al., 2007; Garcia et al., 2012) têm revelado que o número de espécies exóticas aumenta em direção aos centros de urbanização, enquanto que o número de espécies nativas diminui.

Dentre os biomas brasileiros, a Floresta Atlântica é uma das maiores prioridades mundiais para a conservação da biodiversidade biológica (Myers et al.; 2000). Estima-se que neste bioma residam mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas e animais (Myers et al.; 2000). Parte deste endemismo está restrito a um bloco bem delimitado de florestas que ocorrem ao norte do Rio São Francisco – o Centro de Endemismo de Pernambuco (Silva e Casteleti, 2003). Esta sub-região da Floresta Atlântica se estende ao longo da costa dos estados de Alagoas ao Rio Grande do Norte, sendo um dos setores do bioma com menor

área remanescente, além de ser o mais desmatado, o mais desconhecido e mais desprotegido por ações conservacionistas (Ribeiro et al., 2009).

Devido à intensa derrubada de áreas de floresta, para construção de moradias e centros urbanos, além de conversão para áreas agrícolas, dos 56.400,8 km<sup>2</sup> ocupados pelo Centro de Endemismo Pernambuco, restam hoje menos de 2.124 km<sup>2</sup> de seu território original na forma de pequenos fragmentos florestais (Coimbra-Filho e Câmara, 1996; Ranta et al., 1998, Silva e Tabarelli, 2000). A pergunta que surge diante deste cenário é: como esse processo afeta a diversidade biológica?

Dentro deste contexto as moscas da Família Drosophilidea apresentam-se como excelentes modelos de estudo. Tal argumento se sustenta no fato de serem insetos pequenos, de fácil captura, abundantes na natureza e sensíveis a pequenas modificações ambientais, o que acaba se refletindo no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies que ocupa um determinado habitat (Powell, 1997). A alta sensibilidade dos drosofilídeos a pequenas modificações no ambiente e a rapidez de resposta em termos de crescimento populacional também é destacada por Martins (1987) como uma vantagem da utilização destes insetos em estudos ecológicos.

No presente foi avaliada, ao longo de um ano, a variação na riqueza e na abundância de espécies nativas e exóticas de drosofilídeos (Insecta, Diptera) em duas áreas no domínio da Floresta Atlântica, sendo uma mais preservada e outra mais urbanizada, ambas situadas no Centro de Endemismo de Pernambuco. Variáveis abióticas também foram utilizadas para compreender as oscilações de abundância das diferentes populações nestes dois ambientes.

## **2.4 Material e Métodos**

### **Locais de amostragem**

Foram realizadas 12 coletas mensais de drosofilídeos a partir de maio de 2012 em duas áreas localizadas na cidade de Recife, capital do Estado de Pernambuco: a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (8°0'25.9"S, 34°56'49.1"O) e o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (8°0'47.06"S, 34°57'04.52"O).

A Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) é uma área de Floresta Atlântica preservada que apresenta uma extensão aproximada de 370 hectares com relevo ondulado

que varia entre 30 e 80 metros de altitude (Machado et al., 1998). É classificada como floresta ombrófila densa, com um período chuvoso que se inicia em março e encerra em agosto, com aproximadamente 2400 mm de chuva anual (Andrade-Lima, 1961). Ao longo do crescimento da cidade de Recife essa reserva foi completamente circundada pela urbanização, tornando-se uma “ilha” de Floresta Atlântica em meio à cidade (Figura 1).

O Campus da Universidade Rural de Pernambuco (RUR) fica localizado a aproximadamente 3 km do outro local estudado (Figura 1). Trata-se de uma área com pouca cobertura vegetal onde a vegetação nativa foi ocupada por várias construções e onde há grande movimentação de pessoas devido às atividades de aula e pesquisa, sendo uma área com alta interferência antrópica.

### **Métodos de amostragem**

Drosofilídeos adultos foram capturados com o modelo de armadilha estabelecido por Tidon e Sene (1988). Em cada local e em mês de amostragem foram utilizadas 10 armadilhas, contendo isca de banana, as quais foram penduradas sobre árvores a uma altura de 1,5 metros do solo e distribuídas por um transecto em um intervalo de distância de 30 metros. Em cada amostragem as armadilhas permaneceram nos locais durante três dias consecutivos.

### **Medidas de parâmetros abióticos**

Para cada amostragem, durante os três dias em que as armadilhas permaneceram em campo, foram coletados os dados das temperaturas e umidades mínimas e máximas nos dois locais de estudo com o auxílio de termohigrômetros. A partir desses dados foram estimadas as temperaturas e umidade média para cada amostragem (Figura 2). Os dados de precipitação mensal para a cidade de Recife durante o período deste estudo também foram obtidos, sendo disponibilizados pela Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas da Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC (Figura 2).

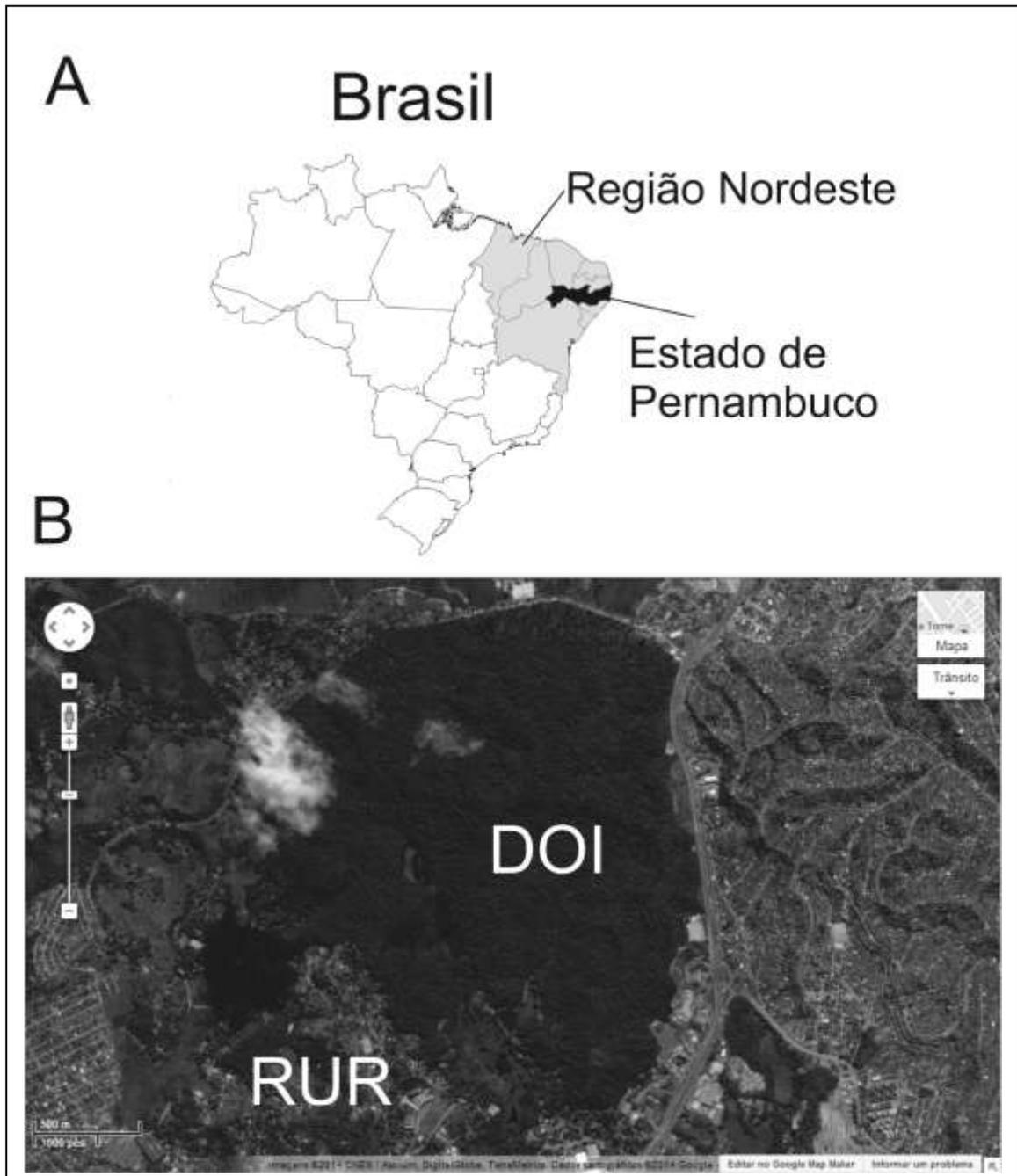


Figura 1. A) Mapa do Brasil com destaque em cinza para a região Nordeste e em preto para o Estado de Pernambuco, onde está localizada, na zona litorânea, a cidade de Recife. B) Imagem de satélite dos dois locais de amostragem de drosofilídeos, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). Fonte Google Earth 2013.

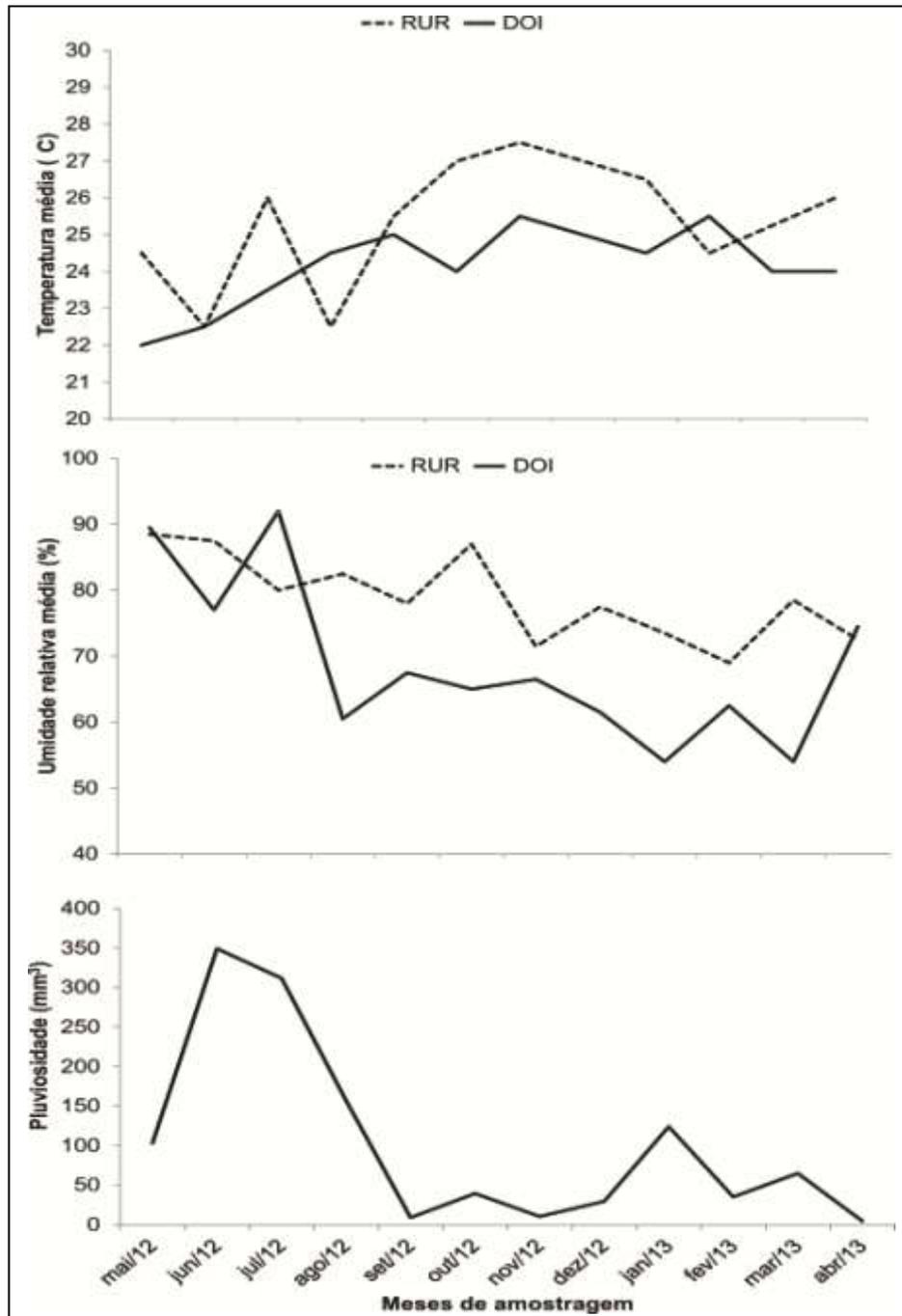


Figura 2. Temperatura média, umidade relativa média e pluviosidade no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) durante as amostragens de drosofilídeos realizadas entre maio de 2012 e abril de 2013.

### **Identificação dos drosofilídeos**

Os drosofilídeos coletados foram identificados, sempre que possível ao nível de espécie, através da morfologia externa. No caso das espécies crípticas a identificação ao nível de espécie foi realizada pela análise da terminália masculina (aedeagus e hipândrio). Para a análise da terminália dos machos as porções finais dos abdomens foram retiradas e transferidas para uma solução de hidróxido de potássio (KOH), sendo posteriormente coradas com fucsina ácida 10% e dissecadas em glicerol (Wheller e Kambysellis, 1966). As terminálias assim obtidas foram montadas em lâminas com bálsamo do Canadá e observadas ao microscópio.

Todos os drosofilídeos coletados estão depositados em álcool absoluto no Laboratório de Genética do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco.

### **Análise ecológica dos dados**

Para as espécies de drosofilídeos nativas e exóticas com maior representatividade nos dois locais de estudo foram feitos testes de Correlação de Pearson ( $r$ ), avaliando estas espécies em relação à temperatura, umidade e pluviosidade, usando os dados disponibilizados na Figura 2. Foi avaliada a significância do coeficiente de correlação e, em caso de correlação significativa ( $p < 0,05$ ), foi feita a avaliação qualitativa do grau de correlação em relação às duas variáveis testadas. Para esta avaliação foi utilizado o critério, adotado por Callegari-Jacques (2003):  $r=0$  Correlação é dita nula,  $r$  entre 0 e 0,3 a correlação é dita fraca,  $r$  entre 0,3 e 0,6 a correlação é dita regular,  $r$  entre 0,6 e 0,9 a correlação é dita forte,  $r$  entre 0,9 e 0,1 a correlação é dita muito forte e  $r=1$  a correlação é dita plena. Para o teste de correlação de Pearson foi utilizado o Programa Bioestat (Ayres et al., 2007).

## 2.5 Resultados

Foram coletados 52.516 indivíduos da família Drosophilidae, distribuídos em 44 espécies e sete gêneros. Destes *Drosophila*, com 34 espécies, foi o mais diverso, seguido por *Rhinoleucophenga* com cinco espécies e pelos demais gêneros com uma espécie cada (*Amiota*, *Neotanygastrella*, *Zygothrica*, *Scaptodrosophila* e *Zaprionus*). A Tabela 1 mostra a lista completa das espécies e suas abundâncias absolutas em cada um dos dois locais estudados.

No ambiente mais preservado, a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI), ocorreram 29 espécies contra 41 no ambiente mais urbanizado, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR). Este último ambiente se destacou pela maior abundância de drosofilídeos, respondendo por mais de 70% dos indivíduos amostrados (Tabela 1).

Em DOI as espécies nativas foram mais abundantes do que em RUR. Em relação às espécies exóticas estas foram três vezes mais abundantes em RUR do que em DOI (Tabela 1). Das 37 espécies nativas capturadas 15 foram exclusivas de RUR e três de DOI. Das sete espécies exóticas amostradas, todas foram observadas tanto em DOI quanto em RUR. Com exceção de *D. kikkawai*, as demais ocorreram em maior abundância em RUR (Tabela 1).

Em relação às espécies nativas, *D. sturtevanti* foi a mais abundante no ambiente mais urbanizado e *D. willistoni* no local mais preservado (Tabela 1). Dentre as espécies exóticas, *D. malerkotliana* destacou-se como a mais abundante nos dois ambientes estudados, respondendo por aproximadamente 44% dos drosofilídeos coletados em RUR e por quase 70% daqueles amostrados em DOI (Tabela 1).

Quanto ao padrão de flutuações temporais, em RUR as espécies exóticas foram mais abundantes do que as nativas ao longo dos 12 meses analisados. Em DOI esta maior abundância ocorreu nos meses de maio e junho de 2012 e desde dezembro de 2012 até abril de 2013 (Figura 3). Em relação às nativas, estas apresentaram um pico de abundância na época de maior pluviosidade, tanto em DOI (julho/2012), quanto em RUR (agosto/2012), atingindo uma abundância ao redor de 1.000 indivíduos. As espécies exóticas apresentaram, nos dois locais investigados, um padrão de distribuição da abundância bimodal, com um pico na primeira parte do período mais chuvoso (junho de 2012 em RUR e DOI) e outro no período de maior estiagem (fevereiro de 2013 em RUR e janeiro de 2013 em DOI). Destaca-se que estes picos em DOI atingiram uma abundância muito inferior aos apresentados em RUR (Figura 3).

Tabela 1. Lista das espécies nativas e exóticas de drosofilídeos coletadas entre maio de 2012 e abril de 2013 no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). N= número de indivíduos.

	RUR	DOI	Total
<b>ESPÉCIES NATIVAS</b>			
<i>Amiota</i> sp.	6	0	6
<i>Drosophila ararama</i>	37	13	50
<i>Drosophila atrata</i>	3	0	3
<i>Drosophila cardini</i>	72	9	81
<i>Drosophila cardinoides</i>	209	5	214
<i>Drosophila coroica</i>	47	66	113
<i>Drosophila ellisoni</i>	29	30	59
<i>Drosophila fumipennis</i>	2	63	65
<i>Drosophila mediotriata</i>	0	8	8
<i>Drosophila mercatorum</i>	4	0	4
<i>Drosophila nebulosa</i>	373	104	477
<i>Drosophila neocardini</i>	1	10	11
<i>Drosophila paranaensis</i>	73	0	73
<i>Drosophila paulistorum</i>	183	1.047	1.239
<i>Drosophila polymorpha</i>	1	0	1
<i>Drosophila prosaltans</i>	112	102	214
<i>Drosophila querubimae</i>	0	10	10
<i>Drosophila repleta</i>	41	0	41
<i>Drosophila saltans</i>	2	1	3
<i>Drosophila sturtevanti</i>	1.740	729	2.469
<i>Drosophila willistoni</i>	408	2.097	2.595
<i>Drosophila</i> sp1	2	1	3
<i>Drosophila</i> sp2	32	13	45
<i>Drosophila</i> sp3	4	1	5
<i>Drosophila</i> sp4	1	0	1
<i>Drosophila</i> sp5	2	2	4
<i>Drosophila</i> sp6	2	0	2
<i>Drosophila</i> sp7	1	0	1
<i>Drosophila</i> sp8	3	1	4
<i>Drosophila</i> sp9	0	4	4
<i>Neotanygastrella tricoloripes</i>	8	0	8
<i>Rhinoleucophenga capixabensis</i>	2	0	2
<i>Rhinoleucophenga obscura</i>	4	0	4
<i>Rhinoleucophenga punctulata</i>	36	1	37
<i>Rhinoleucophenga</i> sp1	2	0	2
<i>Rhinoleucophenga</i> sp 2	1	0	1
<i>Zygothrica orbitalis</i>	1	0	1
<b>ESPÉCIES EXÓTICAS</b>			
<i>Drosophila ananassae</i>	1.137	237	1.374
<i>Drosophila kikkawai</i>	1	1	2
<i>Drosophila malerkotliana</i>	16.296	10.376	26.672
<i>Drosophila melanogaster</i>	3.878	111	3.989
<i>Drosophila simulans</i>	644	169	813
<i>Scaptodrosophila latifasciaeformis</i>	1.147	8	1.155
<i>Zaprionus indianus</i>	10.668	82	10.750
N	37.215	15.301	52.516
S	41	29	44

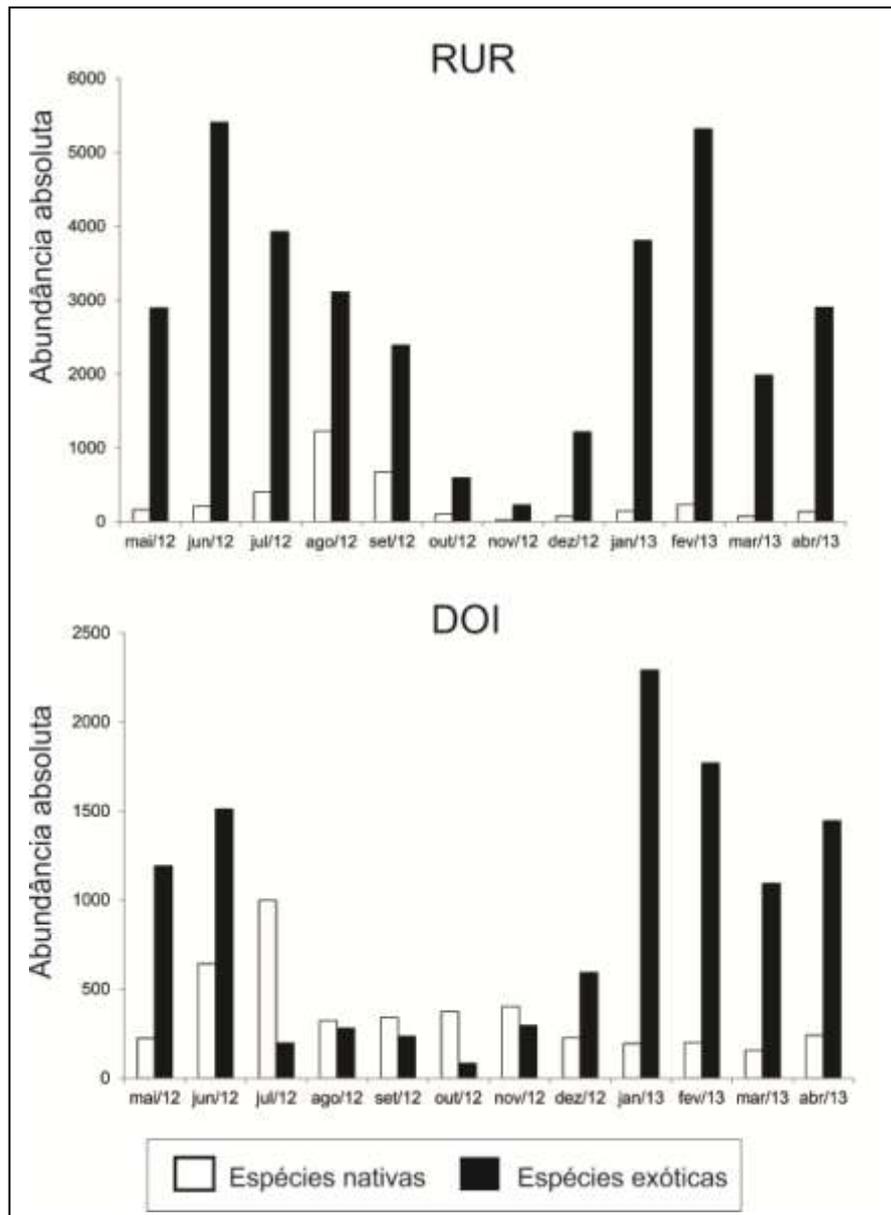


Figura 3. Variação temporal das abundâncias absolutas das espécies de drosofilídeos nativas e exóticas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) entre maio de 2012 e abril de 2013.

A maioria das espécies apresentou flutuações temporais nas populações. Para aquelas com mais de 50 indivíduos coletados em cada local foram analisadas as oscilações mensais das abundâncias absolutas em cada local (Figura 4). Dentre as espécies nativas mais representativas, *D. nebulosa* e *D. sturtevanti* foram mais abundantes em RUR, já *D. paulistorum* e *D. willistoni* apresentaram um maior número de indivíduos em DOI. *Drosophila prosaltans* apresentou abundância semelhante nos dois ambientes (Tabela 1). *Drosophila nebulosa*, *D. paulistorum*, *D. willistoni* e, principalmente, *D. sturtevanti* apresentaram um pico

de abundância no período de maior pluviosidade em RUR (Figura 4). A somatória das abundâncias destas quatro espécies representou grande parte do número de indivíduos encontrados no pico das nativas em agosto de 2012 em RUR (Figura 3). *Drosophila nebulosa* apresentou um pico de abundância adicional dentro da época de maior estiagem. Em DOI *D. willistoni* e *D. paulistorum* tiveram picos de abundância no período mais chuvoso. A somatória do número de indivíduos destas duas espécies em julho de 2012 explica amplamente o pico na abundância observado para as nativas neste período em DOI (Figura 3).

*Drosophila ananassae*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans* e *Z. indianus* apresentaram abundâncias maiores em RUR (Tabela 1, Figura 4). A análise comparativa das distribuições mensais das abundâncias das espécies exóticas (Figura 4) com o padrão bimodal apresentado por estas espécies em ambos ambientes (Figura 3) mostrou que o pico de abundância observado em junho de 2012 em RUR é resultado da presença de *D. malerkotliana* e *Z. indianus*. Já o pico de fevereiro de 2013 neste mesmo ambiente também pode ser explicado pela presença destas duas espécies e por *D. melanogaster*. Em DOI este padrão bimodal foi ocasionado, em grande parte, pelos picos de *D. malerkotliana* em junho de 2012 e janeiro de 2013 (Figuras 3 e 4). Foi notória a baixa representatividade de *Z. indianus* em todos os meses de amostragem em DOI, o que também ocorreu, para quase todos os meses, para *D. ananassae*, *D. melanogaster* e *D. simulans*, neste mesmo local (Figura 4).

Foram realizados 60 testes de correlação de Pearson entre as abundâncias de cinco espécies nativas (*D. nebulosa*, *D. paulistorum*, *D. prosaltans*, *D. sturtevantii* e *D. willistoni*) e cinco exóticas (*D. ananasse*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans* e *Z. indianus*), avaliando três parâmetros abióticos (temperatura média, umidade média e pluviosidade) nos dois locais de estudos (Tabela 2). Em RUR foi observada correlação significativa e forte entre *D. malerkotliana* e *Z. indianus* e a pluviosidade. Juntas estas duas espécies representaram quase 80% dos drosofilídeos exóticos coletados em RUR. Em DOI foi observada correlação significativa e regular entre *Z. indianus* e a pluviosidade. Ainda neste ambiente, houve correlação significativa e forte entre *D. paulistorum* e *D. willistoni* e a pluviosidade e a umidade. Estas duas espécies representam quase 73% dos indivíduos pertencentes a espécies nativas amostrados neste local. *Drosophila willistoni* também apresentou correlação significativa e forte com a umidade (Tabela 2).

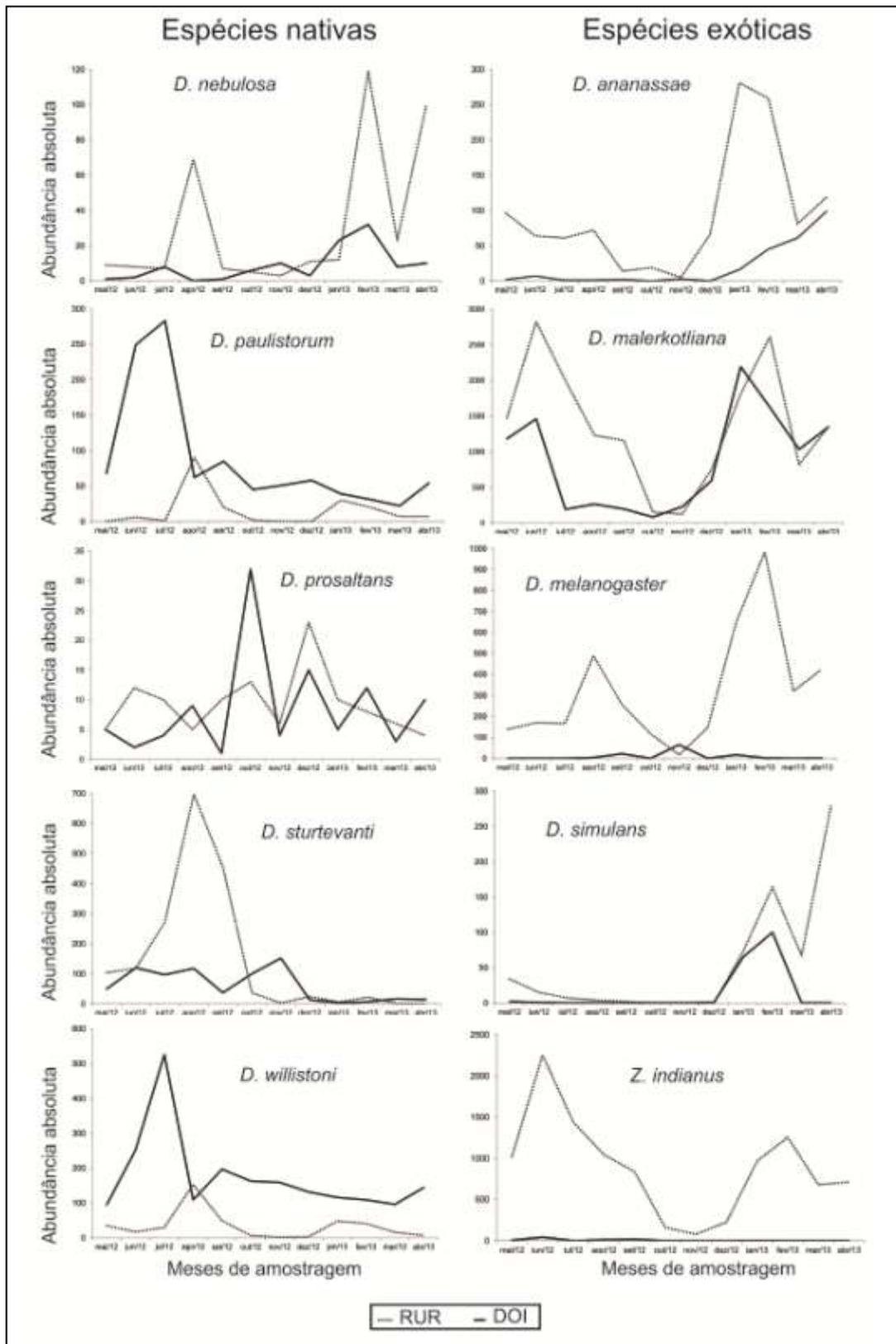


Figura 4. Variação temporal das abundâncias absolutas das espécies de drosofilídeos nativas e exóticas mais representativas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI) entre maio de 2012 e abril de 2013.

Tabela 2. Resultado dos testes de correlação de Pearson (r), valor de significância (p) e avaliação qualitativa da correlação para três variáveis abióticas (temperatura, umidade e pluviosidade) com as espécies nativas (*D. nebulosa*, *D. paulistorum*, *D. prosaltans*, *D. sturtevantii* e *D. willistoni*) e exóticas (*D. ananasse*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans* e *Z. indianus*) coletadas no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) e na Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). Em cinza estão destacados os testes onde foram observadas correlações com  $p < 0,05$  (\*).

Correlações para espécies nativas	RUR			DOI		
	r	p	Qualificação	r	P	Qualificação
<i>D. nebulosa</i> x temperatura	-0,3629	0,2462	-	-0,4478	0,1442	-
<i>D. nebulosa</i> x umidade	-0,4954	0,1014	-	-0,3337	0,3890	-
<i>D. nebulosa</i> x pluviosidade	-0,2571	0,4198	-	-0,1973	0,5388	-
<i>D. paulistorum</i> x temperatura	-0,5435	0,0677	-	-0,4950	0,1017	-
<i>D. paulistorum</i> x umidade	-0,0112	0,9725	-	0,6858	0,0138*	Forte
<i>D. paulistorum</i> x pluviosidade	0,0864	0,7896	-	0,8768	0,002*	Forte
<i>D. prosaltans</i> x temperatura	0,3098	0,3271	-	0,1459	0,6510	-
<i>D. prosaltans</i> x umidade	0,1230	0,7033	-	-0,1986	0,5360	-
<i>D. prosaltans</i> x pluviosidade	0,0485	0,8811	-	-0,3291	0,2962	-
<i>D. sturtevantii</i> x temperatura	-0,5089	0,0910	-	-0,1570	0,6261	-
<i>D. sturtevantii</i> x umidade	0,2826	0,3735	-	0,3047	0,3354	-
<i>D. sturtevantii</i> x pluviosidade	0,2612	0,4122	-	0,4207	0,1732	-
<i>D. willistoni</i> x temperatura	-0,6108	0,0348*	Forte	-0,2340	0,4641	-
<i>D. willistoni</i> x umidade	0,1247	0,6993	-	0,6324	0,0273*	Forte
<i>D. willistoni</i> x pluviosidade	0,1910	0,5520	-	0,6583	0,0199*	Forte
<b>Correlações para espécies exóticas</b>						
<i>D. ananassae</i> x temperatura	0,1356	0,6742	-	0,0729	0,8218	-
<i>D. ananassae</i> x umidade	-0,4689	0,1341	-	-0,1686	0,6003	-
<i>D. ananassae</i> x pluviosidade	-0,0186	0,9543	-	-0,3246	0,3033	-
<i>D. malerkotliana</i> x temperatura	-0,3275	0,2987	-	-0,1885	0,5575	-
<i>D. malerkotliana</i> x umidade	-0,0037	0,9909	-	-0,1679	0,6019	-
<i>D. malerkotliana</i> x pluviosidade	0,6261	0,0293*	Forte	0,0978	0,7623	-
<i>D. melanogaster</i> x temperatura	0,3650	0,2433	-	0,4994	0,0982	-
<i>D. melanogaster</i> x umidade	-0,5396	0,0701	-	-0,1771	0,5819	-
<i>D. melanogaster</i> x pluviosidade	-0,1375	0,6700	-	-0,3172	0,3151	-
<i>D. simulans</i> x temperatura	0,0825	0,7987	-	0,3793	0,2239	-
<i>D. simulans</i> x umidade	-0,5351	0,0729	-	-0,3430	0,2749	-
<i>D. simulans</i> x pluviosidade	-0,3125	0,3226	-	-0,1251	0,6985	-
<i>Z. indianus</i> x temperatura	-0,5288	0,0771	-	-0,4283	0,1648	-
<i>Z. indianus</i> x umidade	0,2852	0,3689	-	0,1791	0,5775	-
<i>Z. indianus</i> x pluviosidade	0,8157	0,0012*	Forte	0,5913	0,0428*	Regular

## 2.6 Discussão

O presente estudo foi pioneiro em relatar como alterações na riqueza e na abundância de espécies nativas e exóticas de drosofilídeos se relacionam com fatores abióticos e com diferentes níveis de urbanização no domínio da Floresta Atlântica na sub-região do Centro de Endemismo de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil.

O ambiente mais urbanizado, o Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR) apresentou maior riqueza de drosofilídeos em comparação com o ambiente mais preservado, a Reserva Ecológica de Dois Irmãos (DOI). Um padrão similar também foi observado para a Floresta Atlântica, na região sul do Brasil, em um estudo realizado por Gottschalk et al. (2007) no estado de Santa Catarina e por Garcia et al. (2012), na cidade de Porto Alegre, os quais avaliaram a riqueza e a abundância de drosofilídeos em um gradiente de urbanização.

McKinney (2008), em uma revisão sobre os efeitos da urbanização sobre a riqueza de espécies, comparou 105 estudos, sendo 17 com plantas, 31 com mamíferos, répteis e anfíbios e 57 com invertebrados. O autor observou que em 64,7% dos estudos com plantas a riqueza foi maior em ambientes com moderada urbanização em comparação com ambientes mais preservados, o mesmo ocorreu para 11,8% dos estudos com vertebrados e para 29,8% dos estudos com invertebrados.

Alguns aspectos relacionados com a urbanização poderiam explicar a maior riqueza de espécies em ambientes mais urbanizados em comparação com ambientes menos impactados. McKinney (2008) salienta que nas áreas mais antropizadas as espécies exóticas tendem a substituir as espécies nativas, porém essa substituição pode ocorrer mais lentamente do que a velocidade com que elas se extinguem. Talvez dentro de alguns anos as espécies exóticas tomem o lugar das nativas em RUR, porém, como esse processo ainda está ocorrendo, as espécies exóticas presentes neste local se somam as nativas, o que justificaria a riqueza observada.

Outra explicação para uma maior riqueza de espécies em RUR se apoia no fato de que áreas mais urbanizadas tendem a apresentar uma heterogeneidade de habitats maior que áreas mais preservadas (Savard et al., 2000; Thompson et al., 2003). Essa maior quantidade de nichos permitiria abranger maior quantidade de espécies.

Neste trabalho observamos que a abundância das espécies nativas de drosofilídeos foi maior no ambiente mais preservado de Floresta Atlântica, contrastando com a abundância de espécies exóticas, que foi mais elevada no ambiente com maior urbanização. Gottschalk et al. (2007) e Garcia et al. (2012), observaram esse mesmo padrão neste

mesmo bioma no sul do Brasil. Ferreira e Tidon (2005), estudando o efeito da urbanização em relação a biodiversidade no bioma do Cerrado brasileiro, na cidade de Brasília, região Centro-Oeste do país, encontraram sempre maior abundância de espécies exóticas de drosofilídeos, independentemente do grau de perturbação ambiental. No entanto, apenas comparando as abundâncias das nativas entre os ambientes estudados, estas apresentaram maior número de indivíduos na área mais preservada.

Dentre as nativas, as espécies crípticas *D. willistoni* e *D. paulistorum*, pertencentes ao subgrupo *willistoni* de *Drosophila*, foram bastante abundantes no ambiente mais preservado, com poucos indivíduos coletados na área mais urbanizada. Este padrão também foi observado no domínio da Floresta Atlântica no sul do Brasil (Gottschalk et al., 2007; Garcia et al., 2008; Garcia et al. 2012) demonstrando a sensibilidade destas espécies para as perturbações ambientais. A dominância do subgrupo *willistoni* em ambientes florestais é bem conhecida (Dobzhansky e Pavan, 1950; Sene et al., 1980; Brncic e Valente, 1978; Araújo e Valente, 1981; Pereira et al., 1983; Valente e Araujo, 1986; Bonorino e Valente, 1989; Martins, 1989; Valente e Araujo, 1991; Rohde e Valente, 1996; Vilela, 2001) e os resultados aqui apresentados corroboram estas informações.

*Drosophila malerkotliana* destacou-se como a espécie mais abundante entre as exóticas e também no somatório das espécies nativas e exóticas em ambos ambientes estudados. Esta espécie apresentou maior abundância no ambiente mais urbanizado. *Zaprionus indianus*, outra espécie exótica, seguiu esse mesmo padrão, sendo a segunda espécie mais representativa. A maior abundância de *D. malerkotliana* e *Z. indianus* em locais com maior perturbação ambiental também foi registrada por Gottschalk et al. (2007) na Floresta Atlântica do sul do Brasil e por Ferreira e Tidon (2005) para o bioma Cerrado.

Rohde et al. (2010), estudando ambientes inseridos no bioma Caatinga, no estado de Pernambuco, Brasil, também encontraram um elevado número de *D. malerkotliana* e *Z. indianus*, sendo esta última espécie o drosofilídeo mais abundante e *D. malerkotliana* a terceira espécie com maior número de indivíduos, logo depois de *D. simulans*. Tidon (2006) também observou alta representatividade de *Z. indianus* no Cerrado brasileiro, sendo *D. malerkotliana* a terceira espécie em abundância. Como já mencionado, no estudo de Gottschalk et al. (2007) e de Ferreira e Tidon (2005) estas duas espécies ocorreram em alta abundância em ambientes mais urbanizados, sendo *Z. indianus* mais abundante do que *D. malerkotliana*. Estes dados demonstram a preferência destas duas espécies exóticas por ambientes onde a vegetação é mais aberta ou onde o nível de urbanização é maior.

Em nosso trabalho no ambiente menos conservado (RUR) foi detectado que as espécies exóticas foram mais abundantes em todos os meses do ano, o mesmo foi notado

por Gottschalk et al. (2007), estudando a representatividade dos drosofilídeos nas quatro estações do ano, em ambientes com média e alta urbanização no domínio da Floresta Atlântica no sul do Brasil. Garcia et al. (2012), realizando este tipo de estudo em uma porção ainda mais ao sul da Floresta Atlântica, também detectaram a predominância das espécies exóticas em quase todas as estações do ano (exceto no inverno) no ambiente mais urbanizado.

No ambiente mais preservado foi encontrada uma alternância entre a maior abundância de exóticas e a de nativas, sendo as primeiras mais abundantes em sete meses do ano e as nativas em cinco meses do ano. Por outro lado, Gottschalk et al (2007) e Garcia et al. (2012) observaram que, nos ambientes mais preservados deste bioma, as espécies nativas foram mais abundantes ao longo das quatro estações do ano.

Da mesma forma que Gottschalk et al. (2007) e Garcia et al. (2012), em nosso trabalho detectamos um pico de abundância das espécies nativas no ambiente mais preservado coincidente com a época de maior pluviosidade. Garcia et al. (2012) também encontraram esse padrão para as espécies nativas nos ambientes mais urbanizados, o que não foi observado por Gottschalk et al. (2007). O padrão de distribuição bimodal das abundâncias das espécies exóticas tanto em ambientes preservados quanto nos urbanizados (Figura 3) não foi relatado por Gottschalk et al. (2007) e por Garcia et al. (2012), nem por outros autores em outras regiões brasileiras.

A preferência das espécies nativas *D. willistoni* e *D. paulistorum* por ambientes preservados e de *D. sturtevantii* e *D. nebulosa* por ambientes mais urbanizados também foi observada por Gottschalk et al. (2007) e por Garcia et al. (2012), podendo ser este um possível padrão para a Floresta Atlântica. *Drosophila paulistorum* e *D. willistoni* tiveram picos de abundância em períodos de maior pluviosidade, esse mesmo padrão também foi evidenciado por Gottschalk et al. (2007), com picos destas espécies ocorrendo na época de chuvas e de temperaturas intermediárias na Floresta Atlântica do Sul do Brasil.

Assim como observado no presente estudo, a maior abundância de *D. melanogaster* em ambientes mais urbanizados foi documentada para vários locais do Brasil (Sene et al., 1980; Ferreira e Tidon, 2006; Tidon, 2006, Gottchalk et al., 2007). O mesmo ocorreu para *D. D. simulans* e *Z. indianus* (Gottschalk et al., 2007, Garcia et al. 2012) e para *D. malerkotliana* (Gottschalk et al. 2007). Essa última espécie é considerada rara na cidade onde foi realizado o estudo de Garcia et al. (2012).

*Zaprionus indianus* apresentou preferência pelos ambientes de Floresta Atlântica mais antropizados e, portanto com menos cobertura vegetal. Este resultado também foi

observado para áreas no domínio da Floresta Atlântica do sul do Brasil (Silva et al. 2005 a,b; Gottschalk et al. 2007, Garcia et al., 2012) e para áreas de Cerrado (Tidon et al. 2003).

*Drosophila simulans* apresentou alta abundância no ambiente mais urbanizado e baixa representatividade no local mais preservado, o que também foi observado por Gottschalk et al. (2007) e Garcia et al (2012). Em alguns ambientes mais preservados de Floresta Atlântica esta espécie também tem sido mencionada em alta abundância (Dobzhansky e Pavan, 1950; Pavan, 1959), o que indicaria que esta exótica não apresenta um padrão único para todo o bioma.

Pelo teste de correlação de Pearson foi observado que as espécies exóticas *D. malerkotliana* e *Z. indianus* são influenciadas positivamente pela pluviosidade. Gottschalk et al. (2007) verificaram que estas espécies apresentam uma relação negativa com a temperatura na Floresta Atlântica do sul do Brasil, mas não encontraram relação com as chuvas. Essa questão pode ser explicada pelo fato de ocorrer no CEP duas estações definidas com base nos níveis de chuva, sendo a estação chuvosa com duração de março a agosto (Andrade-Lima, 1961). Essa estacionalidade com base na pluviosidade não é típica da região na Floresta Atlântica na região sul do Brasil onde foi realizado o estudo de Gottschalk et al (2007), sendo as diferenças de temperatura mais marcantes entre as estações. Assim, na região estudada por Gottschalk et al. (2007) a temperatura é um fator abiótico importante para explicar a abundância de *D. malerkotliana* e *Z. indianus*, já no CEP esse papel é desempenhado pela pluviosidade

Neste estudo também encontramos correlação entre as espécies de *D. paulistorum* e *D. willistoni* com a pluviosidade e umidade. Estes dois fatores abióticos contribuem para manter a floresta mais preservada (fechada) e se mostram mais variáveis nos ambientes abertos. É provável que a relação destas espécies nativas com ambientes mais florestais esteja dirigida principalmente pela umidade, comum nas florestas e com uma grande variação em ambientes de vegetação naturalmente aberta (Caatinga e Cerrado) ou em ambientes artificiais, tais como os urbanizados.

Nossos resultados mostram que as pequenas moscas da família Drosophilidae são excelentes indicadores quando se pretende avaliar o estado de conservação de determinados ambientes no CEP, o que foi também evidenciado por outros autores em áreas no domínio da Floresta Atlântica no Sul do Brasil (Gottschalk et al., 2007, Garcia et al., 2012) e no bioma Cerrado (Ferreira e Tidon, 2005).

## 2.7 Referências Bibliográficas

- Araújo, A.M., Valente, V.L.S., 1981. Observações sobre alguns lepidópteros e drosofilídeos do Parque do Turvo, RS. *Ciência e Cultura* 33(11), 1485-1490.
- Avondet, J., Blair, R.B.; Berg, D.J.; Ebbert. M.A., 2003. *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) response to changes in ecological parameters across an urban gradient. *Environmental Entomology* 32, 347-358.
- Ayres, M., Ayres-Jr, M., Ayres, D.L., Santos, A.S., 2007. *BioEstat 5.0: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Sociedade Civil de Mamirauá. Belém, Pará, Brasil.
- Blair, R. B., 2001. Birds and butterflies along urban gradients in two ecoregions of the U.S. In: Lockwood, J. L., McKinney M. L. (Eds.). *Biotic homogenization*. Kluwer, New York, pp 33–56
- Blair, R.B., Launer, A.E., 1997. Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. *Biological Conservation* 80, 113-125.
- Bonorino, C.B.C., Valente, V.L.S., 1989. Studies on wild and urban populations and breeding sites of *Drosophila nebulosa*. *Revista Brasileira de Biologia* 49(3), 771-776.
- Brcic, D.J., Valente V.L.S., 1978. Dinâmica das Comunidades de *Drosophila* que se estabelecem em frutos silvestres no Rio grande do Sul. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 30(9), 1104-1111.
- Bryson, R., Ross, J., 1972. The Climate of the City, in: Detwyler, T.R., Marcus, M.G. (Eds.), *Urbanization and Environment: the Physical Geography of the City*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California, pp. 51-68.
- Callegari-Jacques, S.M., 2003. *Bioestatística: Princípios e aplicações*. Porto Alegre: ArtMed.
- Coimbra-Filho, A. F., Câmara I.G., 1996. Os limites originais do Bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil. *Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, Rio de Janeiro.
- Danni, I.M., 1980. A ilha térmica de Porto Alegre. *Boletim Gaúcho de Geografia* 8, 33-48.
- Dobzhansky, T., Pavan, C., 1950. Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila* in Brazil. *Journal of Animal Ecology* 19, 1–14.
- Ferreira, L.B., Tidon, R., 2005. Colonizing potential of *Drosophilidae* (Insecta, Diptera) in environments with diferente grades of urbanization. *Biological Conservervation* 14, 1809-1821.

- Garcia, A.C.L., Valiati, V.H., Gottschalk, M.S, Rohde, C, Valente, V.L.S., 2008. Two decades of colonization of the urban environment of Porto Alegre, southern Brazil, by *Drosophila paulistorum* (Diptera, Drosophilidae). *Iheringia. Série Zoologia* 98, 329-338.
- Garcia, C.F., Hochmüller, C.J.C., Valente, V.L.S., Schmitz, H. J. 2012. Drosophilid Assemblages at different urbanization levels in the City of Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Neotropical Entomology* 41: 32-41.
- Gottschalk, M.S., De Toni, D.C., Valente, V.L., Hofmann, P.R.P., 2007. Changes in brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. *Neotropical Entomology* 36(6), 848-862.
- Kowarik, I., 1995. On the role of alien species in urban flora and vegetation, in: Pyšek, P., Prach, K., Rejmánek, M., Wade, M. (Eds.) *Plant invasions-general aspects and special problems*. SPB Academic Publishing, Amsterdam, pp 85–103.
- Lucchese, M.E.P. 1994. Análise morfométrica e bioindicação em populações urbanase selvagens de *Drosophila willistoni*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 177pp.
- Machado, I.C., Lopes, A.V., Pôrto, K.C., 1998. Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em áreas de remanescentes de Mata Atlântica em áreas urbanas. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Editora Universitária-UFPE, Recife.
- Mackin-Rogalska, R.; Pinowski, J.; Solon, J.; Wojcik, Z., 1988. Changes in vegetation, avifauna, and small mammals in a suburban habitat. *Pol Ecol Stud* 14: 293–330.
- Martins, M.B., 1987. Variação espacial e temporal de algumas espécies e grupos de *Drosophila* (Diptera) em duas reservas de matas isoladas, nas vizinhanças de Manaus (Amazonas, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi* 3, 195-218.
- Martins, M.B., 1989. Invasão de fragmentos florestais por espécies oportunistas de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). *Acta Amazônica* 19, 265-271.
- Marzluff, J.M., 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: Marzluff, J. M.; Bowman, R.; Donnelly, R. (Eds.) *Avian ecology in an urbanizing world*. Kluwer, Norwell, Massachusetts, pp 19–47.
- McIntyre, N.E., 2000. Ecology of urban arthropods: a review and a call to action. *Ann Entomol Soc Am* 93:825–835
- McKinney, M.L., 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52, 883–890.
- McKinney, M.L., 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst* 11:161–176
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B., Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- Pavan, C., 1959. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo 221 (11), 1-81.
- Pereira, M.A.Q.R., Vilela, C.R., Sene, F.M., 1983. Notes on breeding and feeding sites of some species of the repleta group of the Genus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). Ciência e Cultura. São Paulo, 35, 1313-1319.
- Powell, J.R., 1997. Progress and prospects in evolutionary biology: The *Drosophila* model. Oxford University Press, Oxford.
- Ranta, P., Blom, T., Niemela, J., Joensuu, E., Siitonen, M., 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. Biodiversity and Conservation 7, 385-403.
- 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, 1141-1153.
- Rohde, C., Valente, V.L.S., 1996. Ecological characteristics of urban populations of *Drosophila polymorpha* Dobzhansky & Pavan and *Drosophila cardinoides* Dobzhansky & Pavan (Diptera, Drosophilidae). Revista Brasileira de Entomologia 40, 75-79.
- Savard, J.P.L., Clergeau, P., Mennechez, G., 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. Landsc Urban Plan 48: 131–142
- Sene, F.M., Val, F.C., Vilela, C.R., Pereira, M.A.Q.R. (1980). Preliminary data of geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. Papéis Avulsos de Zoologia 33, 315-326.
- Silva, N.M., Fantinel, C., Valente, V.L.S., Valiati, V.H., 2005a. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera: Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, southern of Brazil. Neotropical Entomology 34,363-374.
- Silva, N.M., Fantinel, C., Valente, V.L.S., Valiati, V.H., 2005b. Ecology of colonizing populations of the figfly *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in Porto Alegre, southern of Brazil. Iheringia Série Zoologia 95, 233-240.
- 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, J.M.C., Castelletti, C.H.M., 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil, in: Galindo-Leal, C., Câmara I.G. (Eds.), The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends, and outlook. Washington, D.C.: Center for Applied Biodiversity Science and Island Press. pp. 43-59.

- Sukopp, H., Werner, P., 1982. Nature in cities – A report and view of studies and experiments concerning ecology, wildlife and nature conservation in urban and suburban areas. European Committee for the conservation of nature and natural resources. Council of Europe, Publications Section, Strasbourg.
- Thompson, K., Austin K.C., Smith, R.M., Warren, P.H., Angold, P.G., Gaston, K.J., 2003. Urban domestic gardens (I): putting small-scale plant diversity in context. *J Veg Sci* 14: 71–78.
- Tidon, R., 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society* 87,233-247.
- Tidon, R., Sene, F.M., 1988. A trap that retains and keeps *Drosophila* alive. *Drosophila Information Service* 67: 89.
- Tidon, R., Leite, D.F., Leão, B.F.D., 2003. Impact of the colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. *Biological Conservation* 112, 299–305.
- Valente, V.L.S., Araújo, A.M., 1991. Ecological aspects of *Drosophila* species in two contrasting environments in southern Brazil (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 35(2), 237-253.
- Valente, V.L.S., Araújo, A.M., 1986. Comments on breeding sites of *Drosophila willistoni* Sturtevant (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 30, 281-286.
- Vilela, C.R., 2001. Breeding sites of Neotropical Drosophilidae (Diptera). III. Rotting infructescences of *Philodendron bipinnatifidum* (Araceae). *Revista brasileira de entomologia* 45, 339-344.
- Wheeler, M.R., Kambysellis, M.P., 1966. Notes on the Drosophilidae (Diptera) of Samoa. *University Texas Publication* 6615, 533-565.

## CONCLUSÕES

A principal conclusão deste estudo foi que os drosofilídeos são excelentes ferramentas para avaliar os efeitos da urbanização na Floresta Atlântica da região Nordeste do Brasil. Este foi o primeiro estudo que utilizou estes organismos para avaliar o estado de conservação em uma das áreas mais afetadas pelo desmatamento, a Floresta Atlântica do Centro de Endemismo de Pernambuco.

Dentre os mais de 50 mil drosofilídeos amostrados nas duas áreas investigadas, foi observada maior riqueza de espécies no ambiente mais urbanizado, a Universidade Federal Rural de Pernambuco (RUR). Foram 44 espécies neste local, contra 29 observadas no ambiente mais preservado. Dois aspectos relacionados com a urbanização poderiam explicar esse quadro:

1) Nas áreas mais antropizadas as espécies exóticas tendem a substituir as espécies nativas, porém essa substituição pode ocorrer mais lentamente do que a velocidade com que elas se extinguem. Talvez dentro de alguns anos as espécies exóticas tomem o lugar das nativas em RUR, porém, como esse processo ainda está ocorrendo, as exóticas presentes neste local se somam às nativas, o que justificaria a riqueza observada.

2) Outra explicação para uma maior riqueza de espécies em RUR se apoia no fato de que áreas mais urbanizadas tendem a apresentar uma heterogeneidade de habitats maior que áreas mais preservadas. Essa maior quantidade de nichos permitiria abranger maior quantidade de espécies.

Assim como observados para outros estudos avaliando os efeitos da urbanização, foram encontradas mais espécies exóticas no ambiente mais urbanizado e mais espécies nativas no ambiente mais preservado.

Em RUR foi observada correlação significativa e forte para *D. malerkotliana* e *Z. indianus* em relação à pluviosidade. Juntas estas duas espécies representaram quase 80% dos drosofilídeos exóticos coletados em RUR. Em DOI foi observada correlação significativa e regular para *Z. indianus* em relação à pluviosidade. Ainda neste ambiente, houve correlação significativa e forte para *D. paulistorum* e *D. willistoni* com a pluviosidade e com a umidade. Estas duas espécies representam quase 73% dos indivíduos pertencentes a espécies nativas amostrados neste local. *Drosophila willistoni* também apresentou correlação significativa e forte com a umidade. A preferência das espécies do subgrupo *willistoni* de *Drosophila* por ambientes mais úmidos também tem sido destacada em outros estudos.

## REFERÊNCIAS

AVONDET, J. L.; BLAIR, R. B.; BERG, D. J.; EBBERT, M. A. 2003. *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae) response to changes in ecological parameters across an urban gradient. **Environmental Entomology** 32(2):347-358.

BÄCHLI, G. 2014 – Site do Taxodros: The database on taxonomy of Drosophilidae. Acesso em 2 de Janeiro de 2014. URL: <http://www.taxodros.unizh.ch/>.

BIZZO, L.; GOTTSCHALK, M. S.; DE TONI, D.C; HOFMANN, P. R. P. 2010. Seasonal dynamics of a drosophilid (Diptera) assemblage and its potencial as bioindicator in open environments. **Iheringia, Série Zoologia**, 100:185-191.

BLAIR, R. B.; LAUNER, A. E. 1997. Butterfly diversity and human land use: species assemblages along an urban gradient. **Biological Conservation** 80:113-125.

BONORINO, C. B. C.; VALENTE, V. L. S. 1989. Studies on wild and urban populations and breeding sites of *Drosophila nebulosa*. **Revista Brasileira de Biologia** 49: 771-776.

BROWN, K. S. Jr., BROWN, G.G., 1992. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. pp. 129-142. In: Whitmore, T.C., Slayer, J.A. (Eds.), **Tropical Deforestation and Species Extinction**. Chapman and Hall, London.

BRYSON, R.; ROSS, J. 1972. **The climate of the city**. p.51-58. In: DETWYLER T. R.; MARCUS, M. G. (Eds.), **Urbanisation and environment -The physical geography of the city**. Duxbury, Belmont.

CAMPANILI, M.; WIGOLD, B. S. **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Brasília: MMA, 2010.

CASTRO, F. L.; VALENTE, V. L. S. 2001. *Zaprionus indianus* is invading Drosophilidae communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. **Drosophila Information Service** 84: 15-16.

COIMBRA-FILHO, A. F. 1984. Situação da fauna na Floresta Atlântica. **Fundação Brasileira para conservação da Natureza** 19: 89-110.

COIMBRA-FILHO, A. F.; CÂMARA, I. G. 1996. Os limites originais do Bioma Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil. Fundação Brasileira para conservação da Natureza (FBCN), Rio de Janeiro. [S.l.: s.n.], 1996.

CUNHA, A. A.; GUEDES, F. B. 2013. **Mapeamentos para conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas**. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, DF. 216p

DANNI, I. M., 1980. A ilha térmica de Porto Alegre: Contribuição ao estudo do clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia** 8:33-47.

DE TONI, D. C.; BRISSON, J. A.; HOFMANN, P. R. P.; MARTINS, M.; HOLLOCHER, H. 2005. First record of *Drosophila parthenogenetica* and *D. neomorpha, cardini* group, Heed, 1962 (*Drosophila*, Drosophilidae), in Brazil. **Drosophila Information Service** 88: 33-38.

DISLICH, R ; KISSER, N ; PIVELLO, V. R. 2002. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica**. 25, 55–64.

DISLICH, R ; KISSER, N ; PIVELLO, V. R. 2002. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica** 55-64.

EHRlich, P., 1986. Biodiversity. In: National forum on biodiversity, national academy of sciences and smithsonian institution. Washington. **Anais Washington: Wilson, E.O.** (Ed.) [521p.

EMERICH, P. P; VALADÃO, H; SILVA, J. R. V. P.; TIDON, R. 2012. High Abundance of Neotropical Drosophilids (Diptera: Drosophilidae) in four cultivated areas of central Brazil. **Neotropical Entomology**. 41: 83-88.

FERREIRA, L. B. ; TIDON, R., 2005. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biodiversity and Conservation** 14(8): 1809-1821.

GARCIA, C. F., HOCHMÜLLER, C. J. C., VALENTE, V. L. S., SCHMITZ, H. J., 2012. Drosophilid Assemblages at different urbanization levels in the City of Porto Alegre, State of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. **Neotropical Entomology** 41: 32-41.

GASCON, C., LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E. 2001. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. pp. 112-127. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Eds.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Editora Vozes, Rio de Janeiro.

GOTTSCHALK, M. S.; DE TONI, D. C.; VALENTE, V. L. e HOFMANN, P. R. P., 2007. Changes in brazilian Drosophilidae (Diptera) assemblages across an urbanisation gradient. **Neotropical Entomology** 36(6): 848-862.

GOTTSCHALK, M. S.; HOFMANN, P. R. P.; VALENTE, V. L. S., 2008. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brazil. **Check List (UNESP)** 4: 485-518.

HILTY, J.; MERELENDER, A., 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation**, 92, 185-197.

HOCHMÜLLER, C. J.; LOPES-DA-SILVA, M.; VALENTE, V. L. S.; SCHMITZ, H. J., 2010. The Drosophilid fauna (Diptera, Drosophilidae) of the transition between the Pampa and Atlantic Forest Biomes in the state of Rio Grande do Sul, southern Brazil: first records. **Papéis Avulsos de Zoologia**, 50: 285-295.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS. 2004. **Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção**. Instrução Normativa nº 06, 23 de setembro de 2004.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS. 2010. **Lista oficial das espécies da fauna brasileira ameaçada de extinção**.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2004. **Projeto Flora/Fauna. Flora da restinga do Litoral Norte da Bahia, Costa dos Coqueiros e Salvador** (1ª versão). Salvador:

INOUE, M. T., 1992. Alterações na biosfera e a biodiversidade: constatações e estratégias. **Revista do Instituto Florestal** 1: 748-752.

KLEIN, R. M., 1978. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. Flora Ilustrada Catarinense, parte V: Mapa fitogeográfico. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”.

KOWARICK, M., 1995. **On the role of alien species in urban flora and vegetation** In: PYŠEK, P.; PRACH, K.; REJMÁNEK, M.; WADE, M. (Eds.) pp 85–103. Plant invasions-general aspects and special problems. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

LEITÃO FILHO, H. F. 1994. Diversity of arboreal species in Atlantic Rain Forest. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 66 (1): 91-96.

LIMA, A. R.; CAPOBIANCO, J. P. R., 1997. **Mata Atlântica: avanços legais e institucionais para sua conservação**. Documentos do Instituto Ambiental N°4, São Paulo, Brasil.

LUCCHESI, M. E. P. 1994. Análise morfométrica e bioindicação em populações urbanase selvagens de *Drosophila willistoni*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, 177pp.

IAP - Instituto Ambiental do Paraná 2014 <  
<http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=814>> Acesso em 20 de janeiro de 2014.

MARTINS, M. 1987. Variação espacial e temporal de algumas espécies e grupos de *Drosophila* (Diptera) em duas reservas de matas isoladas, nas vizinhanças de Manaus (Amazonia, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi** 3, 195-218.

MATA, R. A.; MCGEOCH, M.; TIDON, R.. 2008. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. **Biodiversity and Conservation**. 17: 2899-2916.

MCGEOCH, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biol Rev Cambridge Philos Soc** 73:181–201.

MCINTYRE, N. E.; RANGO, J.; FAGAN, W. F.; FAETH, S. H. 2001. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. **Landscape and urban planning** 52: 257-274.

MEDEIROS, H. F.; KLACZKO, L. B. 2004. How many species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) remain to be described in the Forest of São Paulo, Brazil. Species list of three forest remnants. **Biota Neotropica**. 4: 1-12.

OLIVEIRA, G. F.; MELO, K. P. S.; GARCIA, A. C. L.; ROHDE, C. 2009. First record of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Fernando de Noronha, an Oceanic Island of Pernambuco State, Brazil. **Drosophila Information Service**, 92: 18-20.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, J. M. N. 1993. Composição florística de uma floresta semidecídua montana, na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. **Acta botânica brasileira**, 7(2). 71-88.

PARSONS, P. A. 1991 Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecology and Biogeography** 1: 77-83.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S; JANECKA, J.; WIGHTMAN, J.; SIMMONDS, C.; O'CONNELL, C.; WONG, E.; RUSSEL, L.; ZERN, J.; AQUINO, T.; TSOMONDO, T. 2001. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems & Environment** 84:1–20.

POWELL, J. R. 1997. **Progress and prospects in evolutionary biology: The *Drosophila* model**. Oxford, Oxford University Press, UK, 562p.

PRANCE, G.T. 1982. **Forest refuges: evidences from woody angiosperms.** pp. 137-158. In: Prance, G. T. (Eed.) **Biological diversification in the tropics.** Columbia University Press, New York.

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**: 1141-1153.

RIZZINI, C. T., 1963. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia* 25: 1-64.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA-FILHO, A. F.; HONAISS, A., 1988. **Ecosistemas brasileiros.** Rio de Janeiro: INDEX/ENGE-RIO-Engenharia e consultoria S. A., 200p.

ROHDE, C.; SILVA, D. M. I. O.; JUCÁ, J. C. L. A.; MONTES, M. A.; GARCIA, A. C. L., 2010. Espécies Invasoras da Família Drosophilidae (Diptera, Insecta) em ambientes da caatinga de Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife* 7: 227-240.

ROHDE, C.; VALENTE, V.L.S. 1996. Ecological characteristics of urban populations of *Drosophila polymorpha* Dobzhansky & Pavan and *Drosophila cardinoides* Dobzhansky & Pavan (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 40: 75-79.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P., 1998. **Cerrado: ambiente e flora.** EMBRAPA-CPAC, Planaltina, DF, Brasil.

SCHMITZ, H. J.; HOFMANN, P. R. P.; VALENTE, V. L. S. 2010. Assemblages of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) in mangrove forests: community ecology and species diversity. *Iheringia, Série Zoologia*, 100 (2): 133-140.

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, J. M. C.; TABARELLI, M., 2001. The future of Atlantic forest in northeastern Brazil. **Conservation Biology** 15 (4): 819–820.

SILVA, J. M. C.; CASTELETTI, C. H. M. 2003. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends, and outlook**. p. 43-59. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington, D.C

SILVA, N. M.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V.H., 2005b. Ecology of colonizing populations of the fig fly *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in Porto Alegre, southern Brazil. **Iheringia Série Zoologia** 95: 233-240.

SILVA, N. M.; FANTINEL, C. D.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. 2005a. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera, Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, southern Brazil. **Neotropical Entomology** 34: 363-374.

SUKOPP, H.; WERNER, P. 1991. Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas. Monografías de la Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid: Ministério de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

TERBORGH, J. 1992. Maintenance of diversity in tropical forests. **Biotropica** 24 (2): 283-292.

TIDON, R.; LEITE, D. F.; LEÃO B. F. D. 2003. Impact of colonization of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation** 112: 299-305.

TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F.M., 1999, Drosophila. Pp 246-262 In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (eds). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**, 5º Vol. Invertebrados Terrestres. FAPESP, São Paulo.

TILMAN, D.; MAY, R. M.; LEHMAN, C. L.; NOWAK, M. A. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature** 371: 65-66.

VAL, F. C.; VILELA, C. R.; MARQUES, M. D. 1981. Drosophilidae of the Neotropical Region p.123-168. In: ASHBURNER, M.; CARSON, H. L.; THOMPSON, J. N. (Eds). **The Genetics and Biology of Drosophila**. London. Academic Press.

VALADÃO, H.; HAY, J. D. V.; TIDON, T. 2010, Temporal dynamics and resource availability for drosophilid fruit flies (Insecta, Diptera) in a Gallery Forest in the Brazilian Savanna. **International Journal of Ecology** 1: 1-7.

VALENTE, V. L. S, RUSZCZYK, A.; SANTOS, R. A. 1993. Chromosomal polymorphism in urban *Drosophila willistoni*. **Revista Brasileira de Genética** 16: 307-317.

VALENTE, V. L. S.; RUSZCZYK A.; SANTOS, R. A.; BONORINO, C. B. C.; BRUM, B. E. P.; REGNER, L.; MORALES, N. B. 1989. Genetic and ecological studies on urban and marginal populations of *Drosophila* in the south of Brazil. **Evolución Biológica** 3: 19-35.

VALIATI, V. H.; VALENTE, V.L.S. 1997. Observations on ecological parameters of urban populations of *Drosophila paulistorum* Dobzhansky & Pavan (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 40: 225-231.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro.

VILELA, C. R.; MORI, L. 1999. The genus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) in the Serra do Cipó: further notes. **Revista Brasileira de Entomologia** 43: 319-328.

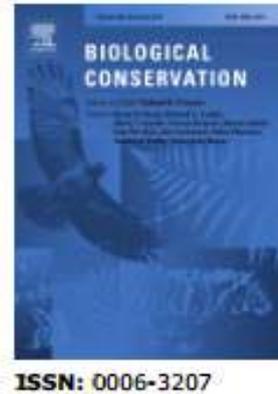
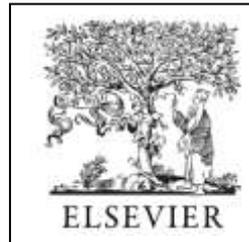
WILCOVE, D. S.; MCLELLAN, C. H.; DOBSON, A. P. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. p. 237-56. In: Soulé, M. E. (Ed.). **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Sunderland, Sinauer.

WILCOX, B. A.; MURPHY D. D.. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. **American Naturalist** 125 (6): 879-87.

## ANEXOS

Normas para publicação na revista “Biological and Conservation”

**BIOLOGICAL  
CONSERVATION**



GUIDE FOR AUTHORS

---

### INTRODUCTION

**Please read all information carefully and follow the instructions in detail when preparing your manuscript.**

Manuscripts that are not prepared according to our guidelines will be sent back to authors without review. Biological Conservation encourages the submission of high-quality manuscripts that advance the science and practice of conservation, or which demonstrate the application of conservation principles for natural resource management and policy. Given the broad international readership of the journal, published articles should have global relevance in terms of the topics or issues addressed, and thus demonstrate applications for conservation or resource management beyond the specific system or species studied.

### Types of paper

Word counts include text, references, figures and tables. Each figure or table should be considered equal to 300 words.

## **1. Full length articles (Research papers)**

Research papers report the results of original research. The material must not have been previously published elsewhere. Full length articles are usually up to 8,000 words.

## **2. Review articles**

Reviews should address topics or issues of current interest. They may be submitted or invited. Review articles are usually up to 12,000 words and must include a Methods section explaining how the literature for review was selected.

## **3. Systematic reviews:**

A systematic review applies a methodology to collect together and appraise the scientific evidence on a specific question or hypothesis. Its main strengths are the transparent approach to minimizing bias in considering importance of data. For a more elaborate explanation of systematic reviews, please check the following link: <http://www.environmentalevidence.org/Authors.htm> .

Systematic reviews should not exceed 8,000 words. Although the manuscript should report the main outcomes of the systematic review, it is expected that the full review and associated data will be made available online.

Authors who intend to conduct a systematic review and submit a manuscript are kindly advised to contact Reviews Editor Andrew Pullin ([a.s.pullin@bangor.ac.uk](mailto:a.s.pullin@bangor.ac.uk)) at an early stage. Initial guidance can be crucial in ensuring that the review qualifies as a systematic review.

## **4. Perspectives**

These articles provide an opportunity for authors to present a novel, distinctive, or even personal viewpoint on any subject within the journal's scope. The article should be well grounded in evidence and adequately supported by citations but may focus on a stimulating and thought-provoking line of argument that represents a significant advance in thinking

about conservation problems and solutions. Perspectives articles should not exceed 8000 words.

## **5. Short communications**

Short communications are meant to highlight important research that is novel or represents highly significant preliminary findings, and should be less than 4,000 words.

## **6. Book Reviews**

Book reviews will be included in the journal on a range of relevant titles that are not more than two years old. These are usually less than 2,000 words. Please submit your requests/ideas to Dave Aplin at [dave@botanicalvalues.com](mailto:dave@botanicalvalues.com).

## **7. Letters to the Editor**

Letters to the editor are written in response to a recent article appearing in the journal. Letters should be less than 800 words, with references kept to a minimum (three or fewer references).

## **8. Special Issue papers**

Biological Conservation accepts special issue proposals. Please complete the special issue proposal form and send it to the Editor-in-Chief Richard Primack at [primack@bu.edu](mailto:primack@bu.edu)

## **BEFORE YOU BEGIN**

### **Ethics in publishing**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

### **Policy and Ethics**

All appropriate ethics and other approvals were obtained for the research. Where appropriate, authors should state that their research protocols have been approved by an

authorized animal care or ethics committee, and include a reference to the code of practice adopted for the reported experimentation or methodology. The Editor will take account of animal welfare issues and reserves the right not to publish, especially if the research involves protocols that are inconsistent with commonly accepted norms of animal research.

### **Conflict of Interest**

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Editors likewise require reviewers to disclose current or recent association with authors and other special interest in this work.

All sources of financial support for the project should be disclosed. This declaration (with the heading 'Role of the funding source') should be made in a separate section of the text and placed before the References. Authors must describe the role of the study sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis, and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. (In addition some funding organizations have particular policies to enable their grant recipients to publish open access in Elsevier journals - for more detail on this, please visit our Funding Body Agreements page.

### **Submission declaration**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

### **Submission declaration and verification**

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

### **Changes to authorship**

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts: Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed. After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

### **Copyright**

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

### **For Subscription articles**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see

<http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

### **For Open Access articles**

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

### **Retained author rights**

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>. Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

### **Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

### **Funding body agreements and policies**

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

## **Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

### **Open Access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

### **Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is \$2500, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

### **Language (usage and editing services)**

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

### **Submission**

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

## **Referees**

Authors are at liberty to suggest the names of up to three potential reviewers (with full contact details). Potential reviewers should not include anyone with whom the authors have collaborated during the research being submitted.

## **Additional Information**

### **Editorial Process**

Publishing space in the journal is limited, such that many manuscripts must be rejected. To expedite the processing of manuscripts, the journal has adopted a two-tier review process. During the first stage of review, the handling editor evaluates the manuscript for appropriateness and scientific content, taking advice where appropriate from members of the editorial board. Criteria for rejection at this stage include: Manuscript lacks a strong conservation focus or theme, or management implications not well-developed. Please note that research on a rare or endangered species or ecosystem is not sufficient justification to merit publication in *Biological Conservation*.

Editor-in-Chief

Dr Richard B. Primack

Biology Department

Boston University

5 Cummington Street

Boston, MA 02215

USA

Phone: +1 617 353 2454

Email: [primack@bu.edu](mailto:primack@bu.edu)

### **Editors**

Assoc. Professor Karen H. Beard, Utah State University, Dept. of Wildland Resources and the Ecology Center, Logan, UT 84322-5230, USA, [karen.beard@usu.edu](mailto:karen.beard@usu.edu)

Dr. Richard Corlett, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Menglun, 666303 Yunnan, China, Email: [corlett@xtbg.org.cn](mailto:corlett@xtbg.org.cn)

Dr. Mark Costello, Leigh Marine Lab., PO Box 349, University of Auckland, 0941 Warkworth, New Zealand, Email: [m.costello@auckland.ac.nz](mailto:m.costello@auckland.ac.nz)

Dr. Mauro Galetti, Departa. de Ecologia, CP 199, Lab. de Biologia da Conservação, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 13506-900 Rio Claro, SP, Brazil, Email: [mgaletti@rc.unesp.br](mailto:mgaletti@rc.unesp.br)

Dr. Lian Pin Koh, School of Earth and Environmental Sciences, The University of Adelaide, Adelaide, SA 5005, Australia, Email: [lianpinkoh@gmail.com](mailto:lianpinkoh@gmail.com)

Dr. Julie Lockwood, Ecology, Evolution and Natural Resources, Rutgers University at New Brunswick, 14 College Farm Road, New Brunswick, NJ 08902, USA, E-mail: [lockwood@AESOP.Rutgers.edu](mailto:lockwood@AESOP.Rutgers.edu)

## **PREPARATION**

Use of word processing software It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Please use single spacing throughout the document. Use continuous line numbering throughout the document. Avoid full justification, i.e., do not use a constant right-hand margin. Ensure that each new paragraph is clearly indicated. Number every page of the manuscript, including the title page, references tables, etc. Present tables and figure legends on separate pages at the end of the manuscript. Layout and conventions must conform with those given in this guide to authors. Journal style has changed over time so do not use old issues as a guide. Number all pages consecutively. Italics are not to be used for expressions of Latin origin, for example, *in vivo*, *et al.*, *per se*. Use decimal points (not commas); use a space for thousands (10 000 and above).

## **Cover letter**

Submission of a manuscript must be accompanied by a cover letter that includes the following statements or acknowledgements: The work is all original research carried out by the authors. All authors agree with the contents of the manuscript and its submission to the journal. No part of the research has been published in any form elsewhere, unless it is fully acknowledged in the manuscript. Authors should disclose how the research featured in the manuscript relates to any other manuscript of a similar nature that they have published, in press, submitted or will soon submit to Biological Conservation or elsewhere. The manuscript is not being considered for publication elsewhere while it is being considered for publication in this journal. Any research in the paper not carried out by the authors is fully acknowledged in the manuscript. All sources of funding are acknowledged in the manuscript, and authors have declared any direct financial benefits that could result from publication. All appropriate ethics and other approvals were obtained for the research. Where appropriate, authors should state that their research protocols have been approved by an authorized animal care or ethics committee, and include a reference to the code of practice adopted for the reported experimentation or methodology. The Editor will take account of animal welfare issues and reserves the right not to publish, especially if the research involves protocols that are inconsistent with commonly accepted norms of animal research. Please include a short paragraph that describes the main finding of your paper, and its significance to the field of conservation biology. The authors should state in the cover letter if the paper in any form has previously been submitted to Biological Conservation. In that case the authors should specify the original manuscript number.

### **Article structure**

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

### **Introduction**

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

## **Material and methods**

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described. Theory/calculation A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

## **Results**

Results should be clear and concise.

## **Discussion**

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

## **Conclusions**

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

## **Glossary**

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article.

## **Appendices**

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

## **Essential title page information**

- Title. Concise and informative, yet not overly general. If appropriate, include the species or ecosystem that was the subject of the study, or the location where the study was done. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible

- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### **Abstract**

A concise and factual abstract is required (maximum length of 250 words). The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. Please try to keep each sentence as specific as possible, and avoid such general statements as "The management implications of the results are discussed". An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

### **Graphical abstract**

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's

Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

### **Highlights**

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples. Stereochemistry abstract For each important chiral compound you are requested to supply a stereochemistry abstract detailing structure, name, formula and all available stereochemical information for eventual incorporation into a database. An abstract for only one enantiomer per compound is required.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### **Abbreviations**

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### **Acknowledgements**

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### **Nomenclature and Units**

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI) for all scientific and laboratory data. If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Common names must be in lower-case except proper nouns. All common names must be followed by a scientific name in parentheses in italics. For example, bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). Where scientific names are used in preference to common names they should be in italics and the genus should be reduced to the first letter after the first mention. For example, the first mention is given as *Tursiops aduncus* and subsequent mentions are given as *T. aduncus*.

### **Math formulae**

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g.,  $X/Y$ . In principle, variables are to be presented in italics. Powers of  $e$  are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

### **Footnotes**

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### **Artwork**

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

**Formats** If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts. TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

**Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

**Color artwork**

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you

not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

### **Figure captions**

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

### **Tables**

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

### **References**

#### **Citation in text**

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

#### **Reference links**

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

#### **Web references**

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

### **References in a special issue**

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

### **Reference management software**

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

### **Reference formatting**

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

#### Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ....'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

## **Video data**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and

the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **AudioSlides**

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### **Supplementary data**

The supplementary material should be cited as an online Appendix to the paper, usually in the Methods. If it contains several tables, images and/or figures, these should be cited as Table A1, Figure A1 and so on. Authors are strongly encouraged to make the data supporting their paper available to readers through an open-access data repository and/or as an Appendix to the paper. For more details on journal data policy see the paragraphs on Data Depositing and Linking to and depositing data at PANGAEA

### **Data Depositing**

Ideally, data should be freely available online through a specialist data centre that provides a permanent archive (repository) for the dataset, and may integrate the data with other datasets using international standards. Examples include PANGAEA, and GBIF and its major contributors such as OBIS and VertNet. Some Ocean Data Centres may also provide this service. Where such a data centre does not exist, we ask that the data be made freely available online from a permanent archive (repository). Where possible, it should follow international data standards. This may be an institutional repository for its staff. The data should be accompanied by sufficient information (metadata) for the reader to understand its composition and origins, and determine if it is fit for their purpose. In particular, the data should allow the results of the publication to be reproduced. Data being downloadable from departmental or personal websites is not regarded as permanently archived.

### **Data at PANGAEA**

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited

in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

### **Google Maps and KML files**

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

### **Submission checklist**

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa

- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.