



Universidade Estadual Paulista
Câmpus de São José do Rio Preto



LEIZA PENARIOL

Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo

Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal no Curso de Pós-Graduação em Biologia Animal do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista - UNESP

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Madi-Ravazzi

Co-orientadora: Profa. Dra. Denise de C. Rossa-Feres

Fevereiro de 2007

Penariol, Leiza.

Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo / Leiza Penariol. - São José do Rio Preto : [s.n.], 2007.

91 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Lílian Madi-Ravazzi

Co-orientador: Denise de Cerqueira Rossa-Feres

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ecologia animal. 2. Drosophila. 3. Efeito de borda. 4. Drosofilídeos. 5. Bioindicadores. I. Madi-Ravazzi, Lílian. II. Rossa-Feres, Denise de Cerqueira. III. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 591.5

LEIZA PENARIOL

**Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um
fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado
de São Paulo**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM BIOLOGIA ANIMAL

COMISSÃO JULGADORA

Presidente e Orientador: Profa. Dra. Lilian Madi-Ravazzi

2º Examinador: Prof. Dr. Efraim Rodrigues

3º Examinador: Profa. Dra. Hermione Elly Melara de Campos Bicudo

São José do Rio Preto, 22 de março de 2007

*"A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas,
não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram.
Homens que sejam criadores, inventores, descobridores.
A segunda meta da educação é formar mentes que estejam
em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe".*

(Jean Piaget)

Dedico à minha mãe, Fátima...

De você recebi o dom mais precioso: a vida.

Já por isso sou infinitamente grata.

Mas você não se contentou em presentear-me apenas com ela.

Revestiu minha existência de amor, carinho e dedicação.

Abriu a porta do meu futuro, iluminando meu caminho
com a luz mais brilhante que pode encontrar: o estudo.

Trabalhou dobrado, sacrificou seus sonhos em favor dos meus.

Foi amiga e companheira, mesmo nos momentos em que meus ideais
pareciam distantes e inatingíveis e o estudo um fardo pesado demais.

Tantas foram às vezes em que o meu cansaço e preocupação foram sentidos e
compartilhados por você, numa união que me incentivou a prosseguir.

E por mais que eu tente expressar o que sinto,
só encontro uma simples e sincera palavra: Obrigada!!!

Amo você.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Lílian Madi-Ravazzi, pela orientação, amizade e incentivo constante, pela compreensão em todos os momentos e pelo exemplo de ética e caráter.

À Profa. Dra. Denise de Cerqueira Rossa-Feres, pela amizade, apoio e ajuda incondicional na análise dos dados.

Aos funcionários do departamento de Biologia, em especial aos técnicos Sebastião e Paulo pela paciência e dedicação no preparo do grande número de tubos com meio de cultura, à Simone e à Damaris pela dedicação e convívio agradável.

Aos motoristas do IBILCE, em especial ao Goulart e ao Walter, pela companhia durante as viagens e, algumas vezes até durante as coletas no interior da mata.

Aos funcionários da Estação Ecológica de Paulo de Faria pela companhia e ajuda durante as coletas, em especial ao Pacheco e Aparecido pela simpatia.

Ao Departamento de Biologia pelo apoio físico e financiamento de algumas coletas.

À seção de Pós-Graduação pela ajuda e esclarecimentos da parte burocrática, em especial à Silvia, ao Pinceli e à Rosemar pela prontidão em colaborar, mesmo quando solicitados de última hora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética pelo financiamento de algumas coletas, em especial à coordenadora Profa. Dra. M. Tercília pelo incentivo em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal pelo apoio financeiro e pela excelente formação oferecida.

À Fapesp (processo nº 04/04559-3) pela bolsa de iniciação científica no projeto iniciado na graduação, o qual despertou o interesse para o projeto de mestrado.

À Capes pelo auxílio financeiro, em forma de bolsa de mestrado.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Prof. Dr. Classius de Oliveira, pela atenção e pela disposição em ajudar, muito além do papel burocrático.

Aos docentes da Graduação e do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal pelo convívio e conhecimento transmitido durante as disciplinas e conversas de “corredor”, além do exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Gustavo Q. Omero pela atenção e sugestões na análise do relatório e também na banca do Exame de Qualificação e pela vontade sempre sincera de colaborar.

À Prof. Dra. Hermione E. M. C. Bicudo pela ajuda e sugestões na banca de Qualificação e, sobretudo pelo exemplo de ética e dedicação profissional, mesmo diante de muitos desafios.

Aos membros da banca da dissertação pelo aceite do convite e pela disposição em colaborar.

Aos estagiários Marina e Fábio que colaboraram com a preparação das lâminas de edeago.

As amigas de laboratório Mariana, Marilha e Daniela pela torcida e ajuda nos momentos de estresse.

À companheira e amiga de laboratório, Adriana, pela ajuda e palavras de tranquilidade nos momentos de desabafo e, principalmente por compreender e aceitar o “creosoto”, devido as minhas constantes preparações de edeago.

As amigas, Rejane, Débora e Ana Carolina pela torcida e companheirismo em todos os momentos, principalmente nas situações de preocupação e dificuldade.

Aos demais companheiros de pós-graduação pelo convívio fraternal e proveitoso.

Aos colegas da turma de graduação pela amizade sincera e pelos encontros anuais de distração e alegria.

Às amigas Kênia e Elisa pela amizade sincera e palavras de apoio e por compreenderem minha ausência em momentos importantes.

Aos meus irmãos, Laís e Eduardo, pelo carinho e momentos de alegria e por compreenderem minha ausência.

A minha irmã Lívia por compreender meus atrasos e pela ajuda na confecção e preparação das armadilhas.

Ao meu irmão Paulo pelo apoio constante e pela companhia durante as coletas, ainda que voltássemos infestados por “carrapatos”.

À minha cunhada, Bruna por dividir meu irmão comigo, e também os “carrapatos”, além da companhia e amizade.

Ao meu namorado Geison pela compreensão nos momentos de ausência e estresse, por todo carinho, força e pelas idéias na confecção das armadilhas, além da companhia nas coletas e nos “carrapatos”.

Aos meus sogros, Lolita e Viola e cunhados, Taís, André e Maykon, pelo carinho sincero e apoio em todos os momentos.

À todos os meus familiares pelos momentos de distração e pelo carinho, em especial à Lúcia, Newton, Pedro, Daniel, Edy, João, Antoninha, Cleonice, Eliana, Nelson, Neto, Lucas e Rogéria pela convivência próxima e amor verdadeiro.

Aos meus “bebês”, Nina, Luna, July e Juju, pelo carinho gratuito e momentos de felicidade e distração.

Às drosófilas que se “sacrificaram”, verdadeiramente, por este trabalho.

Aos meus pais, Alberto e Fátima, pela educação proporcionada, pelo apoio em todos os momentos e pelo amor incondicional.

A Deus, pelas oportunidades que me foram oferecidas durante toda a vida.

Obrigada amigo pelo sim e pelo não
Pela mensagem de antemão, pelo ombro amigo
Pelo choro aflito, pelo sorriso querido
Sei que sempre estarás comigo
Obrigada Amigo

(Autor Desconhecido)

Sumário

Resumo.....	01
I. Introdução Geral.....	06
1. Perda da biodiversidade.....	07
2. Estudo de comunidades.....	09
3. Estação Ecológica de Paulo de Faria.....	10
4. <i>Drosophila</i> como organismo modelo.....	11
5. Métodos de captura de drosofilídeos.....	13
6. Espécies invasoras de drosofilídeos.....	14
II. Objetivos.....	16
III. Referências Bibliográficas.....	18
Capítulo 1. Armadilhas abertas ou fechadas na captura de drosofilídeos?.....	24
Abstract.....	26
Resumo.....	27
Introdução.....	27
Material e Método.....	29
Resultados e Discussão.....	30
Agradecimentos.....	32
Referências Bibliográficas.....	41
Capítulo 2. Efeito de borda na assembléia de drosofilídeos.....	43
Introdução.....	44
Objetivos.....	45
Material e Método.....	46

Resultados.....	48
Discussão.....	60
Referências Bibliográficas.....	65
Capítulo 3. Extensão da borda de um fragmento florestal avaliada por meio da abundância de drosofilídeos em um transecto.....	69
Introdução.....	71
Objetivos.....	72
Material e Método.....	72
Resultados e Discussão.....	74
Referências Bibliográficas.....	82
IV. Conclusões Gerais.....	85
V. Aplicações Práticas.....	88

Resumo

Moscas do gênero *Drosophila* são adequadas para o estudo de flutuações populacionais por serem altamente sensíveis a pequenas modificações do ambiente e isto reflete no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies ocupando um determinado habitat. Dados obtidos da literatura indicam que espécies deste gênero são candidatas potenciais para monitorar o nível de perturbação ambiental de uma determinada área. No presente trabalho foram estabelecidos três objetivos: (1) avaliar a eficiência de dois tipos de armadilhas, aberta e fechada, para a coleta de drosofilídeos; (2) comparar a fauna de drosofilídeos da borda e do interior do fragmento considerando as variações sazonais das espécies; (3) avaliar o gradiente de ação dos efeitos de borda na distribuição de drosofilídeos e estabelecer a extensão da borda para essa comunidade. O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Paulo de Faria, um dos últimos fragmentos de floresta estacional semidecidual do Estado. Para cada objetivo foi estabelecida uma metodologia de coleta. Para a comparação entre os tipos de armadilhas foram utilizadas 20 armadilhas abertas e 20 fechadas em cada coleta. A comunidade de drosofilídeos, bem como a sazonalidade das espécies da borda e do interior do fragmento foram amostradas por coletas nessas duas áreas, utilizando armadilhas fechadas. Para avaliar a extensão e o gradiente de ação dos efeitos de borda foram utilizadas armadilhas fechadas em um transecto, o qual foi estabelecido a partir da borda em direção ao interior do fragmento. Em todas as metodologias foi utilizada nas armadilhas isca de banana nanica macerada com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*) e foram realizadas coletas

mensais, durante 12 meses. A identificação dos drosofilídeos foi realizada com o auxílio de chave de identificação e, para as espécies crípticas foi analisada uma região da terminália masculina, o edeago. A eficiência de amostragem foi avaliada pelos estimadores de riqueza ACE e ICE, calculados em todos os trabalhos. Para a comparação das armadilhas abertas e fechadas foram avaliadas a abundância populacional e a riqueza de espécies, pela Análise de Dependência. Também foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener, avaliado pelo teste t pareado, para cada método. A comparação das comunidades de borda e de interior foi realizada por análises descritivas e também por Análise de Dependência. As distâncias do transecto foram comparadas por Análise de Dependência e por dados descritivos da comunidade de cada ponto de coleta. Na comparação entre os dois tipos de armadilhas foram coletados 12.401 drosofilídeos, distribuídos em 18 espécies, sendo 3.027 (24%) e 16 espécies em armadilhas abertas e, 9.374 (76%) e 18 espécies em armadilhas fechadas. A maior eficiência da armadilha fechada em relação ao número de moscas coletadas foi confirmada pela aplicação do teste t pareado. Também foi observada uma associação positiva entre a armadilha fechada e a coleta de espécies raras, segundo a aplicação da Análise de Dependência. Nas coletas de borda e interior foram capturados 13.532 drosofilídeos, distribuídos em 17 espécies, mais o subgrupo saltans e o grupo repleta. A assembléia de drosofilídeos diferiu nas duas áreas em estudo, na borda as espécies dominantes foram *D. simulans* (44,25% do total), *Zaprionus indianus* (17,40%) e *D. sturtevanti* (10,47%). No interior, as dominantes foram *D. willistoni* (48,38%), *D. simulans* (17,33%) e *D. sturtevanti* (8,09%). A estação de seca teve grande efeito nas comunidades de drosofilídeos em relação à

abundância populacional e à riqueza de espécies. As espécies do interior do fragmento foram as mais afetadas, sendo observada nessa região uma substituição de espécies. *Drosophila simulans*, uma invasora característica de áreas abertas, apresentou abundância equivalente à *D. willistoni*, espécie típica de interior de mata, apenas durante a seca. Esses resultados sugerem que um fator de estresse ambiental pode favorecer as espécies invasoras, as quais ampliam sua distribuição para o interior do fragmento e interagem de maneira imprevisível com as populações de drosofilídeos nativos. No transecto, foram capturados 6.832 drosofilídeos, distribuídos em 17 espécies. A abundância e a riqueza de espécies diferiram entre os pontos do transecto; algumas espécies ocorreram em todos os pontos e outras em pontos específicos. *Drosophila simulans* foi a espécie dominante nos primeiros pontos do transecto e, em 80 metros distante da borda, atingiu 70,58% de sua abundância total. Já, *D. willistoni* foi dominante a partir de 100 metros da borda, até o final do transecto, sendo coletados 76,16% de sua abundância. *Zaprionus indianus* e *Scaptodrosophila latifasciaeformis* ocorreram, principalmente, nos primeiros pontos do transecto. A Análise de Dependência confirmou os dados obtidos pelas análises descritivas e indicou que a extensão da borda para a assembléia de drosofilídeos é de 60 metros. Esse trabalho produziu resultados importantes não só para o conhecimento da fauna de drosofilídeos e padronização da coleta dos mesmos por armadilhas fechadas, como também estabeleceu estratégias para o manejo e a preservação de fragmentos sob efeito de borda. Além de corroborar a idéia emergente da utilização de drosofilídeos como bioindicadores. *Drosophila simulans*, *D. malerkotliana*, *Z. indianus* e *S. latifasciaeformis* são consideradas espécies características de ambientes com

maior estresse ambiental, enquanto, *D. willistoni* está associada a ambientes mais bem preservados. O trabalho foi pioneiro na utilização de um transecto borda-interior como metodologia de coleta e produziu informações relevantes sobre o gradiente de distribuição das espécies em associação aos efeitos de borda, o qual apresenta uma extensão de 60 metros. Os resultados obtidos evidenciam uma considerável instabilidade desse fragmento, sendo necessário um monitoramento contínuo dessas populações para o estabelecimento de estratégias de preservação e manejo, as quais impeçam que, ao longo do tempo toda essa área possua características bióticas e abióticas de borda.

I. Introdução Geral

1. Perda da Biodiversidade

Um problema ecológico atual é a perda de diversidade biológica, que decorre principalmente da perda de habitat e da invasão de espécies. A perda de habitat atua de maneira direta, pois a redução da cobertura vegetal por si só já exclui espécies, e indireta, por meio dos efeitos negativos que atingem os fragmentos de vegetação natural estabelecidos após o desmatamento (FAHRIG, 2003). As espécies invasoras interagem com as nativas e podem excluí-las por relações de competição, predação ou ainda, se forem próximas filogeneticamente, por hibridização (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

A substituição da cobertura vegetal natural por campos de pastagem, agricultura, instalações urbanas e outros fatores antrópicos resultam em manchas da vegetação natural, ou seja, pequenos fragmentos florestais, muitas vezes, desconectados uns dos outros (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Vários fatores advindos da fragmentação de habitat, como efeitos de borda, impedimento de migração entre fragmentos, diminuição do tamanho populacional efetivo, perda de variabilidade genética e invasão de espécies exóticas, contribuem para a degradação de uma paisagem composta por fragmentos florestais. Um dos fatores que mais afetam o fragmento florestal é o efeito de borda. O microambiente na borda de fragmento é diferente daquele do interior da floresta. Alguns dos efeitos de borda mais importantes são os aumentos de temperatura, luminosidades e ventos e a diminuição da umidade (RODRIGUES, 1998; KAPOV, 1989; BIERREGAARD et al., 1992).

A noção geral de que os efeitos de borda são deletérios para o fragmento é amplamente aceita, contudo há pouco consenso a respeito do que é uma borda, como mensurar os efeitos de borda ou ainda como ou quanto eles são deletérios (MURCIA, 1995). A transição entre diferentes ecossistemas (por exemplo, transição entre Mata Atlântica e Cerrado) constitui uma borda natural, denominada especificamente, de ecótone. Os efeitos do ecótone são positivos (aumento da riqueza de espécies, espécies nativas de cada ecossistema e endêmicas do ecótone), pois a transição entre os dois ambientes é gradual (ODUM, 1988). Enquanto que na borda artificial, a transição entre a vegetação natural e a modificada antropicamente (em geral, campos de pastagem, monoculturas, ambientes urbanizados, rodovias) é abrupta (MURCIA, 1995). No entanto, os fragmentos florestais podem abrigar uma grande diversidade de organismos após o isolamento, o que os torna importantes ferramentas na conservação da fauna e flora regionais, daí a importância de serem preservados.

A segunda grande causa da perda de biodiversidade é a invasão de espécies (VITOUSEK et al., 1997). Nos tempos modernos, um grande número de espécies já foi introduzido, deliberadamente ou acidentalmente, em áreas onde não são nativas. O sucesso das invasoras pode ser atribuído à ausência de predadores naturais, pestes e parasitas no novo habitat (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Assim, o estudo desses fatores limitantes da biodiversidade (fragmentação de habitats e invasão de espécies exóticas) fornece informações importantes sobre como evitar ou minimizar os efeitos desses problemas ecológicos nos ecossistemas naturais. Uma das maneiras de avaliar e

mensurar esses fatores é o estudo e a comparação das comunidades biológicas de diferentes ambientes.

2. Estudo de comunidades

As comunidades biológicas são ferramentas importantes para a comparação de diferentes habitats e para avaliar problemas ecológicos como os descritos anteriormente. O conceito de comunidade biológica é discutido há quase um século pelos ecólogos; para a maioria deles o termo comunidade significa um conjunto de espécies que ocorrem no mesmo local. As espécies que coexistem em uma comunidade na mesma dimensão temporal e espacial, estão conectadas umas às outras por relações de alimentação e outras interações, formando um complexo denominado de comunidade biológica (RICKLEFS, 2001).

Para estabelecer uma comparação entre a diversidade de diferentes comunidades foram elaboradas definições específicas e quantitativas para avaliar e medir a diversidade biológica (PRIMACK & RODRIGUES, 2001). Segundo Odum (1988), o conceito de diversidade de espécies possui dois componentes, riqueza e uniformidade (ou eqüitabilidade). O primeiro é baseado no número total de espécies presentes na comunidade e, o segundo é baseado na abundância relativa de espécies e no grau de sua dominância ou falta dessa. Uma das maneiras de medir a diversidade, considerando esses dois componentes é a aplicação do índice de diversidade de Shannon-Wiener (KREBS, 1999), o qual atribui um peso maior às espécies raras. A partir desse índice é possível calcular rapidamente o valor da uniformidade. Os valores

obtidos pela aplicação dos índices podem ser utilizados para a comparação de diferentes comunidades e também para analisar as características de uma comunidade. Estudos com comunidades biológicas podem fornecer informações relevantes sobre as condições do habitat e também sobre a diversidade biológica local. Esses dados são ferramentas importantes para estudos de manejo e de conservação ambiental.

3. Estação Ecológica de Paulo de Faria

A estação Ecológica de Paulo de Faria (19°55' a 19°58' S e 49°31' a 49°32' W) foi criada em setembro de 1981, pelo Decreto Estadual nº 17.724. Este fragmento florestal está localizado na região noroeste do Estado de São Paulo, no município de Paulo de Faria, à margem esquerda do rio Grande.

A vegetação dessa área é de floresta estacional semidecidual (STRANGHETTI & TARODA, 1998) e abrange uma área de aproximadamente 436 hectares. Trata-se do único fragmento desse tipo de vegetação na região sob custódia do Estado. A Estação era circundada por áreas de pastagens e monoculturas variadas, e atualmente ao redor do fragmento existem plantações de cana-de-açúcar.

O clima dessa região é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com chuvas de verão e estiagem de inverno, com base na classificação de Köpen (1948). Nos meses de outubro a março ocorrem as maiores médias pluviométricas (978mm) e térmicas (26,4°C), sendo os meses de abril a setembro mais frio (21,0°C) e mais secos (167mm) (BARCHA & ARID, 1971). Segundo Rossa-Feres (1997), na região noroeste do Estado de São Paulo, onde se insere a

Estação Ecológica, durante a estação de seca ocorre apenas 15% da pluviosidade anual.

4. *Drosophila* como organismo modelo

As relações filogenéticas entre as espécies se refletem no estudo de todas as áreas da biologia, sendo que o conhecimento obtido em um *táxon* pode ser aplicado a outros mais proximamente relacionados (MEDEIROS, 2006). A concentração de investigações de diversos campos do conhecimento biológico sobre um mesmo *táxon* caracteriza um organismo modelo, o que possibilita a integração de diferentes disciplinas. Dentre os organismos modelos escolhidos para a concentração da pesquisa biológica, o mais estudado depois do homem é *Drosophila melanogaster* (POWELL, 1997) e, em um modelo mais amplo, o gênero *Drosophila*. Este gênero inclui mais de 1.500 espécies descritas distribuídas por todas as regiões do mundo, exceto nas regiões polares. No Brasil, foram identificadas 113 espécies destas, 93 têm ocorrência no Estado de São Paulo (TIDON-SKLORZ & SENE, 1999).

Além da grande concentração de pesquisas, o gênero *Drosophila* possui outras características que o diferenciam de outros organismos-modelo para estudos ecológicos, como a diversidade encontrada na maior parte dos ecossistemas terrestres, a facilidade de coleta desses organismos na natureza e a simples manutenção em laboratório. A manutenção em laboratório possibilita estudos em ambientes controlados, diferentes pressões ambientais podem ser reproduzidas em experimentos de laboratório. Em populações de

Drosophila podem ser testadas variáveis físicas, como temperatura, umidade, luminosidade e variáveis biológicas, como competição e parasitismo.

Em ambientes naturais, moscas do gênero *Drosophila* são adequadas para o estudo de flutuações de populações por serem insetos altamente sensíveis a pequenas modificações do ambiente e isto reflete no tamanho das populações naturais e também na diversidade de espécies ocupando um determinado habitat. É conhecido que mudanças na temperatura e umidade quase sempre afetam parâmetros vitais das espécies de *Drosophila* como a viabilidade, fertilidade, tempo de desenvolvimento e outros fatores que influenciam a taxa de aumento e sobrevivência da população (SENE et al., 1980; TIDON-SKLORZ & SENE, 1992; BALANYA et al., 2006, TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006).

Em suma, a sensibilidade do gênero *Drosophila* em relação às variáveis abióticas e bióticas se reflete na dinâmica populacional desses organismos. Estudos sobre a comunidade de *Drosophila* e outros drosofilídeos podem fornecer informações relevantes sobre as condições ambientais do local. Além disso, o padrão observado em uma determinada área pode ser aplicado ou comparado a outras comunidades de *Drosophila* e utilizado por outras especialidades do conhecimento biológico, já que se trata de um organismo cosmopolita amplamente estudado por diversos campos da biologia, o que valoriza os resultados obtidos em trabalhos ecológicos.

5. Métodos de Captura de Drosofilídeos

O número de trabalhos científicos com comunidades de drosofilídeos tem crescido nos últimos anos, entretanto, as metodologias de coleta não seguem um mesmo padrão. As divergências ocorrem em relação à fase de desenvolvimento a ser coletada (ovos e larvas ou adultos), e aos métodos de coleta (tipos de armadilha para adultos e coleta de frutos contendo ovos e larvas). Os métodos de coleta de adultos, em geral, se baseiam na captura de moscas atraídas para iscas, que podem ser apreendidas ativamente (rede entomológica) ou passivamente (armadilha). A isca consiste de uma mistura de banana nanica e fermento biológico fresco (*Saccharomyces cerevisiae*).

Vários fatores podem interferir nas estimativas populacionais de *Drosophila*, ocultando ou criando falsos padrões, como a presença de outros recursos naturais que podem competir com a isca, o período amostrado, a distribuição espacial dos indivíduos, a fermentação da isca, o tipo de armadilha utilizada, entre outros (MEDEIROS, 1999).

As armadilhas comumente usadas em coletas de moscas no campo podem ser de dois tipos, aberta e fechada. A armadilha aberta é a mais amplamente utilizada (desde os primeiros trabalhos de levantamento de fauna de *Drosophila*). Nesta armadilha, as moscas têm livre acesso para entrar e sair durante todo o período de coleta. A armadilha fechada (MEDEIROS & KLACZKO, 1999) é de apreensão, uma vez que as moscas entram não conseguem mais sair. |

Assim, diversas variáveis atuam no processo de coleta de drosofilídeos adultos, portanto, faz-se necessário uma padronização das coletas, a fim de

minimizar os erros de amostragem e permitir a comparação dos dados entre diferentes trabalhos de campo nesta área de conhecimento.

6. Espécies invasoras de drosofilídeos

No estado de São Paulo foram descritas 93 espécies de *Drosophila*, sendo oito introduzidas: *Drosophila ananassae*, *D. kikkawai*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans*, *D. busckii* e *D. immigrans*. Além dessas espécies, ocorrem outros drosofilídeos invasores, *Scaptodrosophila latifaciaeformis* e *Zaprionus indianus* (TIDON-SKLORZ & SENE, 1999). Para grande parte desses drosofilídeos, como *D. ananassae* (PAVAN, 1959), *D. kikkawai* (FREIRE-MAIA, 1964), *D. malerkotliana* (SENE & VAL, 1977), *D. melanogaster* (SENE et al., 1980), *D. simulans* em 1950 (DOBZHANSKY & PAVAN, 1950), *D. immigrans* (SENE et al., 1980), *D. busckii* (BIZZO & SENE, 1982) o processo de invasão, no Brasil, é antigo. O mesmo ocorre com *S. latifaciaeformis*, um drosofilídeo invasor coletado no Estado de São Paulo desde a década de 50 em diversos tipos de ambientes (SENE et al., 1980).

O primeiro registro de *Zaprionus indianus* no Brasil, foi em 1999 na área metropolitana da cidade de São Paulo (VILELA, 1999). No mesmo período, esse drosofilídeo atingiu o *status* de praga em plantações de figo (*Ficus carica*) na cidade de Valinhos/SP. A utilização do figo como sítio de oviposição e posterior desenvolvimento da larva tornou esses frutos impróprios para o consumo humano (VILELA, 2001). Desde então, vários drosofilístas têm coletado *Z. indianus* em outros estados brasileiros (CASTRO & VALENTE, 2001; TONI et al., 2001; TIDON et al. 2003; SILVA et al., 2005).

Embora seja uma ocupação recente, já são conhecidos alguns padrões sobre a distribuição e ocorrência de *Z. indianus* no Brasil. Muitos trabalhos associam a presença de *Z. indianus* a ambientes antropizados ou a áreas abertas (por exemplo, Cerrado), principalmente, em épocas de alta temperatura e umidade, ou seja, essa espécie é freqüentemente coletada durante a estação quente e chuvosa (TIDON et al., 2003; AMARAL, 2004; SILVA et al., 2005; TIDON, 2006).

A maioria das espécies de drosofilídeos invasores, inclusive os que apresentam invasão antiga, têm sido encontrados principalmente, em ambientes não naturais ou em áreas abertas, ou seja, ocupam ambientes urbanos ou outros com grau de estresse ambiental acentuado. Isso ocorre com *D. simulans*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *S. latifasciaeformis* e *Z. indianus*, as quais são espécies freqüentemente associadas à ambientes degradados e urbanizados. Em contrapartida, algumas espécies nativas da fauna neotropical, como *D. willistoni*, ocorrem apenas em áreas de mata preservada. Dessa forma, a presença ou ausência dessas espécies pode sinalizar as condições ambientais da área em estudo, atuando como bioindicadores.

A utilização de espécies de drosofilídeos, em especial as do gênero *Drosophila*, como bioindicadores é uma ferramenta importante e inovadora para estudos ecológicos e monitoramento de áreas de preservação. A presença de espécies invasoras em um fragmento florestal, por exemplo, pode indicar o grau de preservação da área, além de fornecer informações relevantes sobre os efeitos de borda, principais fatores que atuam sobre áreas fragmentadas.

II. Objetivos

- 1- Avaliar a eficiência de armadilhas abertas e fechadas na coleta de drosofilídeos, em relação à riqueza de espécies e a abundância populacional, para a padronização das coletas, visando a comparação dos dados entre os diferentes trabalhos de campo nessa área de conhecimento.

- 2- Comparar a fauna de drosofilídeos da borda e do interior da mata em relação à:
 - Riqueza e dominância de espécies
 - Influência de fatores ambientais
 - Espécies bioindicadoras

- 3- Avaliar o efeito de borda e sua extensão na comunidade de drosofilídeos através do gradiente de distribuição das espécies ao longo de um transecto borda-interior.

III. Referências Bibliográficas

- AMARAL, O. 2004. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. Tese de Mestrado. Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas. UNESP. São José do Rio Preto. São Paulo.
- BALANYA, J., OLLER, J. M., HUEY, R. B., GILCHRIST, G. W., SERRA, L. 2006. **Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura***. Science. 313: 1773-1775.
- BARCHA, S. F. & ARID, F. M. 1971. **Estudo de evapotranspiração na região norte-ocidental do Estado de São Paulo**. Revta Ciência. 1: 99-122.
- BIERREGAARD, R. O. Jr., LOVEJOY, T. E., KAPOS, V., SANTOS, A. A., HUTCHINGS, R. W. 1992. **The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest**. BioScience. 42: 859-866.
- BIZZO N. M. V. & SENE F. M. 1982. **Studies on the natural populations of *Drosophila* from Peruibe (SP) Brazil (Diptera, Drosophilidae)**. Revista Brasileira de Biologia. 42: 539-544.
- CASTRO, F. L. & VALENTE, V. L. S. 2001. ***Zaprionus indianus* is invading Drosophilid communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre**. *Drosophila* Information Service. 84: 15-16.
- DOBZHANSKY, T. & PAVAN, C. 1950. **Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila***. Ecology. 36:34-39.
- FAHRING, L. 2003. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity**. Annu. Rev. vol. Syst.. 34: 487-515.

- FREIRE-MAIA, N. 1964. **Segregational load in *Drosophila kikkawai*. Partel. Crossing experiments.** Genetics. 50: 211-219.
- KAPOS, V. 1989. **Effects of isolation on the water status patches in the Brazilian Amazon.** J. Trop. Ecol. 5: 173-185.
- KREBS, C. J. 1999. **Ecological methodology.** Addison Wesley Educational Publishrs, Menlo Park.
- MEDEIROS, H. F. & KLACZKO, L. B. 1999. **A weakly biased *Drosophila* trap.** *Drosophila* Information Service. 82: 100-102.
- MEDEIROS, 2006. **Relações entre características bionômicas e fisiológicas de espécies de *Drosophila* e a distribuição de suas abundâncias na natureza.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas. São Paulo.
- MURCIA, C. 1995. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation.** T. Ecol. Evol. 10:58-62.
- ODUM, E. P. 1988. **Ecologia.** Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro/RJ.
- PAVAN, C. 1959. **Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente.** Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo (86), Biologia Geral. 11:7-81.
- POWELL, J. R. 1997. **Progress and prospects in evolutionary biology: the *Drosophila* model.** New York: Oxford University Press.
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da Conservação.** Londrina: Ed. Planta. 327p.
- RICKLEFS, R. E. 2001. **A economia da natureza.** Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro/RJ.

- RODRIGUES, E. 1998. **Edge effects on the regeneration of forests fragments in North Paraná.** Tese de Ph.D. Harvard University.
- ROSSA-FERES, D. C. 1997. **Ecologia de uma comunidade de anfíbios anuros da região noroeste do Estado de São Paulo: microhabitat, sazonalidade, dieta e nicho multidimensional.** Tese de Doutorado. Instituto de Biociências. UNESP. Rio Claro. São Paulo.
- SENE, F. M. & VAL, F. C. 1977. **Ocorrência de *Drosophila malekotliana* Parshad e Paika, 1963, na América do Sul.** Ciência e Cultura. 29: 716.
- SENE, F. M., VAL, F. C., VILELA, C. R., PEREIRA, M. A. Q. R. 1980. **Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil.** Papéis Avuls. Zool. 33: 315-326.
- SILVA, N. M., FANTINEL, C. C., VALENTE, V. L. S. & VALIATI, V. H. 2005. **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.
- STRANGHETTI, V. & TARODA-RANGA, N. 1998. **Levantamento florístico das espécies vasculares da floresta estacional mesófila semidecídua da Estação Ecológica de Paulo de Faria/SP.** Rev. Bras. Bot. 21(3): 289-298.
- TIDON-SKLORZ, R. & SENE, F. M. 1992. **Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil.** Revista Brasileira de Biologia. 52: 311-317.

- TIDON-SKLORZ, R. & SENE, F. M. 1999. ***Drosophila***. Pp. 246-261. In: Brandão, C. R. F. & Canello, E. M. (Eds.) Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento ao final do século XX. Vol. 5. Capítulo 23. Invertebrados terrestres. FAPESP. São Paulo.
- 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., LEITE, D. F. & LEAO, B. F. D. 2003. **Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the neotropical region: 2 years after the invasion**. 112: 299-305.
- TONI, D. C., HOFMANN, P. R. P. & VALENTE, V. L. S. 2001. **First register of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the state of Santa Catarina**. Biotemas. 14: 71-85.
- TORRES, F. R. & MADI-RAVAZZI, L. 2006. **Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp. (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil**. Iheringia, Sér. Zool.. 96(4): 437-444.
- VILELA, C. R. 1999. **Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region?** *Drosophila* Information Service. 82:37-39.
- VILELA, C. R., TEIXEIRA, E. P. & STEIN, C. P. 2001. **Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae)**, p. 48-52. In E. F. Vilela R. A. Zucchi & F. Cantor, F. (orgs), Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil. Holos Editora. Ribeirão Preto. São Paulo. 173p.

VITOUSEK, P. M., D'ANTONIO, C. M., LOPE, L. L., REJMANEK, M., WESTBROOKS, R., 1997. **Introduced species: a significant component of human-caused global change.** *New Zealand Journal of Ecology*. 21(1): 1-16.

Capítulo 1:

**ARMADILHAS ABERTAS OU
FECHADAS NA CAPTURA DE
DROSOFILÍDEOS?**

Artigo a ser submetido à Revista Biota Neotropica

(Short Communications)

OPEN OR CLOSED TRAPS IN THE CAPTURE OF DROSOPHILIDS? ¹

Leiza Penariol ^{1,4} e Lílian Madi-Ravazzi ²

Biota Neotropica/Short Communications

² Universidade Estadual Paulista, Departamento de Biologia, CEP 15054-000 , São José do Rio Preto, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência leizapenariol@yahoo.com.br

Abstract

In this paper, comparative of the collections of drosophilids, using open and closed traps are presented. The collections were done in a period of 12 months, in one fragment of a semidecidual forest located in the State of São Paulo, Brazil. For analysis of the community composition, the diversity index of Shannon-Wiener and the richness with the methods ACE and ICE were used. Closed traps were more efficient than the opened ones in relation to the population abundance and the richness of species; richness was increased by the capture of rare species. On the basis of the present data, the use of closed traps seems to be an adequate method for standardization of drosophilid collection.

Key words: *Drosophila, capture traps, drosophilids*

Resumo

Nesse trabalho são apresentados dados comparativos das coletas de drosofilídeos utilizando armadilhas abertas e fechadas em um período de 12 meses, em um fragmento de floresta semidecidual. A composição da comunidade foi analisada pela abundância, pela riqueza e pelo índice de diversidade de Shannon-Wiener e a eficiência amostral foi avaliada pelos estimadores de riqueza ACE e ICE. As armadilhas fechadas foram mais eficientes do que as abertas em relação à abundância populacional e à riqueza de espécies, a qual foi aumentada pela captura de espécies raras. É proposto o uso da armadilha fechada como padronização dos métodos de coleta de drosofilídeos.

Palavras-chave: *Drosophila*, armadilhas de captura, drosofilídeos.

¹ Parte da dissertação de Mestrado de L.Penariol

I. Introdução

Moscas do gênero *Drosophila* constituem um organismo modelo para estudos genéticos, citogenéticos, ecológicos, moleculares e evolutivos. Trabalhos científicos com comunidades de drosofilídeos têm crescido nos últimos anos, entretanto, as metodologias de coleta não seguem um mesmo padrão, principalmente em relação à captura dessas moscas, ou melhor, do tipo de armadilha e isca utilizada, dificultando a comparação dos dados entre esses trabalhos.

Os métodos de coleta de adultos, em geral, se baseiam na captura de moscas atraídas para iscas, que podem ser apreendidas ativamente (rede entomológica) ou passivamente (armadilha). Contudo, essa metodologia não permite a estimativa da densidade populacional, e sim a estimativa da disponibilidade desses organismos em acessar um determinado recurso, neste caso a isca (Southwood 1978). Além do tamanho populacional, outros fatores atuam na disponibilidade dessas moscas, como presença de outros recursos

naturais que podem competir com a isca, atividade dos indivíduos no período amostrado (Klaczko et al. 1983, Medeiros 2000), a hora do dia amostrada (Pavan et al. 1950, Belo & Oliveira-Filho 1978) e a distribuição espacial dos indivíduos (horizontal: Dobzhansky & Pavan 1950, Burla et al. 1950, Pavan 1959, Medeiros 2000, Torres & Madi-Ravazzi 2006 e vertical: Parsons 1975, Sene et al. 1981, Kratz et al. 1982, Tidon-Sklorz & Sene 1992). Esses fatores podem interferir nas estimativas populacionais de *Drosophila*, ocultando ou criando falsos padrões.

Somado a isso, tem-se a problemática da isca, a qual, em geral consiste de uma mistura de banana e fermento biológico fresco (*Saccharomyces cerevisiae*) e que sofre influência de diversas variáveis ambientais, principalmente em relação ao processo de fermentação, e assim podendo ter atratividade variável.

Diante de todas essas variáveis que influenciam a coleta desses drosofilídeos faz-se necessário uma padronização das coletas, a fim de minimizar os erros de amostragem e permitir a comparação dos trabalhos. Uma das principais discussões entre os drosofilistas (pesquisadores que utilizam *Drosophila* como material de estudo) é sobre qual seria a melhor armadilha para capturar uma amostra representativa da comunidade de drosofilídeos a ser utilizada em estudos sobre a biodiversidade local, riqueza e sazonalidade das espécies (Medeiros & Klaczko 1999).

As armadilhas comumente utilizadas em coletas de moscas no campo podem ser de dois tipos, aberta e fechada. A armadilha aberta é a mais amplamente utilizada (Dobzhansky & Pavan 1950, Pavan 1959, Mourão 1966). Nesta armadilha as moscas têm livre acesso para entrar e sair durante todo o período de coleta. A armadilha fechada é de apreensão, ou seja, as moscas atraídas permanecem aprisionadas.

Medeiros & Klaczko (2004) em um estudo de fauna de drosofilídeos em ambientes naturais coletaram o número surpreendente de 30 espécies de *Drosophila* ainda não relacionadas para o Estado de São Paulo. Para a coleta desses organismos os autores, diferentemente da maioria dos drosofilistas, utilizaram armadilhas fechadas, o que sugere uma maior eficiência da armadilha fechada em relação à aberta. Entretanto, essa hipótese não foi corroborada devido à ausência de estudos e testes comparativos entre os dois

métodos, permanecendo a problemática da padronização de coletas de drosofilídeos.

Para resolver as divergências metodológicas e padronizar as coletas de drosofilídeos o presente trabalho teve como objetivo comparar a eficiência da armadilha aberta e da armadilha fechada, em relação à abundância e riqueza de espécies obtidas em cada método.

II. Material e Método

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica de Paulo de Faria (19°55' a 19°58'S e 49°31' a 49°32'W), um fragmento de floresta estacional semidecidual, com área de 435 hectares, situado no município de Paulo de Faria/São Paulo. As coletas foram realizadas mensalmente de agosto de 2004 a julho de 2005 em duas áreas distintas da mata, borda e interior. Em cada região foi estabelecida uma trilha com 100 metros de extensão e a cada dez metros foi demarcado um ponto de coleta (Figura 1), onde foram colocadas, a aproximadamente 1,5 metros do solo, uma armadilha do tipo fechada (de apreensão) (Figura 2) e outra aberta (de visitação) (Figura 3), distantes aproximadamente dois metros uma da outra. As armadilhas continham isca de banana nanica macerada com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*). As armadilhas permaneceram no ambiente de coleta por um período de três dias.

As moscas foram coletadas nas armadilhas abertas por rede entomológica e transferidas para tubos de excursão contendo meio de cultura padrão (banana-ágar). Nas armadilhas fechadas as moscas foram transferidas diretamente para os tubos de excursão. Posteriormente, os espécimes foram transferidos para garrafas contendo meio de cultura padrão e transportados até o laboratório. A identificação dos espécimes foi feita por chave de identificação e, em alguns casos, pela análise da terminália masculina (Freire-Maia & Pavan 1949, Kaneshiro, 1969; Vilela 1983).

A eficiência da metodologia de amostragem foi avaliada pelas curvas de acumulação de riqueza, as quais foram obtidas pelos estimadores de riqueza ACE e ICE, com o programa Estimate Swin 7.0 (Colwell 2004). Esses métodos estimam a partir dos dados de abundância e riqueza, o número provável de

espécies que ocorrem na área em estudo, sendo que o estimador ACE é influenciado principalmente pela presença de espécies raras, ou seja, quanto maior o número de espécies raras coletadas maior a probabilidade de que, com um maior esforço amostral, sejam coletadas outras espécies na área. Já o estimador ICE atribuí grande valor às espécies pouco freqüentes, portanto, quanto maior o número de espécies capturadas em poucas coletas maior a chance de não terem sido coletadas todas as espécies da área.

A comunidade de drosofilídeos foi avaliada separadamente, para os dois métodos de coleta, sendo considerados os valores de abundância, riqueza e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (Krebs 1999), este índice considera os dois componentes da diversidade: riqueza e uniformidade (abundância de cada espécie) e atribuí grande valor às espécies raras, uma característica importante, já que na comunidade de drosofilídeos é comum a presença de espécies raras. A comparação dos valores de abundância e dos índices de diversidade entre os dois tipos de armadilhas foi realizada pela aplicação do teste t pareado (Zar 1999), com o programa Minitab versão 12.22 (Minitab Inc., State College, PA). A riqueza foi avaliada por Análise de Dependência (Cordeiro 1987), com o programa R 2.4.1.

III. Resultados e Discussão

As curvas obtidas pelos estimadores de riqueza (ACE e ICE) se aproximaram das curvas reais obtidas pelos dois métodos de coleta (Figura 4A-B). Esses dados indicam que a amostragem obtida pelas armadilhas abertas e pelas fechadas foi eficiente.

Foram capturados 12.401 drosofilídeos, distribuídos em 18 espécies, sendo 3.027 (24%) em armadilhas abertas (Tabela 1) e 9.374 (76%) em armadilhas fechadas (Tabela 2). Todas as espécies capturadas nas armadilhas abertas também ocorreram nas fechadas, sendo que *D. melanogaster* e *D. immigrans* foram coletadas apenas em armadilhas fechadas. A aplicação do teste t pareado indica uma maior eficiência da armadilha fechada em relação ao número de moscas coletadas ($p < 0,0005$). Em relação ao índice de diversidade (H') obtido para cada tipo de armadilhas (Tabela 3) a aplicação do

teste t pareado indica que os valores desse índice não diferiram significativamente entre as armadilhas abertas e as fechadas ($p=0,16$).

A Análise de Dependência indicou associação entre o fator tipo de armadilha e a riqueza de espécies. As espécies consideradas raras (poucos indivíduos capturados), como *D. ararama*, *D. immigrans* e *D. melanogaster* apresentaram maior associação com a armadilha fechada, sendo essa armadilha a mais eficiente para capturar espécies raras. As espécies *D. prosaltans* e *D. austrosaltans* apresentaram maior associação com a armadilha aberta, embora também tenham sido coletadas em grande número nas armadilhas fechadas (Figura 6).

No presente trabalho, as armadilhas fechadas foram mais eficientes do que as abertas em relação à abundância populacional e à riqueza de espécies, a qual foi aumentada pela captura de espécies raras, pouco abundantes. Esses dois fatores fornecem informações importantes para a comunidade de drosofilídeos, corroborando a utilização da armadilha fechada. Entretanto, Amaral (2004), realizou coletas mensais, no mesmo local, utilizando somente armadilhas abertas e obteve uma abundância maior do que a observada em armadilhas fechadas (coletou 12.642 drosofilídeos) e uma maior riqueza, capturou 24 espécies, sendo 18 raras. Além disso, no presente trabalho não foi coletada nenhuma espécie que já não tenha sido relacionada anteriormente por trabalhos realizados nessa mesma área (Torres & Madi-Ravazzi, dados não publicados, AMARAL 2004).

Comparando os resultados do presente trabalho com outro utilizando apenas armadilhas fechadas, como o de Medeiros & Klaczko (2004) foi verificada uma grande diferença em relação à riqueza de espécies. Esses autores obtiveram o número surpreendente de 125 espécies, sendo que destas, somente 57,6% já tinham sido identificadas e 13 estavam ausentes da lista prévia de espécies do Estado de São Paulo até o nível de espécie e, segundo os autores, a maioria das espécies não identificadas são, provavelmente, não descritas. A alta riqueza obtida por Medeiros e Klaczko (2004), em relação à deste trabalho pode ser atribuída a fatores diversos, o principal foi em relação às áreas de coleta, três remanescentes florestais bem preservados e de tamanho considerável (Serra do Japi, Ilha Bela e Barreiro Rico), enquanto que o presente trabalho foi desenvolvido em um fragmento

pequeno de floresta semidecidual, sujeito a pressões ambientais severas, como efeito de borda e seca proeminente (Penariol & Madi-Ravazzi, capítulo 2). Outra divergência entre esses estudos foi a altura das armadilhas, no primeiro elas foram colocadas a 10 centímetros do solo e no último, essa distância foi maior, 1,5 metros.

Esses fatores podem ter influenciado a divergência dos dados obtidos nesses dois trabalhos, além do que o fragmento em estudo no presente trabalho apresenta baixa diversidade e encontra-se em situação de estresse ambiental, ou seja, a comunidade de drosofilídeos apresenta grandes variações temporais (Torres & Madi-Ravazzi, dados não publicados, Amaral 2004, Penariol e Madi-Ravazzi, capítulo 2).

As armadilhas fechadas oferecem outras vantagens como a facilidade de manipulação e limpeza, proteção da chuva, proteção da isca contra ataques de predadores e o isolamento da isca, o que permite a prévia preparação das mesmas (em laboratório). E apresenta também facilidade no transporte das mesmas.

A eficiência apresentada pela armadilha fechada sobre a aberta em relação à abundância e riqueza de drosofilídeos capturados, principalmente em relação às espécies raras e às demais vantagens de sua manipulação, reforçam sua indicação como metodologia de coleta para estudos da biodiversidade e sazonalidade de espécies do gênero *Drosophila* em regiões de mata e também em outros estudos ecológicos, como o efeito de borda.

IV. Agradecimentos

Ao Dr. Hermes Fonseca de Medeiros pelo fornecimento do modelo da armadilha fechada utilizada no presente trabalho e aos funcionários da Reserva Ecológica de Paulo de Faria/SP pela colaboração nas coletas. Esse projeto recebeu apoio da FAPESP (04/04559-3) e CAPES. Leiza Penariol recebeu bolsa de mestrado da CAPES.

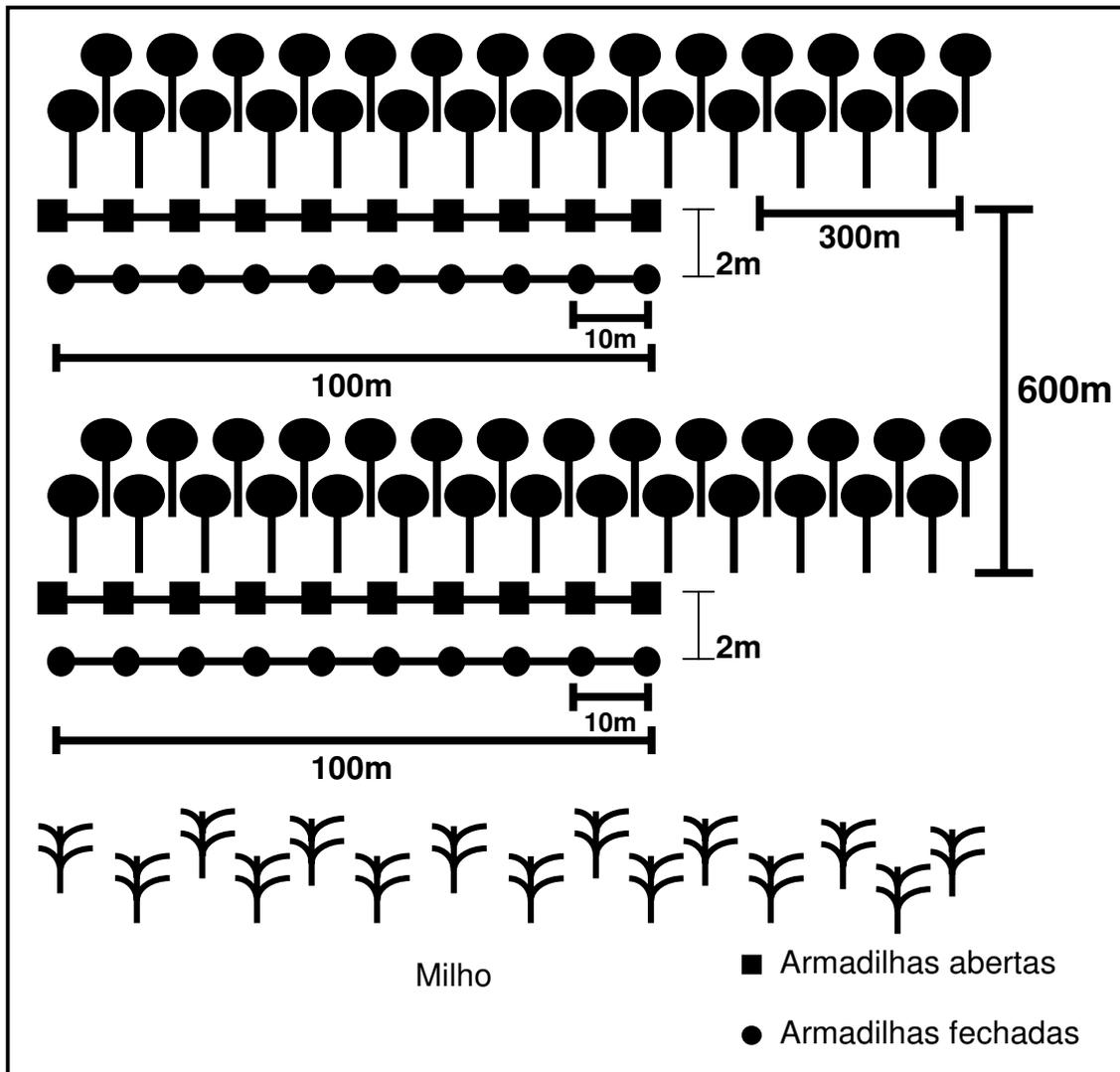


Figura 1: Desenho amostral das coletas realizadas em áreas de borda e de interior do fragmento florestal, utilizando armadilhas abertas e fechadas.

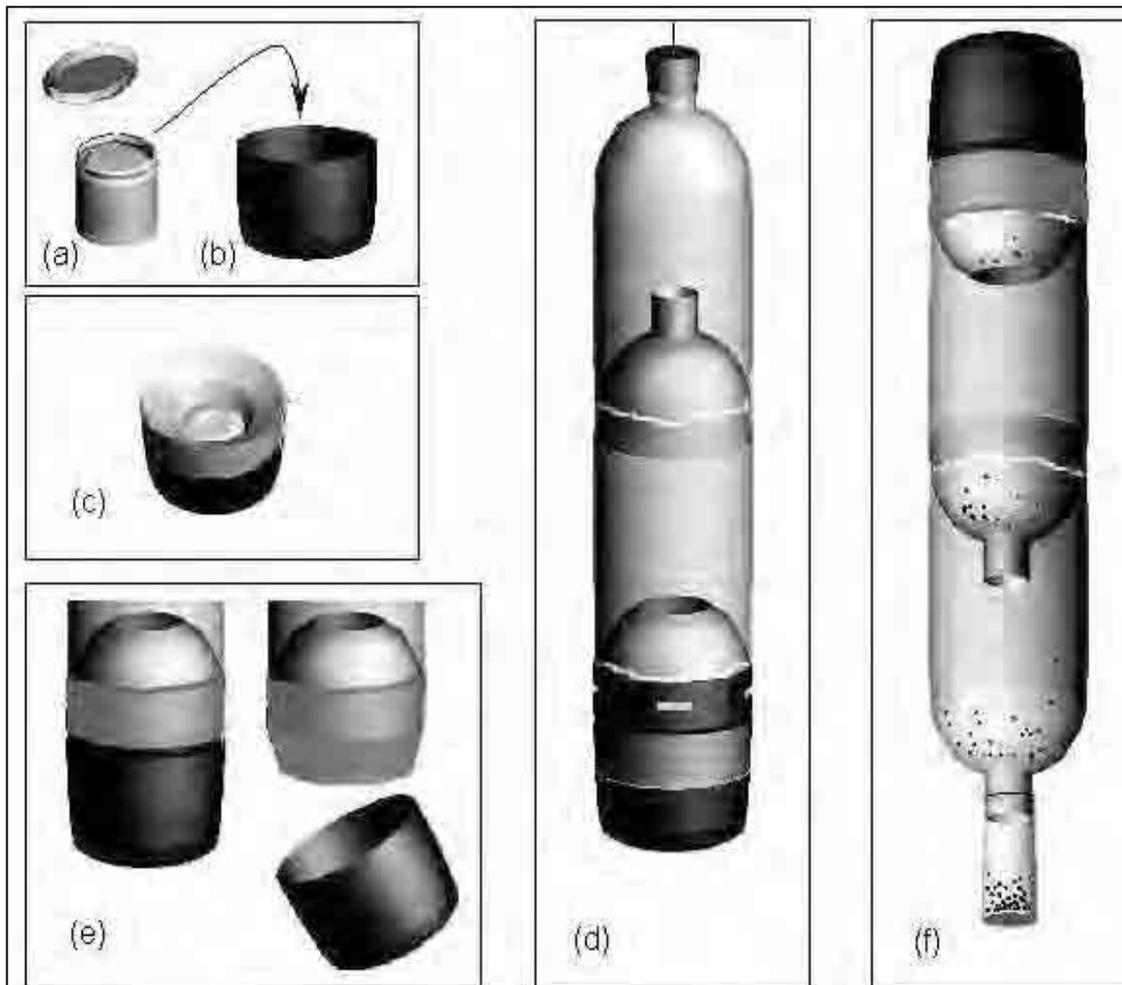


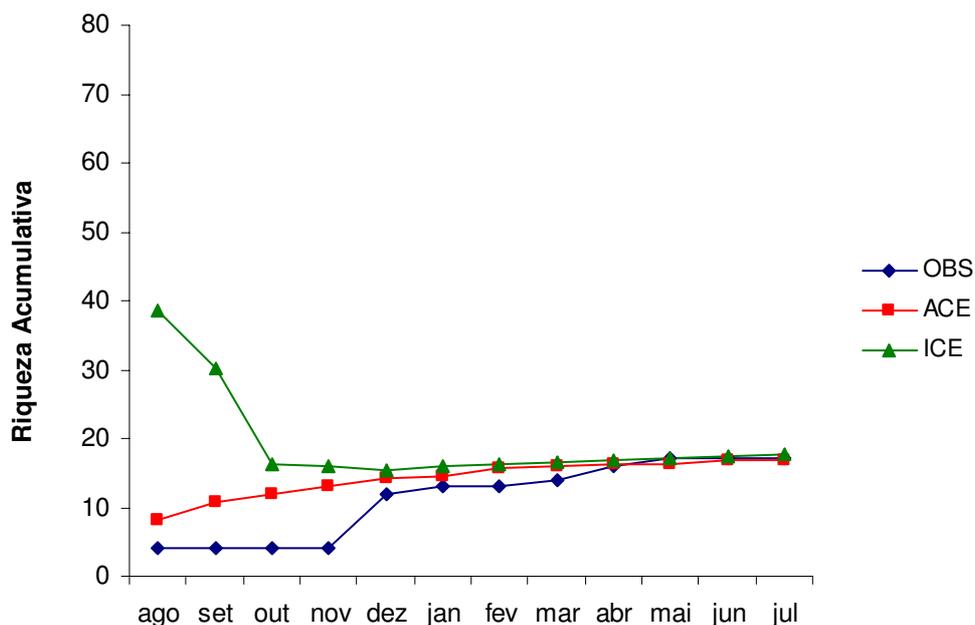
Figura 1. Montagem e uso da armadilha. As iscas são transportadas em recipientes de plástico de 200 mls (a). Os recipientes com iscas são colocados na parte de baixo da armadilha (b). Em seguida um pedaço de meia calça feminina é colocado cobrindo a isca (c). A meia é então levemente pressionada para aderir à isca. A parte de baixo é presa ao restante da armadilha (d). Para a remoção dos animais aderidos a parte da meia que ficou para fora é puzada para cima fechando as entradas (e). A isca é então retirada e a parte de baixo recolocada. A armadilha é então batida, jogando as moscas dentro de um tubo (f).

Figura 2: Modelo de armadilha fechada proposto por Medeiros (1999).



Figura 3: Modelo e método de coleta utilizando armadilha aberta proposto por Torres & Madi-Ravazzi (2006).

A. Armadilhas Abertas



B. Armadilhas Fechadas

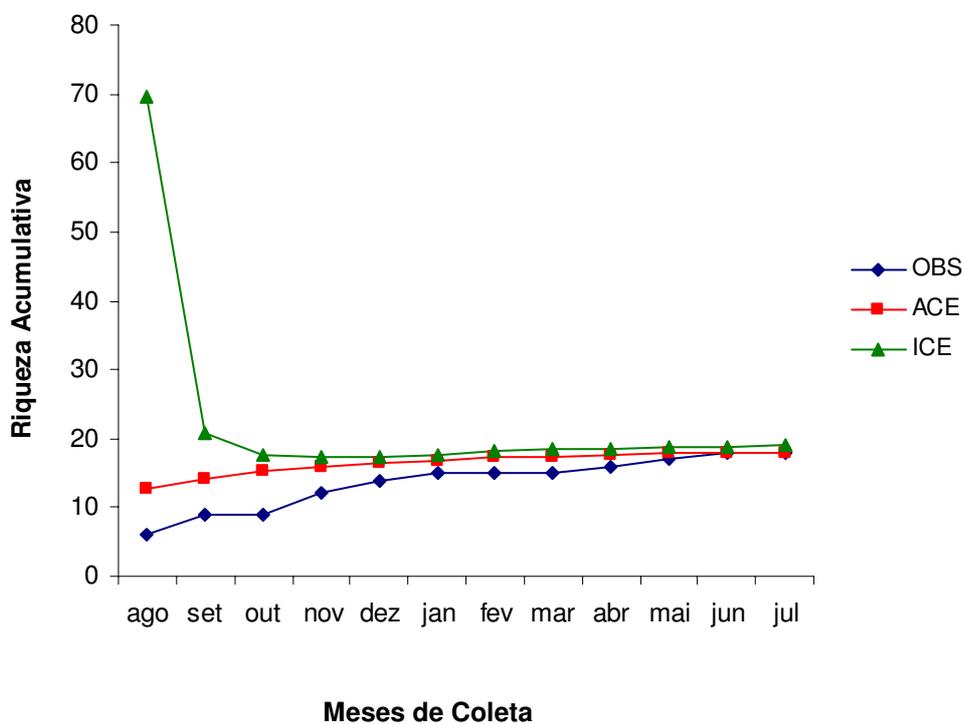


Figura 4A-B: Curvas de acumulação de riqueza estimadas pelos métodos ACE e ICE comparada com a riqueza observada (OBS). **A.** Armadilhas abertas. **B.** Armadilhas fechadas.

Tabela 1: Abundância total das espécies coletadas em armadilhas abertas (A).

Espécies	Códigos	Armadilhas Abertas																				
		A1	A2	A2	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	Total
<i>Z. indianus</i>	zap	26	8	20	63	44	10	8	2	14	28	4	0	0	8	1	4	0	4	0	2	246
<i>S. latifasciaeformis</i>	scp	2	5	3	46	9	3	0	0	36	13	1	1	0	0	2	1	1	0	0	0	123
<i>D. simulans</i>	sim	63	46	65	89	97	59	39	88	72	62	21	8	19	17	32	31	31	15	23	17	894
<i>D. malkerotiana</i>	mal	2	6	21	16	16	14	10	10	18	28	1	20	14	4	21	17	16	25	1	0	260
<i>D. polymorpha</i>	pol	4	6	8	21	4	6	4	6	16	32	2	10	7	8	0	7	1	1	3	7	153
<i>D. nebulosa</i>	neb	13	1	3	2	6	0	0	1	4	0	1	4	0	1	2	1	9	2	1	4	55
<i>D. guarani</i>	gua	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>D. mediopunctata</i>	mdp	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. mediostriata</i>	mdt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. ararama</i>	ara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. willistoni</i>	wil	44	26	40	1	17	7	21	29	16	7	31	48	82	14	67	87	30	34	48	66	715
<i>D. mercatorum</i>	mer	5	0	3	3	13	1	5	1	5	3	3	1	2	2	0	1	4	0	0	0	52
<i>D. paranaensis</i>	par	4	7	7	2	2	4	7	6	1	6	1	1	4	3	1	2	2	2	1	0	63
<i>D. sturtevanti</i>	stu	32	14	10	19	36	21	29	23	20	16	14	13	5	23	13	7	12	21	12	12	352
<i>D. prosaltans</i>	pro	0	2	1	11	3	4	1	0	0	1	4	6	2	1	2	5	7	4	0	3	57
<i>D. austrosaltans</i>	aus	2	1	0	3	2	0	5	1	2	2	4	4	1	1	1	6	11	1	0	3	50
Total		197	122	181	280	249	129	129	167	204	198	87	118	136	83	142	169	124	109	89	114	3027

Tabela 2: Abundância total das espécies coletadas em armadilhas fechadas (F).

Espécies	Códigos	Armadilhas Fechadas																				
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	Total
<i>Zapronus indianus</i>	zap	76	102	84	69	111	82	91	102	85	82	3	5	1	7	19	1	11	4	2	11	948
<i>Scaptodrosophila</i>	scp	8	11	17	6	4	13	3	24	5	3	10	8	0	5	0	0	0	7	0	0	124
<i>D. simulans</i>	sim	329	240	154	232	383	305	281	343	241	261	180	157	98	27	75	106	80	89	48	93	3722
<i>D. malerkotiliana</i>	mal	38	14	10	13	20	24	27	12	10	11	17	26	21	40	10	33	20	8	33	16	403
<i>D. melanogaster</i>	mel	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. polymorpha</i>	pol	21	18	12	16	24	18	25	19	9	17	10	7	10	16	15	12	30	81	22	7	389
<i>D. nebulosa</i>	neb	10	18	19	6	17	15	17	25	10	14	16	15	11	17	17	19	52	63	43	17	421
<i>D. guarani</i>	gua	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	1	3	0	1	2	0	0	0	0	0	12
<i>D. mediopunctata</i>	mdp	0	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7
<i>D. mediotriata</i>	mdt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	5
<i>D. immigrans</i>	img	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>D. ararama</i>	ara	1	1	1	0	0	1	1	5	2	0	0	3	0	3	0	1	0	0	0	3	22
<i>D. willistoni</i>	wil	49	42	48	42	18	52	34	19	33	56	143	101	103	167	121	95	139	376	209	192	2039
<i>D. mercatorum</i>	mer	46	49	40	47	10	16	16	20	13	0	5	5	12	3	4	9	4	6	4	8	317
<i>D. paranaensis</i>	par	84	63	50	38	21	16	5	10	2	10	4	4	18	4	4	8	5	5	4	6	361
<i>D. sturtevanti</i>	stu	16	30	54	23	21	38	47	36	42	39	12	17	25	8	12	6	17	25	16	38	522
<i>D. prosaltans</i>	pro	0	1	0	0	2	1	1	5	0	1	1	2	2	5	2	1	6	2	4	1	37
<i>D. austrosaltans</i>	aus	2	1	3	0	1	0	0	0	1	3	3	3	3	1	2	3	6	2	4	3	41
Total		680	591	492	494	633	582	551	621	455	500	406	358	305	304	284	294	370	669	390	395	9374

Tabela 3: Valores do índice de diversidade de Shannon-Winer (H') obtidos para as armadilhas abertas e as fechadas.

Número da Armadilha	Tipos de Armadilhas	
	Aberta	Fechada
1	0,80	0,75
2	0,81	0,81
3	0,80	0,88
4	0,84	0,76
5	0,81	0,61
6	0,75	0,72
7	0,83	0,72
8	0,64	0,69
9	0,84	0,67
10	0,85	0,68
11	0,80	0,65
12	0,82	0,74
13	0,59	0,76
14	0,87	0,71
15	0,64	0,74
16	0,70	0,73
17	0,87	0,79
18	0,77	0,63
19	0,53	0,68
20	0,60	0,69

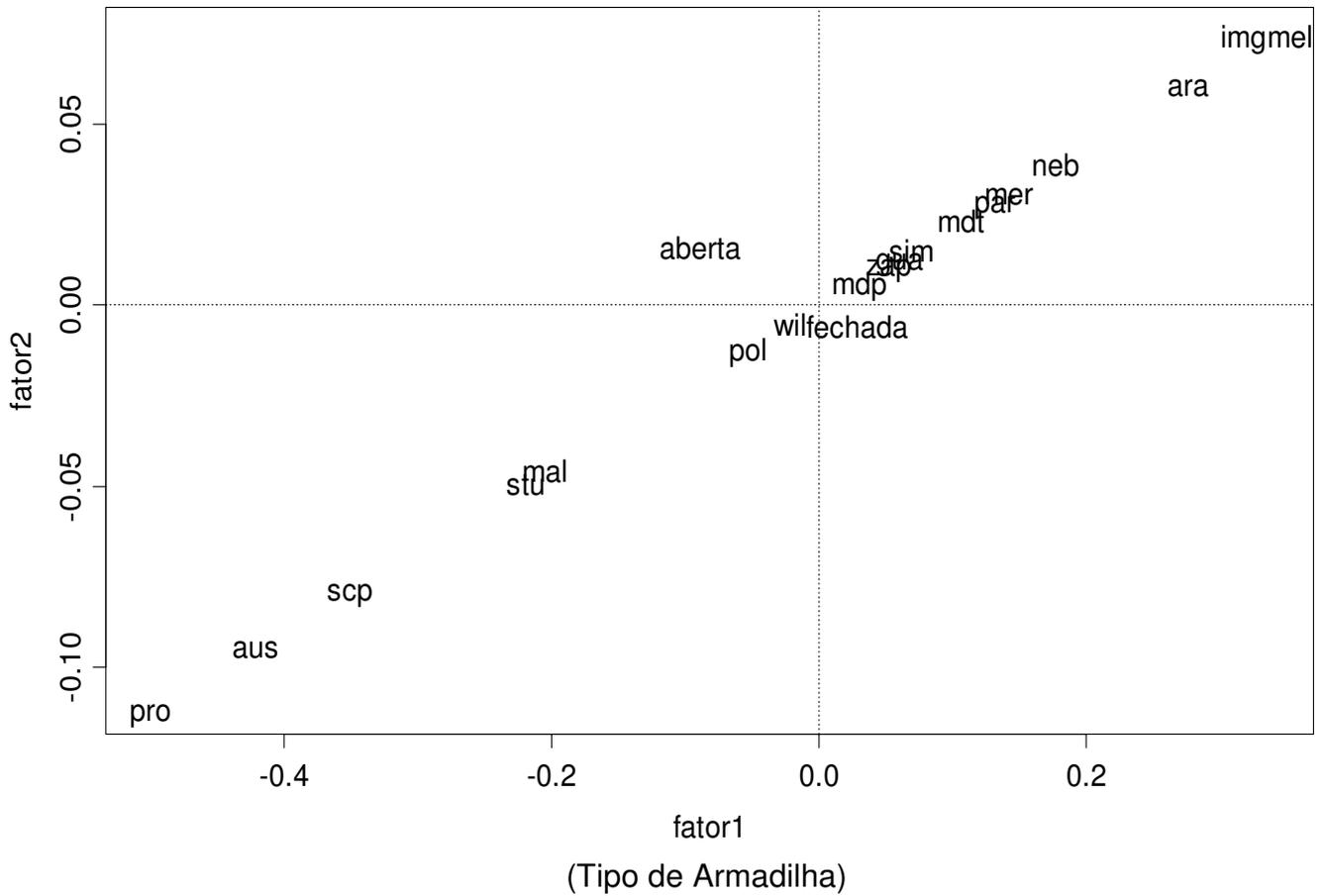


Figura 5: Análise de Dependência relacionando os tipos de armadilha utilizados, armadilhas abertas ou fechadas, e a riqueza de espécies. *D. prosaltans* (pro), *D. austrosaltans* (aus), *S. latifasciaeformis* (scp), *D. sturtevantii* (stu), *D. malerkotliana* (mal), *D. polymorpha* (pol), *D. willistoni* (wil), *D. mediopunctata* (mdp), *Z. indianus* (zap), *D. guarani* (gua), *D. simulans* (sim), *D. mediotriata* (mdt), *D. paranaensis* (par), *D. mercatorum* (mer), *D. nebulosa* (neb), *D. ararama* (ara), *D. imigrans* (img) e *D. melanogaster* (mel).

V. Referências Bibliográficas

- AMARAL, O. 2004. Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas. UNESP. São José do Rio Preto. São Paulo.
- BELO, M. & OLIVEIRA-FILHO, J. J. 1978. Espécies domésticas de *Drosophila*. V. Influências de fatores ambientais no número de indivíduos capturados. Rev. Brasil. de Biol.. 36: 903-909.
- BURLA, H., DA CUNHA, A. B., CAVALCANTI, A. G. L., PAVAN, C. & DOBZHANSKY, T. 1950. Population density and dispersal rates in brazilian *Drosophila willistoni*. Ecology. 31: 393-404.
- COLWELL, R. K. 2004. Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7. Persistent URL.
- CORDEIRO, J. A. 1987. Analysis of Dependency. Relatório Técnico 48/87, IME-UNICAMP. Campinas.
- DOBZHANSKY, T. & PAVAN, C. 1950. Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila* in Brazil. J. Anim. Ecol.. 19: 1-14.
- FREIRE-MAIA, N. & PAVAN, C. 1949. Introdução ao estudo de *Drosophila*. Cultus. n. 5. 71p.
- KANESHIRO, K. Y. 1969. A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species basead on external male genitalia. *Univ. Texas Pub.*6918: 55-70.
- KLACZKO, L. B., POWELL, J. R. % TAYLOR, C. E. 1983. *Drosophila* baits and yeasts: species attracted. Oecologia. 59: 411-413.
- KRATZ, F. L., PINTO, L. G., BRANDÃO, D. & FARIA, L. G. 1982. Altura de vôo e o padrão de distribuição espacial em *Drosophila*. Cienc. Cult.. 34: 203-209.
- KREBS, C. J. 1999. Ecological methodology. Addison Wesley Educational Publishrs, Menlo Park.
- MEDEIROS, H. F. & KLACZKO, L. B. 1999. A weakly biased *Drosophila* trap. *Drosophila Inf. Serv.*. 82: 100-102.
- MEDEIROS, H. F. 2000. Assembléias de Espécies de *Drosophila* (Díptera; Drosophilidade) e Efeitos de Cursos d'Água sobre suas Distribuições em

- duas matas de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biologia. UNICAMP. Campinas.
- MEDEIROS, H. F. & KLACZKO, L. B. 2004. How many species of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) remain to be described in the forests of São Paulo, Brazil? Species lists of three forest remnants. Biota Neotrop. 4 (1) <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?article+BN0160401200> 4.
- MOURÃO, C. A. 1966. Estudos ecológicos e taxonômicos em populações naturais do gênero *Drosophila* Fällén (1823) que habitam duas matas no município de Mirassol /SP. Tese de Doutorado. USP. São Paulo.
- PARSON, P. A. 1975. The effect of temperature and humidity on the distribution patterns of *Drosophila inornata* in Victoria, Australia. Environ. Entomol.. 4: 961-964.
- PAVAN, C. 1959. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. Bol. Fac. Filos., Cienc. e Letras Univ. S. Paulo (86), Biologia Geral. 11:7-81.
- PAVAN, C., DOBZHANSKY, T. & BURLA, H. 1950. Diurnal behavior of some neotropical species of *Drosophila*. Ecology. 31: 36-43.
- SENE, F. M., PEREIRA, M. A. Q. R., VILELA, C. R. E BIZZO, N. M. V. 1981. Influence of different ways to set baits for collection of *Drosophila* flies in three natural environments. *Drosophila* Inf. Serv.. 56: 118-121.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological Methods Whith Particular Reference to the Study of Insect Populations. Chapman an Hall. London.
- TIDON-SKLORZ, R. & SENE, F. M. 1992. Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. Rev. Brasil. de Biol.. 52: 311-317.
- TORRES, F. R. & MADI-RAVAZZI, L. 2006. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodland in the state of São Paulo, Brazil. Iheringia, Ser. Zool.. 96(4): 437-444.
- VILELA, C. R. 1983. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). Revta. Bras. Ent.. 27: 1-114.
- ZAR, J. H. 1999. Biostatistical Analysis. New Jersey, Prentice Hall. 663p.

Capítulo 2:

**COMUNIDADE DE DROSOFILÍDEOS
DA BORDA E DO INTERIOR DE UM
FRAGMENTO FLORESTAL**

I. Introdução

Um problema ecológico atual é a perda de diversidade biológica devido à substituição da cobertura vegetal natural por campos de pastagem, agricultura, instalações urbanas e outros fatores antrópicos. A perda de habitat constitui, hoje, a principal causa da perda de diversidade. Em geral, o que resulta dessa ação antrópica são manchas da vegetação natural, pequenos fragmentos florestais isolados uns dos outros (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Vários fatores advindos da fragmentação de habitat, como efeitos de borda, impedimento de taxa de migração entre fragmentos, diminuição do tamanho populacional efetivo, perda de variabilidade genética e invasão de espécies exóticas, contribuem para a deterioração de uma paisagem composta por fragmentos florestais. Um dos fatores que mais afetam o fragmento florestal é o efeito de borda. O microambiente na borda de fragmento é diferente daquele do interior da floresta. Alguns dos efeitos de borda mais importantes são os aumentos de temperatura, de luminosidade, de vento, de espécies invasoras de áreas abertas, e diminuição da umidade (RODRIGUES, 1998; KAPOs, 1989; BIERREGAARD et al, 1992; MURCIA, 1995).

Moscas do gênero *Drosophila* têm sido muito utilizadas em estudos ecológicos por serem insetos altamente sensíveis a pequenas modificações do ambiente, o que reflete no tamanho populacional e na diversidade de espécies ocupando um determinado habitat (BIZZO & SENE, 1982). Além disso, a característica cosmopolita do grupo (grande diversidade na maior parte dos ecossistemas terrestres) e a facilidade de coletar esses organismos no ambiente natural torna-o um excelente material de estudo (PARSON, 1991; FOOTE & CARSON, 2004).

Dobzhansky & Pavan (1950) e Mourão (1966) já haviam observado que as populações naturais de *Drosophila* respondiam às mudanças climáticas locais por meio de variações no tamanho populacional. Nos últimos anos, a ecologia desse grupo foi retomada pelos drosofilistas e vários trabalhos associam variáveis ambientais a alterações na comunidade de drosofilídeos, em especial os do gênero *Drosophila*. Alguns parâmetros da comunidade de *Drosophila*, como a riqueza de espécies e a abundância populacional, têm sido

utilizados para avaliar vários problemas ambientais como, tipos de fisionomias vegetais, fragmentos de diferentes tamanhos (TIDON, 2006), ambientes em vários estados de conservação (AMARAL, 2004; NORMA et al., 2005; MATEUS et al., 2006), proximidade de recurso hídrico (MEDEIROS, 2006) e até mesmo o aquecimento global (BALANYA et al., 2006). Esses trabalhos produziram informações importantes sobre as comunidades de drosofilídeos e as relacionaram com as características do ambiente em que esses organismos se inserem.

Martins (1989) amostrou as comunidades de *Drosophila* em áreas de mata contínua de reservas não isoladas, no interior de fragmentos de floresta das reservas não isoladas e em áreas recentemente desmatadas, vizinhas às reservas isoladas. Este foi um dos primeiros trabalhos que relacionou as comunidades de *Drosophila* com o problema da fragmentação de habitat. Dados sobre as comunidades de *Drosophila* em áreas de borda e de interior de fragmentos florestais foram mais bem explorados por Amaral (2004), o qual observou diferenças relevantes nas comunidades dessas duas áreas. Ainda assim, a dinâmica populacional de drosofilídeos nesses dois ambientes não foi bem estabelecida e, também não é conhecido como os efeitos de borda afetam as populações endêmicas e as invasoras de *Drosophila*. Estudos sobre as comunidades de drosofilídeos de áreas de borda e interior podem fornecer informações importantes sobre as condições ambientais do fragmento e estabelecer estratégias de manejo para essas áreas, além de produzir argumentos científicos para o estabelecimento de novas reservas ambientais.

II. Objetivos

Esse trabalho comparou a fauna de drosofilídeos da borda e do interior de um fragmento florestal, e avaliou a sazonalidade, a riqueza e a dominância de espécies em cada área, além de verificar a influência de fatores ambientais e identificar espécies de drosofilídeos bioindicadoras.

III. Material e Método

a) Área e método de coleta

O estudo foi realizado na Estação Ecológica de Paulo de Faria (19°55' a 19°58'S e 49°31'a 49°32'W), um fragmento de floresta estacional semidecidual com 435 hectares, localizado no município de Paulo de Faria, à margem esquerda do Rio Grande. Na região noroeste do Estado de São Paulo, onde se insere o fragmento em estudo, o clima é caracterizado por duas estações bem definidas, a seca, que ocorre de abril a setembro e a estação úmida, entre os meses de outubro a março.

As coletas foram realizadas mensalmente de agosto de 2004 a julho de 2005, sendo que o período de abril a setembro corresponde à estação quente e seca e o período de outubro a março à estação fria e chuvosa. Foram estabelecidas duas áreas de coleta, borda e interior do fragmento (Figura 1). Em cada uma dessas regiões foram estabelecidos dez pontos de coleta, distantes dez metros uns dos outros. As armadilhas utilizadas foram do tipo fechada e foram colocadas a uma altura de aproximadamente, 1,5 metro do solo e continham isca de banana nanica macerada com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*). As armadilhas ficaram expostas na área de coleta por três dias.

O índice pluviométrico mensal e diário para o período de coleta foi fornecido pela Casa da Agricultura do Município de Paulo de Faria, sendo que as medições foram realizadas pela CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral), regional Votuporanga/SP.

A identificação dos drosofilídeos foi realizada com o auxílio de chave de identificação (FREIRE-MAIA & PAVAN, 1949; VILELA, 1983), pela observação de características morfológicas externas e, para as espécies crípticas foi analisada uma região da terminália masculina, o edeago, o qual é característico para cada espécie. A identificação da genitália masculina foi realizada segundo Kaneshiro (1969), com modificações (TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006).

Para a comparação das comunidades de borda e interior do fragmento foi realizada uma análise categorizada, na qual os drosofilídeos foram distribuídos em três grupos distintos, seguindo o padrão utilizado por Tidon

(2006): (1) o grupo das espécies endêmicas da região neotropical (Neo), no qual foram agrupadas as espécies nativas de *Drosophila*; (2) o grupo das espécies invasoras (Inv), o qual continha as espécies invasoras de *Drosophila* mais as do subgênero *Scaptodrosophila* e, (3) (Zap) composta por uma única espécie, *Zaprionus indianus*, um drosofilídeo africano recentemente introduzido no Brasil.

b) Análises ecológicas

Para verificar a eficiência amostral foram construídas curvas de acumulação de riqueza (ACE, ICE) pela aplicação de estimadores de riqueza, com o programa Estimate Swin 7.0 (COLWELL, 2004). Para a comparação da comunidade das áreas em estudo foram realizadas análises ecológicas separadamente, para a borda e para o interior da mata. A abundância populacional e a riqueza de espécies foram analisadas de forma descritiva a partir da elaboração de gráficos (elaborados no programa Excel® 7.0 para Microsoft windows®). A influência das estações sobre a comunidade de drosofilídeos foi avaliada por Análise de Dependência (CORDEIRO, 1987).

IV. Resultados

a) Análise da composição e abundância das espécies

As curvas estimadas pelos métodos ACE e ICE se aproximaram das obtidas em ambas as áreas de coleta. Na borda, os dois estimadores de riqueza apresentaram uma tendência para estabilização, entretanto, no interior as curvas estimadas não estabilizaram (Figura 2).

Foram capturados no total 13.532 drosofilídeos, sendo 7.624 (56,34%) na borda e 5.908 (43,66%) no interior do fragmento, distribuídos em 17 espécies, mais o subgrupo saltans e o grupo *repleta* (Tabela 1). As comunidades de drosofilídeos das duas áreas diferiram principalmente quanto às espécies mais abundantes. Na borda as espécies dominantes (com maior número de indivíduos capturados) foram *D. simulans* (44,25% do total), *Zaprionus indianus* (17,40%) e *D. sturtevantii* (10,47%). No interior, as

dominantes foram *D. willistoni* (48,38%), *D. simulans* (17,33%) e *D. sturtevanti* (8,09%) (Figura 3).

As análises das duas estações climáticas características de Paulo de Faria, estações seca e chuvosa, estão representadas na Tabela 2. Durante o período de seca, na borda da mata, foram coletados 3.622 drosofilídeos (26,77% do total), sendo as espécies mais abundantes *D. simulans* (13,20%), *Z. indianus* (3,99%) e *D. willistoni* (2,62%) e na estação chuvosa, foram coletadas 4.002 (29,57%) moscas, sendo as espécies dominantes *D. simulans* (11,74%), *Z. indianus* (5,60%) e *D. sturtevanti* (5,25%) (Figura 4A).

No interior do fragmento, na estação de seca foram capturados 2.065 indivíduos (15,24%) e as espécies dominantes foram *D. willistoni* (6,63%), *D. simulans* (5,75%) e *D. malerkotliana* (1,09%), enquanto na estação chuvosa foram coletados 3.846 drosofilídeos (28,42%), sendo as espécies mais abundantes *D. willistoni* (14,49%), *D. sturtevanti* (3,10%) e *D. nebulosa* (2,31%) (Figura 4B).

A Análise de Dependência evidencia que as estações influenciam a riqueza de espécies nas áreas de borda e interior do fragmento (Figura 5A-B). As espécies *D. mediopunctata* e *D. mediotriata* foram capturada apenas na estação de seca, a primeira associada à borda e a segunda ao interior. *Drosophila ararama* e *D. malerkotliana* associam-se ao interior na seca e à borda na estação chuvosa. *Drosophila guarani* e *D. polymorpha* relacionam-se com a borda na seca e com o interior na estação chuvosa. *Drosophila willistoni* associa-se ao interior nas duas estações, mas apresenta maior proximidade com essa região na estação chuvosa. *Drosophila simulans* apresenta uma posição intermediária (entre a borda e o interior) na estação de seca, entretanto no período de chuva relaciona-se com a borda. As espécies *S. latifasciaeformis*, *Z. indianus* e *D. melanogaster* apresentam associação com a borda nas duas épocas do ano.

b) Grupos de drosofilídeos

As espécies coletadas na borda e no interior do fragmento foram distribuídas em três categorias de drosofilídeos para uma melhor compreensão das comunidades dessas áreas, borda e interior (Tabela 3). A análise desses

diferentes grupos evidenciou uma maior abundância das categorias de invasoras e de *Z. indianus* na borda da mata, enquanto que no interior o grupo mais representativo foi o neotropical (Figura 6).

Em relação à distribuição e à abundância dos grupos de drosofilídeos durante as estações climáticas foi verificada uma porcentagem maior de captura para as espécies invasoras (49%) do que para as neotropicais (32%) e por último *Z. indianus* (19%) na borda da mata na estação chuvosa (quente e úmida) (Figura 7A). Nessa mesma estação, no interior da mata, os valores se inverteram, sendo que a maior porcentagem de captura foi para as espécies neotropicais (89%), seguida pelas invasoras (10%) e *Z. indianus* (1%) (Figura 7B). Na estação de seca (fria e seca), as diferenças seguiram na mesma ordem de grandeza, na borda as invasoras foram capturadas em maior porcentagens (53%) do que as neotropicais (32%) e do que *Z. indianus* (15%) e no interior da mata a ordem de captura foi as neotropicais (53%) seguida pelas invasoras (45%) e por *Z. indianus* (2%) (Figura 7A-B).

Comparando as coletas realizadas no trabalho de Amaral (2004) com as do presente trabalho (Tabela 3) verificamos que a ordem de grandeza nas porcentagens de captura para esses grupos de drosofilídeos avaliados não apresentou mudanças substanciais. Entretanto, destaca-se um aumento no número total de espécimes capturadas na estação fria/seca tanto na borda (3598 espécimes) quanto no interior (2060 espécimes) da mata quando comparado com os dados de Amaral (2004), que obteve respectivamente 1392 e 575 espécies capturadas nessa estação.

Em relação à espécie *Z. indianus* foi verificada uma pequena queda nas porcentagens totais de captura na borda (17%) e no interior (1%) da mata, obtida pelo presente trabalho quando comparada com a obtida por Amaral (2004) (20% na borda e % % no interior do fragmento).

Esses dados indicam um equilíbrio relativo dessa recente invasora, *Z. indianus*, com as populações das espécies residentes e uma dificuldade dessa espécie em se estabelecer em altos números no interior do fragmento.

V. Discussão

As curvas obtidas pelos estimadores de riqueza ACE e ICE aproximaram-se da curva obtida, o que indica que a amostragem foi eficiente. Entretanto, para o interior da mata as curvas não se estabilizaram indicando que com maior esforço amostral poderiam ser coletadas outras espécies. Isso pode ser explicado pela presença de outros recursos alimentares competindo com a isca (por exemplo, árvores frutíferas) no interior da mata e pela maior incidência de ventos na borda (disseminação do odor da isca). Esses fatores podem ter favorecido a atratividade da isca na borda da mata, o que resultou em uma maior eficiência amostral nessa área.

A alta abundância de duas invasoras, *Drosophila simulans* e *Zaprionus indianus*, na borda da mata corrobora dados da literatura que associam essas espécies a ambientes abertos e com maior estresse ambiental (SAAVEDRA et al, 1995; TIDON et al, 2003; AMARAL, 2004; SILVA et al., 2005; FERREIRA & TIDON, 2005). O mesmo ocorreu com *D. willistoni*, uma espécie característica de ambientes preservados (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004), a qual foi coletada principalmente no interior do fragmento. *Drosophila sturtevanti* ocorreu com alta abundância nos dois ambientes; essa espécie é nativa da fauna neotropical e tem sido coletada também em ambientes urbanizados (PENARIOL et al, 2004; TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006).

Outros trabalhos ecológicos com *Drosophila* obtiveram padrões de abundância semelhantes aos dessas espécies. Silva et al (2005) avaliou as comunidades de drosofilídeos em três áreas da cidade de Porto Alegre em diferentes estados de preservação e observou que nas áreas com nível baixo e intermediário de urbanização as espécies do subgrupo *willistoni* foram mais abundantes do que as do grupo *melanogaster* (no qual se insere *D. simulans*). Já na área altamente urbanizada o grupo *melanogaster* foi mais abundante do que o subgrupo *willistoni*. Essas três áreas estão localizadas em ambiente urbano e a espécie dominante em todas elas foi *Z. indianus*.

Os eventos de colonização são importantes não somente porque eles representam uma oportunidade para o estudo da evolução, mas também porque eles podem representar um perigo potencial para a estabilidade das comunidades nativas de animais e plantas. Nas últimas décadas, têm sido

documentados alguns exemplos de colonização na fauna Neotropical de Drosophilidae. Por exemplo, a espécie asiática *D. malerkotliana*, teve sucesso em sua colonização no Brasil em áreas de vegetação aberta (SENE & VAL, 1977; SENE et al, 1980; VAL & SENE, 1982). Em 1980, Martins (1989) detectou essa espécie na floresta Amazônica e a partir daí *D. malerkotliana* se expandiu pelas comunidades de *Drosophila*, primeiramente amostrada em regiões de borda e subseqüentemente em fragmentos da floresta Amazônica, alterando as freqüências nas espécies nativas e dominantes, tal como aquelas do subgrupo *willistoni* (MARTINS, 1996).

Uma situação semelhante ocorreu com a espécie paleártica *D. subobscura* a qual colonizou com sucesso a América do Sul: no Chile desde 1978 (BRNCIC & BUDNIK, 1980; BRNCIC et al, 1981), Argentina (LOPEZ, 1985) e Uruguai (GONI & MARTINEZ, 1995), e depois a América do Norte desde 1982). No Chile, *D.subosbcura* se espalhou por todo o território, ocupando nichos não explorados pelas espécies endêmicas e outras já estabelecidas.

Fontdevila et al (1981, 1982) estudaram por muitos métodos outras espécies invasoras, tal como *D. buzzatii* endêmica na região Neotropical, e introduzida na região Paleártica. O sucesso dessa colonização foi acompanhado pela manutenção de altos níveis de variabilidade genética, expressa por diferenças nas freqüências de inversões cromossômicas.

No trabalho de Tidon (2006) em dois biomas do Cerrado: floresta de galeria e savana, todas as espécies exóticas identificadas foram encontradas nesses dois ambientes e *Z. indianus* foi a espécie mais abundante das savanas (cerrado strito sensu) e *S. latifasciaeformis* também ocorreu nesse tipo de vegetação aberta, confirmando essa preferência de habitat por essas espécies.

A rápida expansão de *Z. indianus* em território brasileiro pode ser devida à sua habilidade de viver em ambientes sob alto nível de estresse e também em ambientes associados com atividades humanas, sua capacidade de manter um nível populacional alto sob condições favoráveis e de explorar diferentes recursos de alimento.

Um dos fatores ambientais que afetam fortemente as populações de *Drosophila* neotropicais é a umidade (MOURÃO, 1966), isto pode ser corroborado pela grande variação ocorrida nas comunidades de drosofilídeos

na estação seca e na chuvosa. Esse trabalho demonstrou uma influência positiva da umidade em relação à abundância de drosofilídeos, o que foi mais evidente no interior do fragmento (na estação chuvosa o número de drosofilídeos coletados foi duas vezes maior que na estação seca) do que na borda (aumento de 14% de indivíduos na estação chuvosa em comparação com a seca). Segundo a Análise de Dependência, as estações alteram a distribuição de algumas espécies, ou seja, a espécie ocupa áreas diferentes do fragmento, borda ou interior, de acordo com a estação climática. Em relação à abundância, as espécies do interior que influenciaram fortemente a abundância na estação chuvosa foram as nativas, principalmente *D. willistoni*. Isto sugere que as espécies nativas são mais sensíveis à seca. Enquanto que as populações de drosofilídeos invasores, as quais são dominantes na borda do fragmento, ambiente mais instável, suportam melhor o estresse hídrico, e são favorecidas na estação seca, como ocorreu com *D. simulans*. Dados da literatura demonstram que *D. simulans* resiste à baixa umidade (TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006). Neste trabalho foi verificado que na estação de seca essa espécie invasora atinge o interior do fragmento, tornando-se a espécie dominante nessa área. Essa proximidade de *D. simulans* com o interior do fragmento, apenas na estação de seca é evidenciada também pela Análise de Dependência. Nesse período, que transcorreu entre as duas coletas, ocorreu uma substituição na comunidade de drosofilídeos do interior, a espécie nativa *D. willistoni*, sensível a alterações ambientais apresentou uma grande queda populacional, enquanto que *D. simulans* teve um pico de abundância. Esses dados sugerem que diante de uma variável ambiental limitante para as populações nativas, as espécies invasoras podem ser favorecidas e aumentar o tamanho populacional ou conquistarem novos ambientes (neste caso o interior do fragmento). O fragmento em estudo apresenta uma área pequena o que resulta na intensificação dos efeitos de borda. Esse processo, somado à seca drástica que ocorre nessa região, pode ter favorecido a invasão de espécies para o interior da mata. O resultado dessas invasões, em longo prazo, pode culminar na perda de diversidade de *Drosophila* e outros organismos associados a esse grupo.

Outra hipótese sugerida no presente trabalho para a substituição de espécies durante a seca no interior da mata, a qual não exclui a resistência à

baixa umidade, é de que apesar de serem mais resistentes à baixa umidade, as espécies invasoras só conseguiram se estabelecer no interior porque, nesse período, as populações de espécies nativas apresentaram grande queda populacional. Isto significa que a explosão populacional de espécies invasoras ocorreu devido à ausência ou diminuição da competição com as espécies nativas, normalmente dominantes no interior. Para a confirmação dessa hipótese seria necessário avaliar os recursos utilizados por esses dois grupos de espécies, como por exemplo, sítio de oviposição e de alimentação (frutos).

No presente trabalho obtivemos um maior número de moscas capturadas em relação ao número obtido por Amaral (2004), isto pode ser explicado em parte pela diferença na metodologia utilizada por nós (armadilhas fechadas) e por aquele pesquisador (armadilhas abertas).

Essa diferença numérica de indivíduos capturados foi acentuada na estação seca, isto pode ser devido à explosão populacional de *D. simulans* ocorrida nesse período de coleta, que representou 45% da abundância total das moscas coletadas nessa estação. Uma diferença que pode estar influenciando esses números foi observada nos valores pluviométricos obtidos na estação de seca nesses dois períodos de coleta, maior no presente trabalho (179mm) do que no de Amaral (2004) (158mm).

A comparação dos dados de 2003 e de 2005 indica um equilíbrio relativo da espécie *Z. indianus*, uma invasora recente, com as populações das espécies residentes e uma dificuldade dessa espécie exótica em se estabelecer com alta abundância no interior do fragmento. O aumento observado na abundância do grupo das espécies invasoras em 2005, nas duas estações, indica o sucesso dessas espécies, as quais têm estabelecido populações inclusive no interior do fragmento. Esse fato é agravado pela menor abundância de neotropicais em 2005 (exceto no interior da mata na estação chuvosa). Esses dados corroboram a hipótese anterior de substituição de espécies na estação de seca nessa área de estudo. Além disso, essa comparação sugere que esse processo não retorna ao equilíbrio após o período de seca, visto que em uma escala temporal, as populações de espécies invasoras foram favorecidas, enquanto as neotropicais apresentaram redução populacional.

Os dados obtidos no presente trabalho corroboram a idéia emergente de utilização de espécies de drosofilídeos como bioindicadores. A presença e/ou a alta abundância das espécies *D. simulans*, *Z. indianus* e *S. latifasciaeformis* ou de outras invasoras, indicam estresse ambiental da área em estudo. Já a presença de espécies nativas, como *D. willistoni* indica que a área está bem preservada. Embora os drosofilídeos bioindicadores sejam uma ferramenta adequada para estudos ambientais, para uma avaliação mais detalhada da comunidade de uma determinada área são necessários estudos nas diferentes estações climáticas, afim de compreender melhor as relações entre as espécies (principalmente entre as invasoras e as nativas) de drosofilídeos diante de um fator estressante, como foi a estação de seca no presente trabalho.

As diferenças observadas na comunidade de drosofilídeos da borda e do interior do fragmento indicam que os efeitos de borda atuam nesses organismos, favorecendo a invasão de espécies e limitando a ocorrência das espécies nativas. Dessa forma é necessário um acompanhamento da comunidade de drosofilídeos dessa área para que sejam propostas medidas que minimizem os efeitos de borda e evitem a perda de diversidade, principalmente das espécies nativas, que são, na maioria, espécies raras (pouco abundantes) mais sensíveis à alterações ambientais.

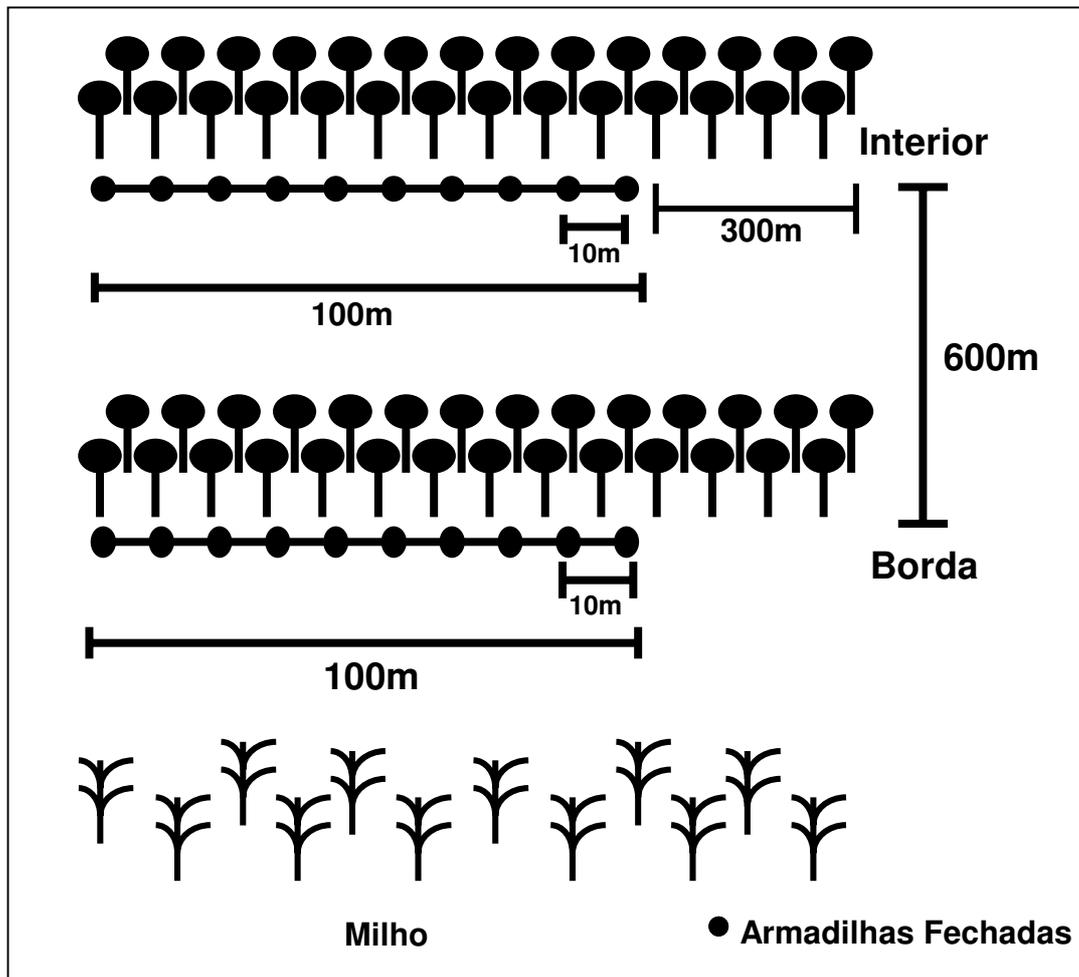
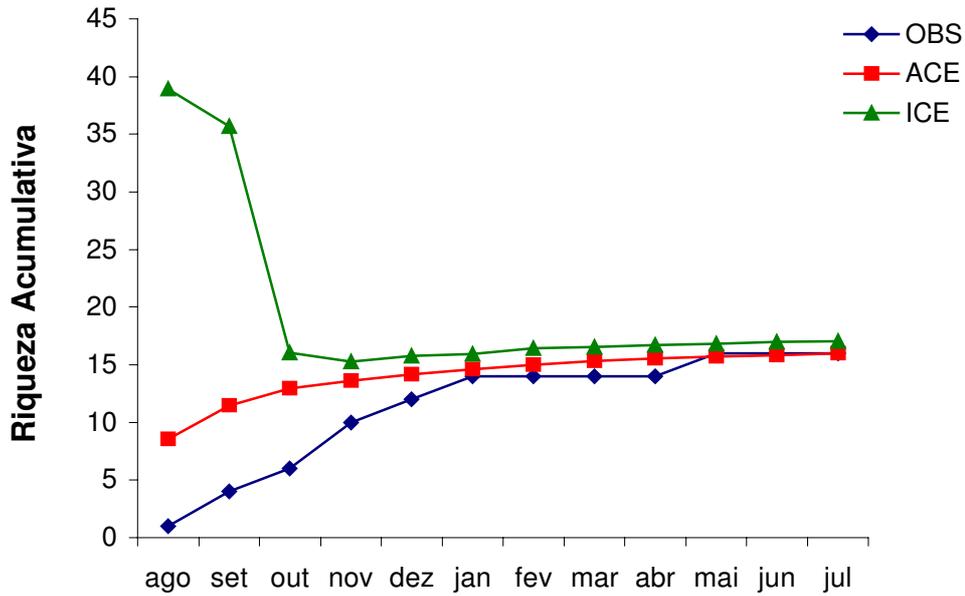


Figura 1: Desenho amostral utilizado das coletas realizadas em áreas de borda e de interior do fragmento florestal, utilizando armadilhas fechadas.

A. Borda



B. Interior

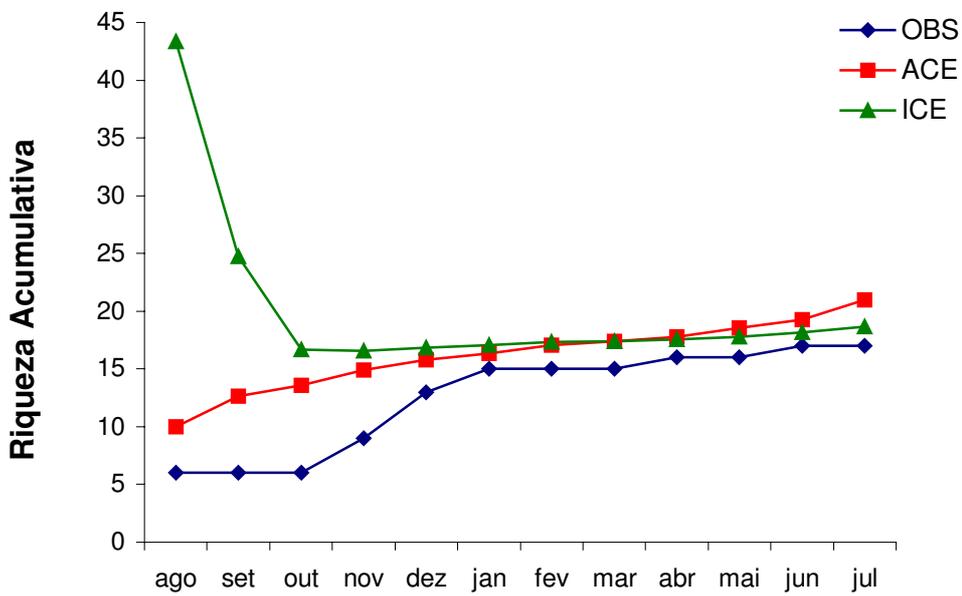


Figura 2A-B: Curvas de acumulação de riqueza estimadas pelos métodos ACE e ICE comparada com a riqueza observada (OBS). **A.** Borda. **B.** Interior.

Tabela 1: Abundância numérica (N) e relativa (%) de drosofilídeos coletados em áreas de borda e interior do fragmento.

Espécies	Símbolos	Borda		Interior		Total T
		N	%	N	%	
<i>Z. indianus</i>	zap	1298	17,03	81	1,37	1379
<i>S. latifasciaeformis</i>	scp	138	1,81	34	0,58	172
<i>D. simulans</i>	sim	3374	44,25	1024	17,33	4398
<i>D. malerkotliana</i>	mal	318	4,17	236	3,99	554
<i>D. melanogaster</i>	mel	18	0,24	1	0,02	19
<i>D. willistoni</i>	wil	431	5,65	2858	48,38	3289
<i>D. nebulosa</i>	neb	196	2,57	359	6,08	555
<i>D. polymorpha</i>	pol	243	3,19	310	5,25	553
<i>D. guarani</i>	gua	5	0,07	11	0,19	16
<i>D. mediopunctata</i>	mdp	6	0,08	1	0,02	7
<i>D. mediotriata</i>	mdt	0	0,00	5	0,08	5
<i>D. ararama</i>	ara	16	0,21	11	0,19	27
<i>D. sturtevantii</i>	stu	798	10,47	478	8,09	1276
<i>D. prosaltans</i>	pro	34	0,45	124	2,10	158
<i>D. austrosaltans</i>	aus	42	0,55	128	2,17	170
<i>D. paranaensis</i>	par	347	4,55	113	1,91	460
<i>D. mercatorum</i>	mer	311	4,08	104	1,76	415
subgrupo saltans	sgs	17	0,22	21	0,36	38
grupo repleta	gre	32	0,42	9	0,15	41
Total	T	7624	100,00	5908	100,00	13532

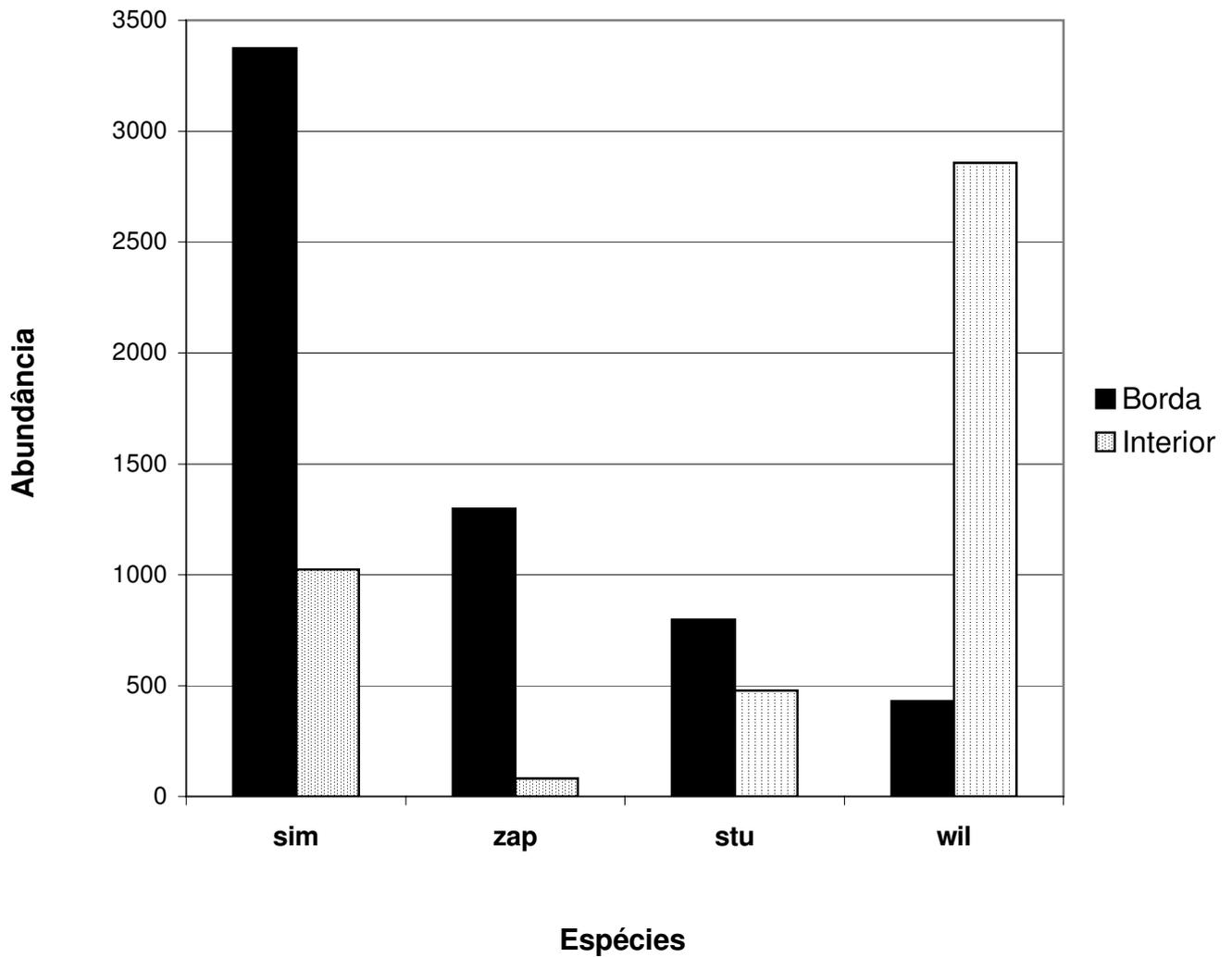
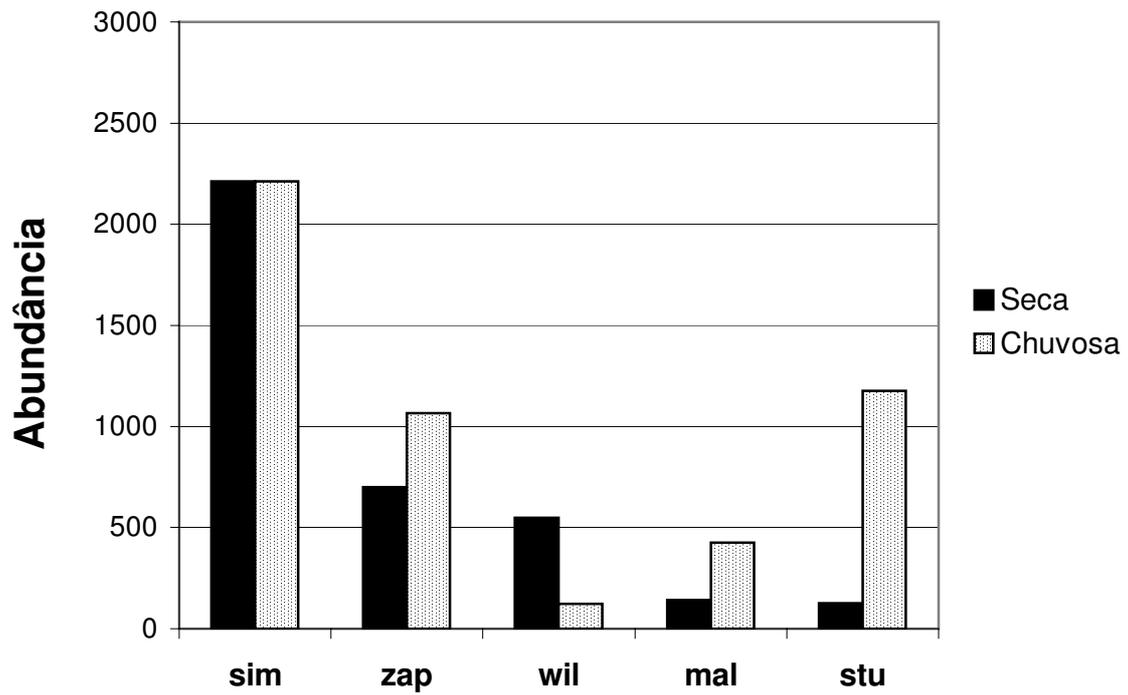


Figura 3: Espécies mais abundantes de drosofilídeos coletados na borda e no interior do fragmento florestal.

Tabela 2: Abundância numérica (N) e relativa (%) das espécies de drosophilídeos coletados nas estações seca e chuvosa, em áreas de borda e interior do fragmento.

Espécies	Seca				Chuvosa			
	Borda		Interior		Borda		Interior	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<i>Z. indianus</i>	540	3,99	32	0,24	758	5,60	49	0,36
<i>S. latifasciaeformis</i>	26	0,19	2	0,01	112	0,83	32	0,24
<i>D. simulans</i>	1786	13,20	778	5,75	1588	11,74	246	1,82
<i>D. malerkotliana</i>	95	0,70	147	1,09	223	1,65	89	0,66
<i>D. melanogaster</i>	0	0,00	0	0,00	18	0,13	1	0,01
<i>D. willistoni</i>	355	2,62	897	6,63	76	0,56	1961	14,49
<i>D. nebulosa</i>	54	0,40	46	0,34	142	1,05	313	2,31
<i>D. polymorpha</i>	129	0,95	41	0,30	114	0,84	269	1,99
<i>D. guarani</i>	5	0,04	0	0,00	0	0,00	11	0,08
<i>D. mediopunctata</i>	6	0,04	1	0,01	0	0,00	0	0,00
<i>D. mediotriata</i>	0	0,00	5	0,04	0	0,00	0	0,00
<i>D. ararama</i>	2	0,01	4	0,03	14	0,10	7	0,05
<i>D. sturtevanti</i>	88	0,65	59	0,44	710	5,25	419	3,10
<i>D. prosaltans</i>	0	0,00	0	0,00	34	0,25	124	0,92
<i>D. austrosaltans</i>	0	0,00	0	0,00	42	0,31	128	0,95
<i>D. paranaensis</i>	270	2,00	27	0,20	77	0,57	86	0,64
<i>D. mercatorum</i>	242	1,79	21	0,16	69	0,51	83	0,61
subgrupo saltans	1	0,01	1	0,01	16	0,12	20	0,15
grupo repleta	23	0,17	1	0,01	9	0,07	8	0,06
Total	3622	26,77	2062	15,24	4002	29,57	3846	28,42

A. Borda



B. Interior

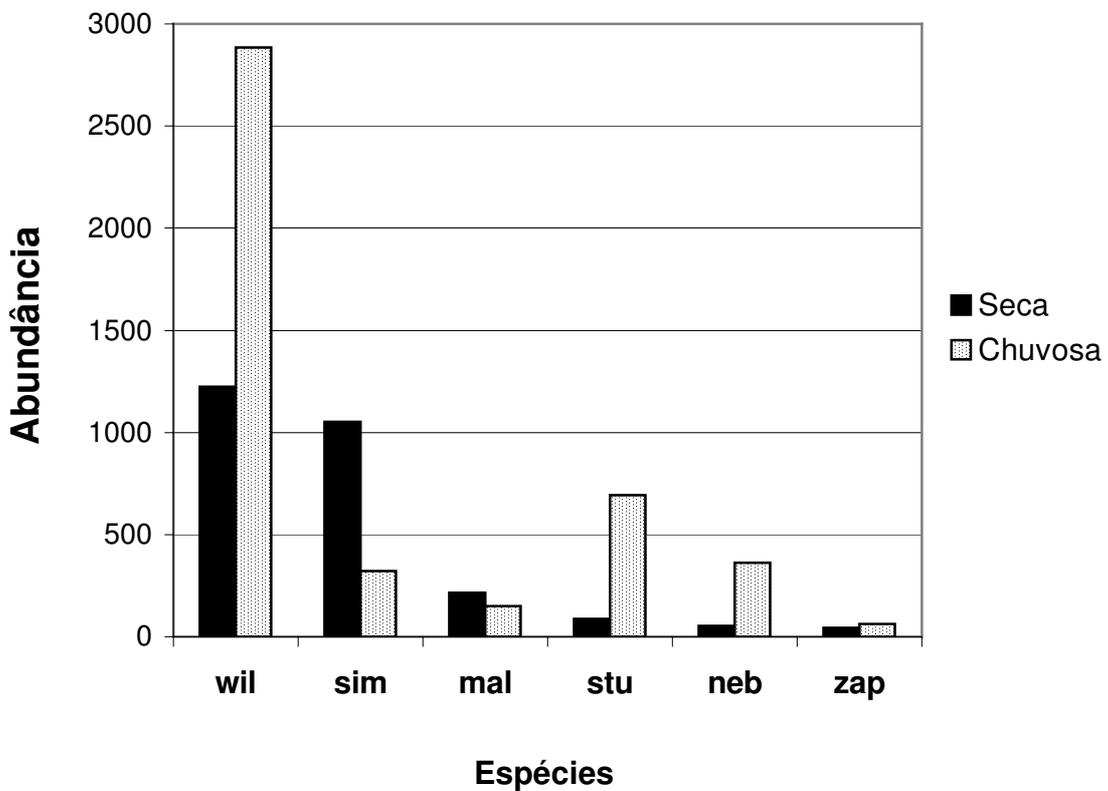


Figura 4A-B: Espécies de drosofilídeos mais abundantes coletados nas estações seca e chuvosa. **A.** Borda. **B.** Interior.

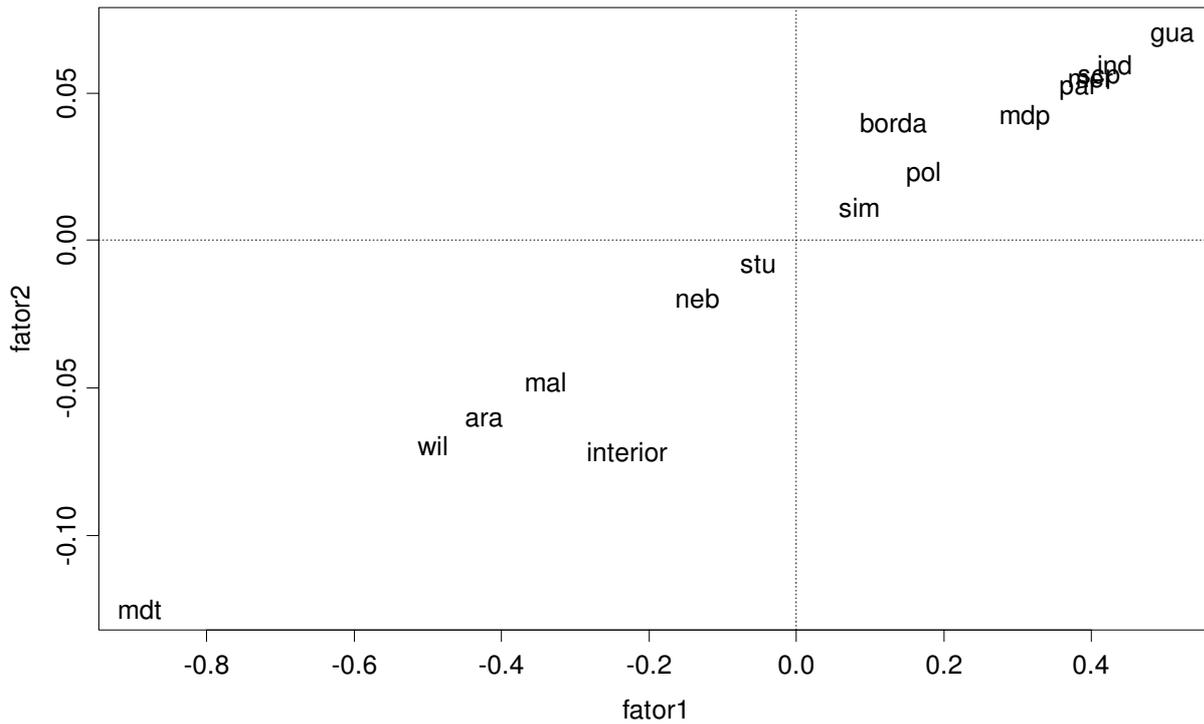
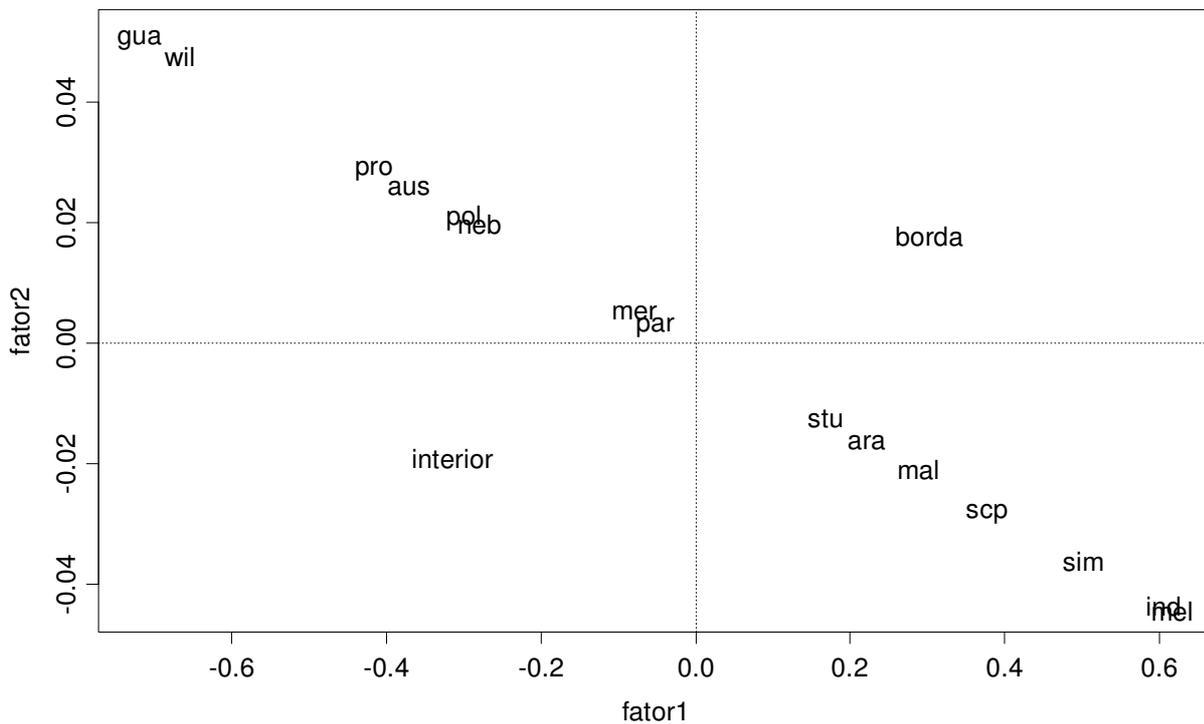
A. Estação Seca**B. Estação Chuvosa**

Figura 5A-B: Análise de Dependência relacionando as áreas de borda e de interior do fragmento florestal com a abundância e riqueza de espécies. **A.** Estação seca. **B.** Estação chuvosa. *D. mediotriata* (mdt), *D. willistoni* (wil), *D. ararama* (ara), *D. malerkotliana* (mal), *D. nebulosa* (neb), *D. stutervanti* (stu), *D. simulans* (sim), *D. polymorpha* (pol), *D. mediopunctata* (mdp), *D. paranaensis* (par), *D. mercatorum* (mer), *S. latifasciaeformis* (scp), *Z. indianus* (ind), *D. guarani* (gua), *D. austrosaltans* (aus), *D. melanogaster* (mel).

Tabela 3: Abundância dos grupos de drosophilídeos em áreas de borda e interior do fragmento de floresta, nas estações quente e úmida e fria e seca, para as coletas de Amaral (2004) em 2003 e para as coletas do presente trabalho, em 2005.

Estações	Grupos de Espécies	Borda				Interior			
		2003		2005		2003		2005	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Quente/Úmida	Neotropicals	2438	36	1278	32	3396	87	3401	89
	Invasoras	2966	44	1941	49	253	7	368	10
	<i>Zaprionus indianus</i>	1384	20	758	19	238	6	49	1
	Total	6788	100	3977	100	3887	100	3818	100
Fria/Seca	Neotropicals	506	36	1151	32	347	60	1101	53
	Invasoras	606	44	1907	53	222	39	927	45
	<i>Zaprionus indianus</i>	280	20	540	15	6	1	32	2
	Total	1392	100	3598	100	575	100	2060	100
Total	Neotropicals	2944	35	2429	32	3743	84	4502	77
	Invasoras	3572	44	3848	51	475	11	1295	22
	<i>Zaprionus indianus</i>	1664	20	1298	17	244	5	81	1
	Total	8180	100	7575	100	4462	100	5878	100

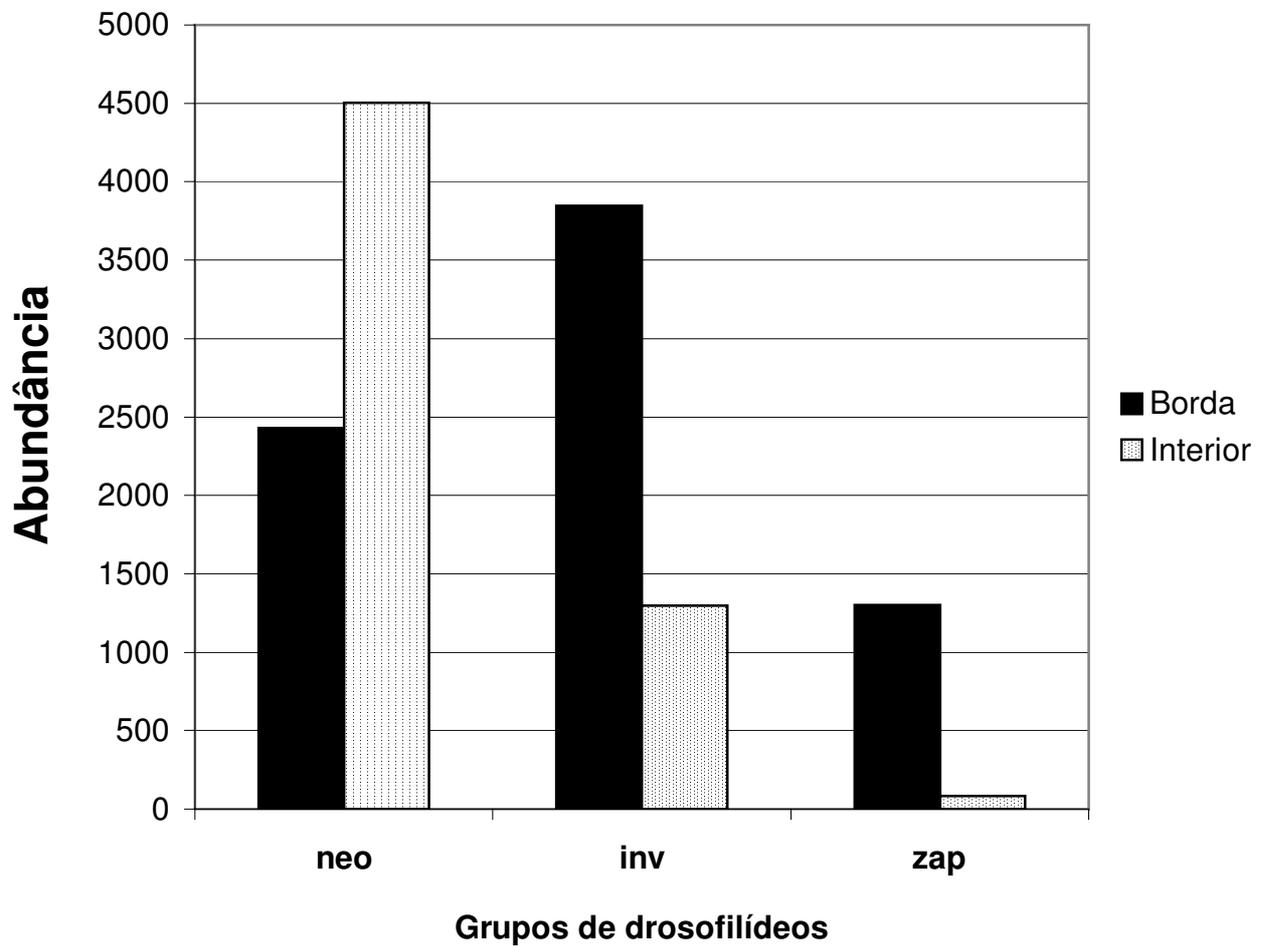
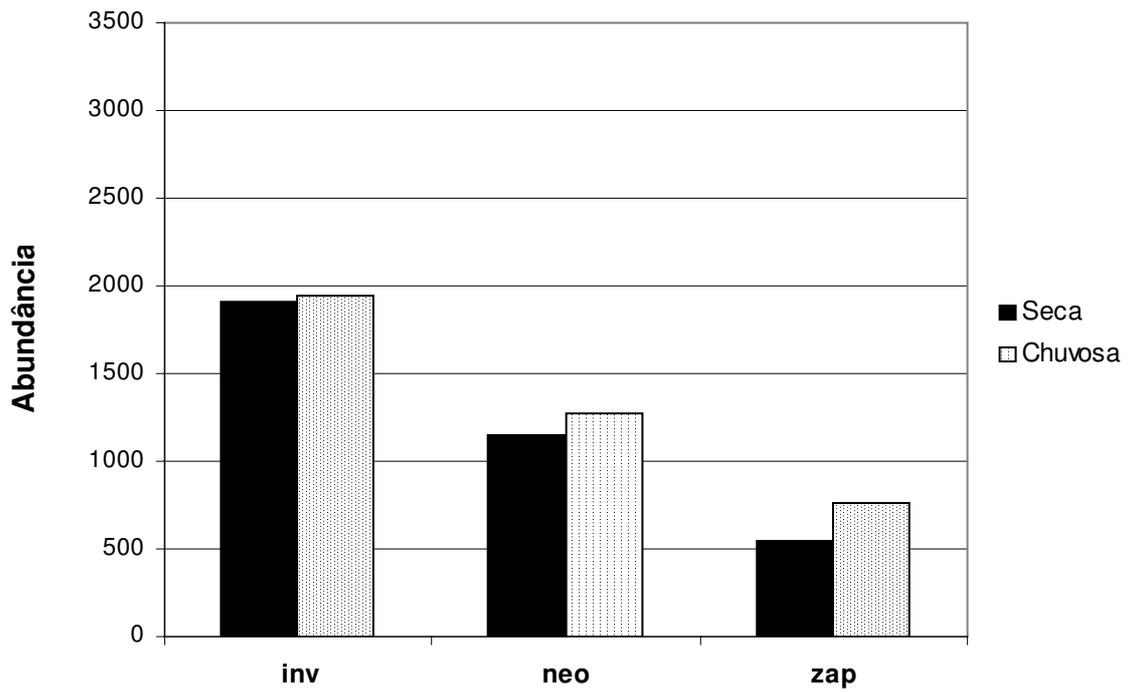


Figura 6: Abundância dos grupos de drosofilídeos na borda e no interior do fragmento florestal. Drosofilídeos neotropicais (neo), drosofilídeos invasores (inv) e *Zaprionus indianus* (zap).

A. Borda



B. Interior

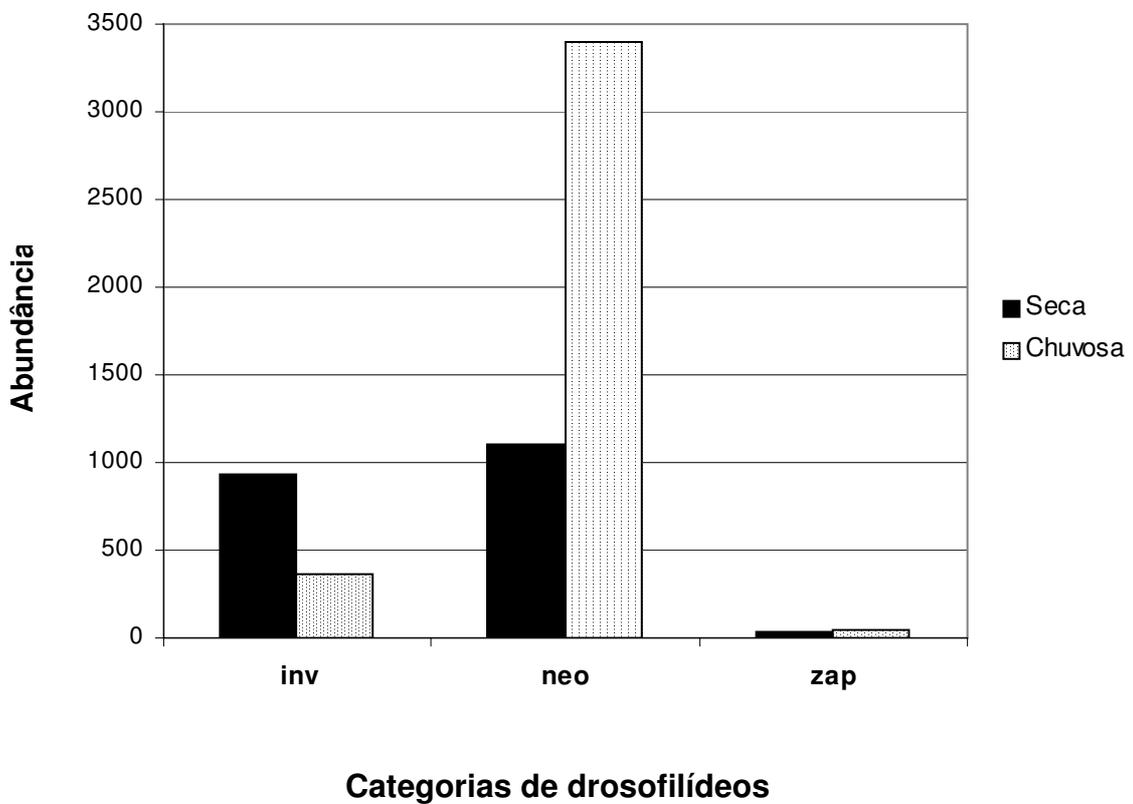


Figura 7A-B: Categorias de drosofilídeos coletados na estação seca e na chuvosa. **A.** Borda do fragmento. **B.** Interior da mata.

VI. Referências Bibliográficas

- AMARAL, O. 2004. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas. UNESP. São José do Rio Preto. São Paulo.
- BALANYA, J., OLLER, J. M., HUEY, R. B., GILCHRIST, G. W., SERRA, L. 2006. **Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura***. *Science*. 313: 1773-1775.
- BIERREGAARD, R. O. Jr., LOVEJOY, T. E., KAPOS, V., SANTOS, A. A., HUTCHINGS, R. W. 1992. **The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest**. *BioScience*. 42: 859-866.
- BIZZO N. M. V. & SENE F. M. 1982. **Studies on the natural populations of *Drosophila* from Peruibe (SP) Brazil (Diptera, Drosophilidae)**. *Revista Brasileira de Biologia*. 42: 539-544.
- BRCIC, D. & BUDNIK, M. 1980. **Colonization of *Drosophila subobscura* Collin in Chile**. *Drosophila Informative Service*. 55: 20.
- BRCIC, D., PREVOSTI, A., BUDNIK, M., MONCLÚS, M., OCÃNA, J. 1981. **Colonization of *Drosophila subobscura* in Chile. First population and cytogenetic studies**. *Genetica*. 56(1): 3-9.
- COLWELL, R. K. 2004. **Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 7. Persistent URL.
- CORDEIRO, J. A. 1987. **Analysis of Dependency**. Relatório Técnico 48/87, IME-UNICAMP. Campinas.
- DOBZHANSKY, T. & PAVAN, C. 1950. **Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila***. *Ecology*. 36:34-39.
- FERREIRA, L. B., TIDON, R. 2005. **Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization**. *Biodiversity and Conservation*. 14: 1809-1821.
- FONTDEVILA, A., RUIZ, A., ALONSO, G., OCÃNA, J. 1981. **The evolutionary history of *Drosophila buzzatii*. Natural chromosomal polymorphism in colonized populations of the Old World**. *Evolution*. 35: 148-157.

- FOOTE, D. & CARSON, H. L. 2004. ***Drosophila* as monitor of change in hawaiian ecosystems.** Our Living Resources. National Biological Service, p. 1-9. Disponível em: <http://biology.usgs.gov/s+t/noframe/t233.htm>
- FREIRE-MAIA, N. & PAVAN, C. 1949. **Introdução ao estudo de *Drosophila*.** Cultus. n. 5. 71p.
- GOÑI, B. & MARTINEZ, M. E. 1995. **First Record of *Drosophila subobscura* in Uruguay.** *Drosophila* Informative Service. 76: 164.
- KANESHIRO, K. Y. 1969. **A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species based on external male genitalia.** *Univ. Texas Pub.* 6918: 55-70.
- KAPOS, V. 1989. **Effects of isolation on the water status patches in the Brazilian Amazon.** *J. Trop. Ecol.* 5: 173-185.
- LOPEZ, M. M. 1985. ***Drosophila subobscura* has been found in the Atlantic coast of Argentina.** *Drosophila* Informative Service. 61: 113.
- MARTINS, M. B. 1989. **Invasão de fragmentos florestais por espécies oportunistas de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae).** *Acta Amazônica.* 19: 265-271.
- MARTINS, M. B. 1996. **Drosófilas e outros insetos associados a frutos de *Parahancornia amapá* disperso sobre o solo da floresta.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas. Brasil.
- MATEUS R. P.; BUSCHINI, M. L. & SENE, F. M. 2006. **The *Drosophila* community in xerophytic vegetations of the repper Paraná-Paraguai river basin.** *Braz. J. Biol.* 66(2B): 719-729.
- MEDEIROS, 2006. **Relações entre características bionômicas e fisiológicas de espécies de *Drosophila* e a distribuição de suas abundâncias na natureza.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas. São Paulo.
- MOURÃO, C. A. 1966. **Estudos ecológicos e taxonômicos em populações naturais do gênero *Drosophila* Fällén (1823) que habitam duas matas no município de Mirassol /SP.** Tese de Doutorado. USP. São Paulo.

- MURCIA, C. 1995. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation.** T. Ecol. Evol. 10:58-62.
- NORMA, M. S., FANTINEL, C. C., VALENTE, V. L. S., VALIATI, V. H. 2005. **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(3): 363-374.
- PARSONS, P. A. 1991. **Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator?** Global Ecology and Biogeography Letters. 1: 1195-1198.
- PENARIOL, L.; PÍNOLA, B.T. & MADI-RAVAZZI, L. 2004. **Estudo da diversidade e abundância de drosofilídeos em áreas de borda e interior de um fragmento florestal no Zoológico Municipal de São José do Rio Preto/SP.** In: 50° Congresso Brasileiro de Genética. Florianópolis, SC.
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. 2001. **Biologia da Conservação.** Londrina: Ed. Planta. 327p.
- RODRIGUES, E. 1998. **Edge effects on the regeneration of forests fragments in North Paraná.** Tese de Ph.D. Harvard University.
- SAAVEDRA C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES S. M. ; NAPP M. & VALENTE V. L. S. 1995. **A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities.** Zool. System. Evol. Research J. 33: 62-74.
- SENE, F. M., VAL, F. C. 1977. **Ocorrência de *Drosophila malerkotliana* Parshad & Paika 1963 na América do Sul.** Ciência e Cultura. 29(7): 716.
- SENE, F. M., VAL, F. C., VILELA, C. R., PEREIRA, M. A. Q. R. 1980. **Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil.** Papéis Avulsos de Zoologia. 33(22): 315-326.
- SILVA, N. M., FANTINEL, C. C., VALENTE, V. L. S. & VALIATI, V. H. 2005. **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.

- 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., LEITE, D. F. & LEAO, B. F. D. 2003. **Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the neotropical region: 2 years after the invasion.** 112: 299-305.
- TORRES, F. R. & MADI-RAVAZZI, L. 2006. **Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil.** . Iheringia, Ser. Zool.. 96(4): 437-444.
- VAL, F. C. & SENE, F. M. 1982. **A newly introduced *Drosophila* species in Brazil (Diptera, Drosophilidae).** Papéis Avulsos de Zoologia. 33(19): 293-298.
- VILELA, C. R. 1983. **A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae).** Revta. Bras. Ent.. 27: 1-114.

Capítulo 3:

**EXTENSÃO DA BORDA DE UM
FRAGMENTO FLORESTAL AVALIADA POR
MEIO DA ABUNDÂNCIA DE
DROSOFILÍDEOS EM UM TRANSECTO**

I. Introdução

O processo de fragmentação resulta não só na perda de habitat, como também atua nos fragmentos restantes, alterando as propriedades do habitat natural. Os principais efeitos negativos que atuam nos fragmentos são, os efeitos de borda, o impedimento de taxa de migração, a diminuição do tamanho populacional efetivo, a perda de variabilidade genética e a invasão de espécies exóticas (FAHRING, 2003).

O limite entre a vegetação natural (fragmento) e o ambiente do entorno antropomórfico é denominado de borda artificial; o microambiente na borda de fragmento é diferente daquele do interior da floresta. Alguns dos efeitos de borda mais importantes são os aumentos de temperatura, luminosidades e ventos e diminuição da umidade (RODRIGUES, 1998; KAPOs, 1989; BIERREGAARD et al, 1992). A noção geral de que os efeitos de borda são deletérios para o fragmento é amplamente aceita, contudo há pouco consenso a respeito do que é uma borda, como mensurar os efeitos de borda ou ainda como ou quanto eles são deletérios (MURCIA, 1995). Fahring, (2003) em um trabalho de revisão sobre fragmentação de habitat evidenciou que os efeitos de borda em geral são negativos, mas também podem atuar positivamente, por exemplo, aumentando a diversidade.

Os efeitos de borda apresentam uma distância de atuação em direção ao centro do fragmento, esse é um fator relevante para os estudos de comparação entre borda e interior. Dados da literatura indicam que a extensão da borda varia de 50 a 500 metros (LAURENCE, 2000), mas o consenso atual é que os efeitos de borda atingem até 150 metros para o interior do fragmento (BIERREGAARD et al, 1992; MURCIA, 1995).

A influência dos efeitos de borda têm sido estudada em diversos táxons, como vegetais (BIERREGAARD et al, 1992; LAURANCE et al, 1998; OLIVEIRA-FILHO et al, 2004), aves (KROODSMA, 1984), invertebrados (Mc GEOCH & GASTON, 2000; DEMITE & FERES, 2005; OLIVEIRA-ALVES et al, 2005) e os resultados obtidos apresentam grande divergência. Poucos estudos (AMARAL, 2004; PENARIOL, capítulo 2) avaliaram os efeitos de borda na fauna de drosofilídeos, portanto, esta é uma idéia emergente. Como já visto no capítulo 2, a assembléia de drosofilídeos difere nas áreas de borda e de interior

do fragmento em estudo, entretanto, o desenho amostral utilizado não permitiu avaliar a extensão da borda e a dinâmica de substituição de espécies nos dois ambientes. Essas informações são relevantes para o estabelecer o tamanho da borda e avaliar o processo de invasão de espécies, descrito no capítulo anterior.

II. Objetivos

Avaliar o efeito de borda e sua extensão na comunidade de drosofilídeos através do gradiente de distribuição das espécies ao longo de um transecto borda-interior.

III. Material e Métodos

a) Área e Método de Coleta

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica de Paulo de Faria (19°55' a 19°58'S e 49°31'a 49°32'W), um fragmento de floresta estacional semidecidual com 435 hectares, localizado no município de Paulo de Faria, à margem esquerda do Rio Grande. Na região noroeste do Estado de São Paulo, onde se insere o fragmento em estudo, o clima é caracterizado por duas estações bem definidas, uma quente e seca, que ocorre de abril a setembro e outra fria e úmida, entre os meses de outubro a março.

As coletas ocorreram de setembro de 2004 a agosto de 2005 e foi estabelecido um transecto de 200 metros de extensão (Figura 1). O transecto foi demarcado em onze distâncias a partir da borda em direção ao interior do fragmento (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 e 200 metros), cada distância compunha um ponto de coleta, onde foi colocada uma armadilha fechada, a uma altura de, aproximadamente, 1,5 metro do solo, a qual continha isca de banana nanica macerada com fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*). As armadilhas permaneceram expostas na mata por três dias.

A identificação dos drosofilídeos foi realizada com o auxílio de chave de identificação (FREIRE-MAIA & PAVAN, 1949; VILELA, 1983), avaliando as características morfológicas externas e, para as espécies crípticas foi analisada

uma região da terminália masculina, o edeago, o qual é característico para cada espécie. A técnica de identificação através da genitália masculina foi realizada segundo Kaneshiro (1969), com modificações (TORRES & MADIRAVAZZI, 2006).

b) Análises Estatísticas

A eficiência amostral foi avaliada pelas curvas de acumulação de riqueza construídas pelos estimadores de riqueza ACE e ICE, com o programa Estimate Swin 7.0 (COLWELL, 2004). Para a comparação da comunidade das áreas em estudo foram realizadas análises ecológicas separadamente, para cada distância do transecto.

A abundância populacional e a riqueza de espécies foram analisadas de forma descritiva a partir da elaboração de gráficos (elaborados no programa Excel® 7.0 para Microsoft Windows®). A comparação entre a distribuição das espécies e as distâncias do transecto foi realizada por Análise de Dependência (CORDEIRO, 1987).

IV. Resultados e Discussão

Foi capturado um total de 6.832 drosofilídeos em todo o transecto, distribuídos em 17 espécies. A abundância e a riqueza de espécies diferiram entre os pontos do transecto. As espécies *D. malerkotliana*, *D. polymorpha*, *D. nebulosa*, *D. guarani*, *D. immigrans*, *D. ararama*, *D. mercatorum*, *D. paranaensis* e *D. prosaltans* e *D. austrosaltans* apresentaram menor número de indivíduos capturados e ocorreram em todo o transecto, com abundâncias diferentes em cada ponto. Os drosofilídeos *Scaptodrosophila latifasciaeformis* e *D. mediopunctata* ocorreram principalmente nos pontos próximos da borda (apresentaram uma abundância maior até 80 metros). *Drosophila mediotriata* ocorreu apenas nos pontos distantes da borda (a partir de 120 metros) (Tabela 1).

Drosophila simulans foi a espécie dominante nos primeiros pontos do transecto e apresentou abundância decrescente a partir da borda (0 metros) até 80 metros em direção ao interior do fragmento, quando atingiu 70,58% de

sua abundância total. Em contrapartida, *D. willistoni* foi a espécie dominante a partir do ponto 6 (100 metros da borda) até o final do transecto (200 metros), sendo que neste intervalo foram coletados 76,16% do total de moscas dessa espécie. O drosofilídeo invasor *Zaprionus indianus* apresentou abundância decrescente em direção ao interior, sendo coletada em maior número até 80 metros da borda (96,94% da abundância total dessa espécie). *Drosophila sturtevantii* foi uma das espécies mais abundantes e ocorreu ao longo de todo o transecto (Figura 2).

A Análise de Dependência evidenciou que o fator mais relevante na distribuição das espécies foi o gradiente borda-interior, ou seja, as distâncias do transecto. Segundo essa análise os pontos do transecto formam dois grupos, o primeiro de 0 a 60 metros, região de borda e o outro de 80 a 200 metros, interior do fragmento (Figura 3). As espécies *S. latifasciaeformis*, *Z. indianus*, *D. malerkotliana* e *D. simulans* apresentaram maior relação com os pontos iniciais do transecto, a borda do fragmento. Enquanto que *D. medipunctata*, *D. immigrans*, *D. austrosaltans*, *D. willistoni* e *D. guarani* associaram-se aos pontos do interior do transecto, a partir de 100 metros. Essa análise estatística corrobora os dados descritivos obtidos pela elaboração de gráficos, as espécies invasoras ocorrem com maior abundância em área de borda e as neotropicais ocorrem principalmente a partir de 60 metros da borda.

Esses resultados indicam que os efeitos de borda na assembléia de drosofilídeos, neste fragmento, atingem até 60 metros do interior. O consenso atual é de que esses efeitos podem ocorrer até 500 metros da borda, entretanto o mais comum para diversos grupos animais e vegetais são bordas com 100 metros de extensão (LAURENCE, 2000), entretanto para borboletas de pradaria os efeitos de borda atingem apenas de 10 a 20 metros em direção ao interior (RIES & DEBINSKI, 2001). Nesse estudo a transição de borda para interior foi evidenciada pela substituição da dominância de *D. simulans*, espécie exótica, favorecida em regiões alteradas, pela de *D. willistoni*, espécie nativa, típica de ambientes preservados.

Dados semelhantes foram observados em assembléias de formigas em áreas de borda antropomórficas, ecótonos naturais e florestas em bom estado de preservação no Parque Estadual do Rio Doce, no estado de Minas Gerais, um fragmento de floresta semidecidual. A riqueza e abundância obtidas nos

ecótonos e nas bordas artificiais foram muito próximos, sendo superiores aos obtidos em áreas de floresta (COELHO & RIBEIRO, 2006). Esses autores sugerem que a riqueza e a abundância semelhantes para todos os tipos de ambientes indicam que muitas espécies já foram perdidas.

Entretanto, embora o presente trabalho e o realizado por Coelho & Ribeiro (2006) tenham obtido resultados semelhantes em relação à diversidade, eles diferem quanto à dominância e similaridade de espécies entre as áreas de borda e centro de fragmento. Neste trabalho, foi observada uma alta dominância na borda e no interior do fragmento, enquanto no outro, a dominância foi alta apenas na borda. Em relação à similaridade de espécies, a comunidade de formigas da borda, do ecótono e do interior não diferiu muito, ou seja, as espécies coletadas nesses ambientes foram praticamente as mesmas, ao passo que a fauna de drosofilídeos diferiu entre a borda e o interior. Isso também foi observado em comunidades de aranhas (OLIVEIRA-ALVES et al, 2005). Nesse estudo, as espécies mais abundantes na borda foram de aranhas errantes e no centro do fragmento as abundantes foram as aranhas construtoras de teia.

Em nosso estudo, a borda favoreceu a dominância de espécies invasoras, como *Z. indianus* e *D. simulans* e limitou a ocorrência de espécies nativas, como *D. willistoni*. Ferreira & Tidon (2005) observaram a alta abundância de *Z. indianus* e *D. simulans* em ambientes urbanos.

Para os nossos dados, a explicação do favorecimento de espécies na borda está relacionada, principalmente às características físicas do habitat de borda e de interior. O drosofilídeo *Z. indianus* é uma espécie recém-introduzida no Brasil e, em seu país de origem (África) habitava áreas abertas de savana (VILELA, 1999), isso explica em parte, sua alta abundância somente nos pontos muito próximos à borda. Esta é uma das espécies colonizadoras com maior sucesso dentro do gênero (CHASSAGNARD & TSACAS, 1993), utiliza diversas fontes de alimento e exibe adaptações a condições climáticas variáveis (PARKASH & YADAV, 1993).

Drosophila simulans também é uma espécie exótica, mas devido ao processo antigo de invasão é considerada uma espécie cosmopolita, típica da fauna de drosofilídeos neotropicais. Essa espécie tem sido associada a ambientes alterados, áreas urbanas e/ou abertas, mostrando-se resistente à

baixa umidade (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004; FERREIRA & TIDON, 2005; TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006), o que pode justificar sua alta dominância na borda, embora apresente uma população bem estabelecida no interior da mata. Isso pode ser explicado pela flexibilidade geral, uma característica importante de quase todas as espécies colonizadoras (LEWONTIN, 1965; PARSON, 1982), que favorece a expansão de sua área de dispersão.

Já *D. willistoni* foi dominante no interior; esta espécie é nativa da fauna neotropical. Esse resultado indica a instabilidade do interior do fragmento em estudo, a alta dominância nessa área pode indicar que outras espécies nativas tenham sido perdidas no processo de fragmentação, o que favoreceu uma explosão populacional das espécies nativas sobreviventes, neste caso, *D. willistoni*. Dados da literatura indicam que esta espécie ocorre principalmente em ambientes de mata (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004; TORRES & MADI-RAVAZZI, 2006). No trabalho de Ferreira & Tidon (2005) também foi observado que as espécies endêmicas de Drosophilidae que ocorrem no bioma do Cerrado foram incapazes de invadir a cidade de Brasília (ambiente urbanizado com graus variáveis de estresse).

Ries & Debinski (2001) avaliaram os efeitos de borda em duas espécies de borboleta, uma especialista, *Speyeria idalia*, e outra generalista, *Danaus plexippus*, quanto ao habitat em pradaria e ambientes de borda. Esses autores observaram que *S. idalia* apresentou ocorrência restrita a áreas de pradaria, enquanto *D. plexippus* migrou entre os diferentes ambientes, embora freqüentemente tenha retornado à pradaria. Esses dados indicam a maior sensibilidade aos efeitos de borda para as espécies especialistas, as quais podem ter ocorrência restrita ao ambiente natural (como ocorreu com *S. idalia*) ou, segundo os autores, podem apresentar abundância muito reduzida nas áreas de borda, como ocorre para as outras espécies de borboleta especialistas quanto ao habitat. Para a assembléia de drosofilídeos foram observados resultados semelhantes, as espécies generalistas como *D. simulans*, *D. malerkotliana* e *D. sturtevantii* ocorreram nas duas áreas de coleta, borda e interior. Já *D. willistoni*, *S. latifasciaeformis* e *Z. indianus* foram mais influenciadas pelos efeitos de borda, a primeira ocorreu no interior e as duas últimas foram restritas à borda.

Esses resultados corroboram os obtidos na comparação da biodiversidade de drosofilídeos da borda e do interior do fragmento (capítulo dois). O presente trabalho é inovador na avaliação dos efeitos de borda na assembléia de drosofilídeos e produziu informações relevantes sobre o padrão de distribuição das espécies nativas e exóticas no gradiente borda-interior, além de determinar a extensão de 60 metros da borda para esse grupo de organismos. Também foram diagnosticadas espécies bioindicadoras de cada ambiente, o que corrobora a idéia emergente da utilização de espécies de Drosophilidae como bioindicadores.

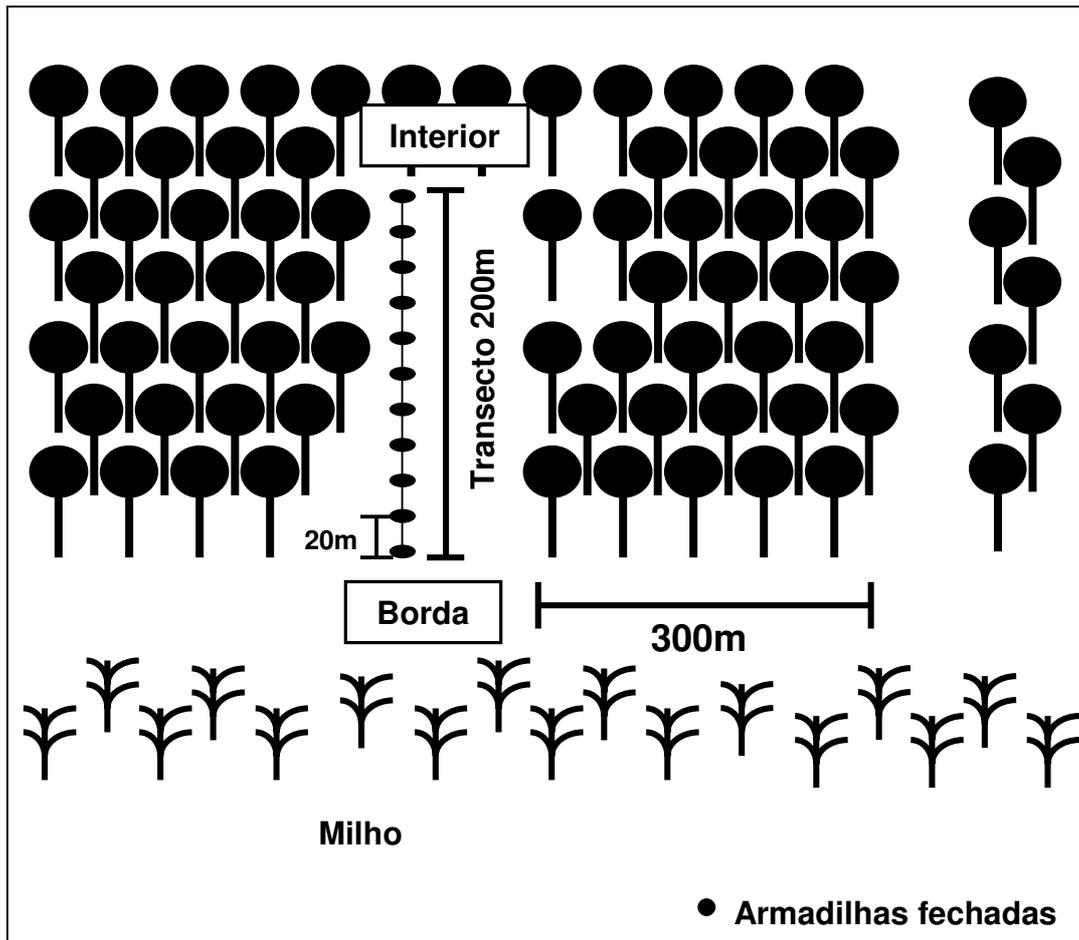


Tabela 1: Abundância de drosophilídeos coletados em cada ponto do transecto em todo o período de coleta.

Espécies	Distância da borda em metros													Total
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	200	Total	
<i>Z. indianus</i>	135	91	60	37	25	2	7	0	1	1	0	0	359	
<i>S. latifasciataeformis</i>	30	10	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
<i>D. simulans</i>	503	317	228	232	145	139	109	137	84	56	69	69	2019	
<i>D. malerkotliana</i>	33	24	31	20	6	9	4	0	3	0	2	2	132	
<i>D. melanogaster</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>D. willistoni</i>	43	41	76	127	213	233	224	304	291	225	320	320	2097	
<i>D. nebulosa</i>	28	11	8	12	11	11	7	11	9	19	16	16	143	
<i>D. polymorpha</i>	48	29	36	26	37	8	12	26	39	26	29	29	316	
<i>D. guarani</i>	0	7	12	1	7	3	5	7	10	7	15	15	74	
<i>D. mediopunctata</i>	0	7	29	0	0	0	1	9	4	2	3	3	55	
<i>D. mediotriata</i>	0	0	0	0	0	0	3	3	1	0	2	2	9	
<i>D. ararama</i>	7	4	2	5	0	4	3	2	6	3	8	8	44	
<i>D. immigrans</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	2	2	5	
<i>D. sturtevanti</i>	74	67	57	74	70	78	67	105	84	89	101	101	866	
<i>D. prosaltans</i>	8	5	7	9	7	1	9	7	20	15	8	8	96	
<i>D. austrosaltans</i>	0	0	3	1	11	4	7	6	6	3	5	5	46	
<i>D. mercatorum</i>	27	32	34	19	22	24	25	22	29	14	20	20	268	
<i>D. paranaensis</i>	21	50	38	19	17	14	16	18	12	19	27	27	251	
Total	957	695	630	586	571	531	499	657	599	480	627	627	6832	

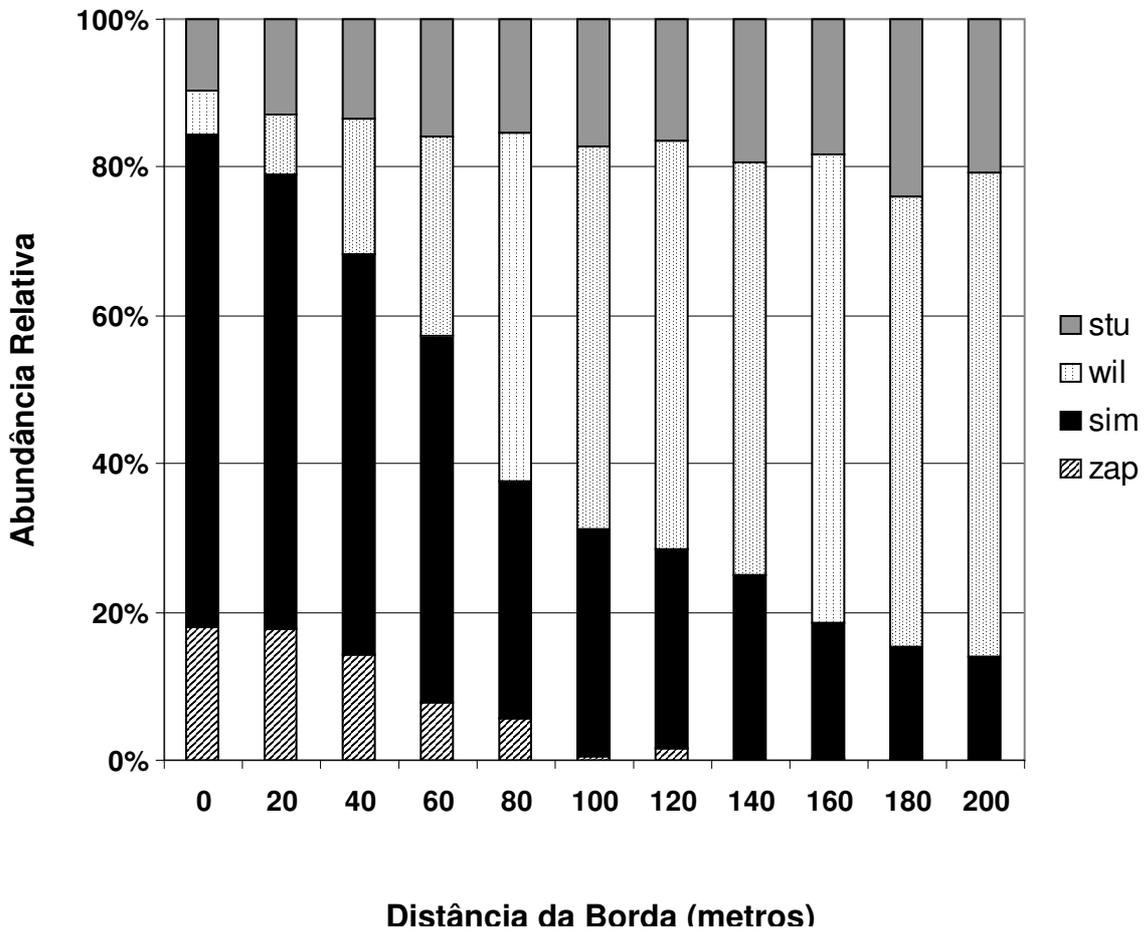


Figura 2: Abundância relativa das espécies mais abundantes coletadas no transecto (borda-interior) em todo o período de coleta.

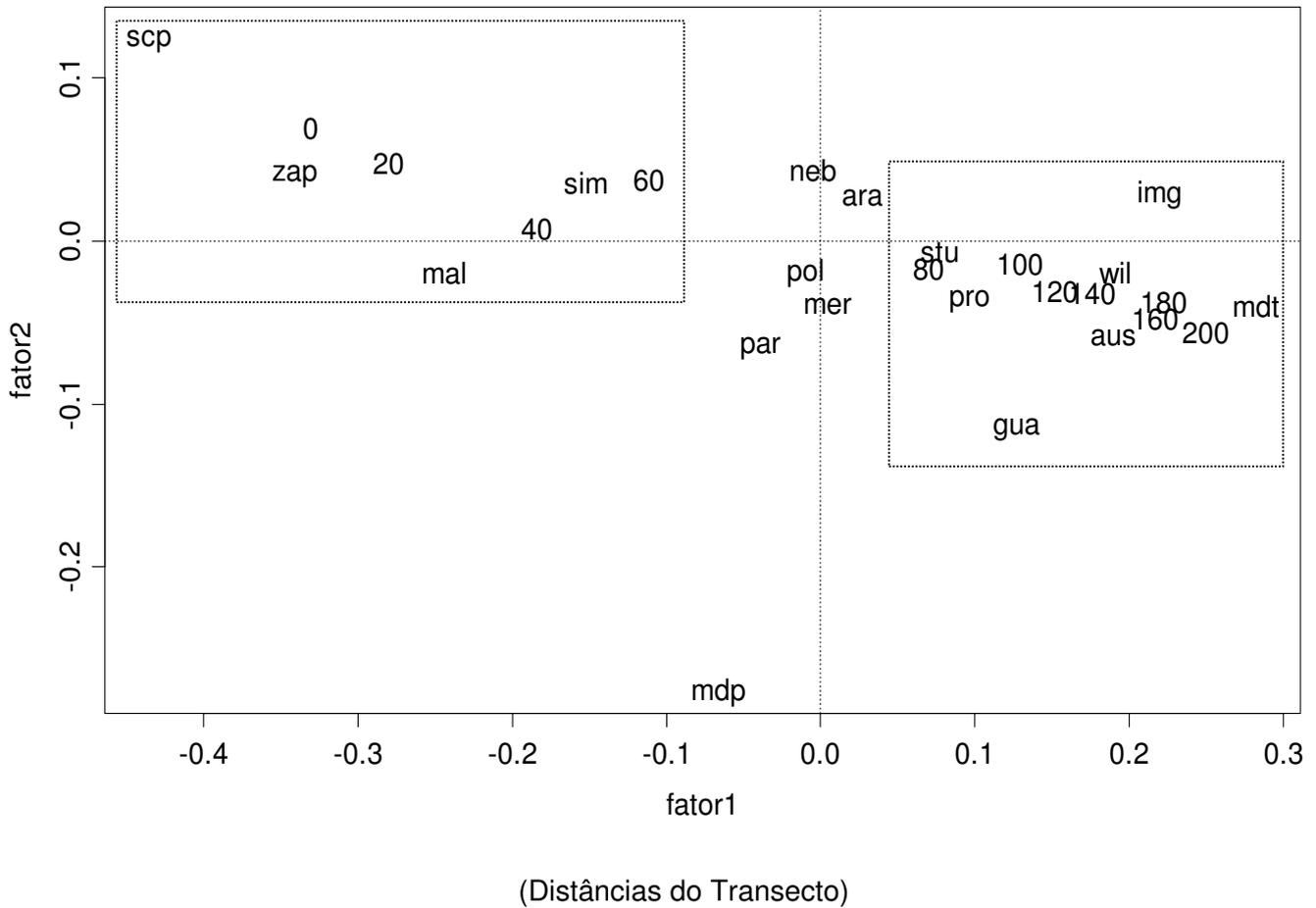


Figura 3: Gráfico produzido pela Análise de Dependência, os pontos de 0 a 60 correspondem à área de borda e os de 80 a 200 às de interior do fragmento. *S. latifasciaeformis* (scp), *Z. indianus* (zap), *D. malerkotliana* (mal), *D. simulans* (sim), *D. mediopunctata* (mdp), *D. paranaensis* (par), *D. nebulosa* (neb), *D. polymorpha* (pol), *D. mercatorum* (mer), *D. ararama* (ara), *D. sturtevantii* (stu), *D. prosaltans* (pro), *D. guarani* (gua), *D. willistoni* (wil), *D. austrosaltans* (aus), *D. immigrans* (img), *D. medioatriata* (mdt)

V. Referências Bibliográficas

- AMARAL, O. 2004. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. Tese de Mestrado. Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas. UNESP. São José do Rio Preto. São Paulo.
- BIERREGAARD, R. O. Jr., LOVEJOY, T. E., KAPOV, V., SANTOS, A. A., HUTCHINGS, R. W. 1992. **The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest**. *BioScience*. 42: 859-866.
- CHASSAGNARD M. T. & TSACA L. 1993. **Le sous-genre *Zaprionus* S. Str. Définition de groupes d'espèces et révision du sous-groupe *vittiger* (Diptera, Drosophilidae)**. *Annales de la Société Entomologique de France*. 29:173-194.
- COELHO, I. R. & RIBEIRO, S. P. 2006. **Environment heterogeneity and seasonal effects in ground-dwelling ant (Hymenoptera: Formicidae) assemblages in the Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brazil**. *Neotropical Entomology*. 35(1): 19-29.
- COLWELL, R. K. 2004. **Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 7. Persistent URL.
- CORDEIRO, J. A. 1987. **Analysis of Dependency**. Relatório Técnico 48/87, IME-UNICAMP. Campinas.
- DEMITE, P. & FERES, R. J. F. 2005. **Influência de vegetação vizinha na distribuição de ácaros em seringal (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg., Euphorbiaceae) em São José do Rio Preto, SP**. *Neotropical Entomology*. 34(5): 829-836.
- FAHRING, L. 2003. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity**. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*. 34: 487-515.
- FERREIRA, L. B. & TIDON, R. 2005. **Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization**. *Biodiversity and Conservation*. 14: 1804-1821.
- FREIRE-MAIA, N. & PAVAN, C. 1949. **Introdução ao estudo de *Drosophila***. *Cultus*. n. 5. 71p.

- KANESHIRO, K. Y. 1969. **A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species based on external male genitalia.** *Univ. Texas Pub.* 6918: 55-70.
- KAPOS, V. 1989. **Effects of isolation on the water status patches in the Brazilian Amazon.** *J. Trop. Ecol.* 5: 173-185.
- KROODSMA, R. L. 1984. **Effect of edge on breeding forest bird species.** *The Wilson Bulletin.* 96(3): 426-436.
- LAURENCE, W. F., RANKIN-DE-MERONA, J. M. & LAURENCE, S. G. 1998. **Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities.** *Ecology.* 79: 2032-2040.
- LAURANCE, W. F. 2000. **Do edge effects occur over large spatial scales?** *Trends Ecol. Evol.* 15(4): 134-135.
- LEWONTIN, R. C. 1965. **Selection for colonizing ability.** In: BARKER, H. G. & STEBBINS, G. L. (eds), *The genetics of colonizing species.* Academic Press. New York. 77-91.
- Mc GEOCH, M. A. & GASTON, K. J. 2000. **Edges effects on the prevalence and mortality factors of *Phytozva ilicis* (Diptera, Agromyzidae) in a suburban woodland.** *Ecology Letters.* 3: 23-29.
- MURCIA, C. 1995. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation.** *T. Ecol. Evol.* 10:58-62.
- OLIVEIRA-ALVES, A., PERES, M. C. L., DIAS, M. A., CAZAI-FERREIRA, G. S. & SOUTO, L. R. A. 2005. **Estudo das comunidades de aranhas (Aracnida: Araneae) em ambientes de Mata Atlântica no Parque Metropolitano de Pituáçu-PMP, Salvador, Bahia.** *Biota Neotropica.* 5(1).<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1a/pt/abstract?inventory+BN006051a2005>.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T., CARVALHO, D. A., FONTES, M. A. L. et al. 2004. **Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montanha na chapada dos Perdizes, Carrancas, MG.** *Ver. Brasil. Bot.* 27(2): 291-309.
- PARKASH, R. & YADAV, J. P. 1993. **Geographical clinal variation at 7 esterase-coding loci in Indian populations of *Zaprionus indianus*.** *Hereditas.* 119: 161-170.

- PARSONS, P. A. 1982. **Evolutionary ecology of Australian *Drosophila*: a species analysis.** Evolutionary Biology. 14: 297-350.
- RIES, L. & DEBINSKI, D. M. 2001. **Butterfly responses to habitat edges in the highly fragmented prairies of Central Iowa.** J. Animal Ecology. 70: 840-852.
- RODRIGUES, E. 1998. **Edge effects on the regeneration of forests fragments in North Paraná.** Tese de Ph.D. Harvard University.
- SAAVEDRA C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES S. M. ; NAPP M. & VALENTE V. L. S. 1995. **A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities.** Zool. System. Evol. Research J. 33: 62-74.
- TORRES, F. R. & MADI-RAVAZZI, L. 2006. **Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlands in the State of São Paulo, Brazil.** . Iheringia, Ser. Zool.. 96(4): 437-444.
- VILELA, C. R. 1983. **A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae).** Revta. Bras. Ent.. 27: 1-114.
- VILELA, C. R. 1999. **Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Díptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region?** *Drosophila* Information Service. 82:37-39.

IV. Conclusões Gerais

1. A armadilha fechada foi mais eficiente do que a aberta em abundância populacional e riqueza de espécies de drosofilídeos. A facilidade no transporte das armadilhas fechadas, a possibilidade de prévia preparação da isca, bem como a proteção contra chuva e ataque de animais, são consideradas outras vantagens das armadilhas fechadas sobre as abertas.

2. A assembléia de drosofilídeos neste fragmento apresentou baixa diversidade de espécies e a composição de espécies foi característica para a borda e para o interior da mata.
 - a) As espécies dominantes na borda, em ordem decrescente de abundância, foram *Drosophila simulans*, *Zaprionus indianus*, *D. sturtevanti*, *D. willistoni*, *D. paranaensis*, *D. malerkotliana*, *D. mercatorum*, *D. polymorpha* e *D. nebulosa*. No interior as espécies capturadas em maior número foram *D. willistoni*, *D. simulans*, *D. sturtevanti*, *D. nebulosa*, *D. polymorpha*, *D. malerkotliana*, *D. austrosaltans* e *D. prosaltans*. O drosofilídeo *Scaptodrosophila latifasciaeformis* foi capturado principalmente na borda do fragmento, enquanto que *D. mediotriata* e *D. guarani* ocorreram com maior abundância no interior.
 - b) *Zaprionus indianus* e *Drosophila simulans*, tiveram alta abundância na borda do fragmento e *Drosophila willistoni* no interior da mata. Esses dados corroboram o uso dessas espécies como bioindicadoras pela sua associação a esses tipos específicos de ambientes.

- c) Na estação de seca intensa *Drosophila simulans*, uma espécie invasora, foi favorecida no interior do fragmento e apresentou maior abundância que *D. willistoni*, espécie nativa, dominante no interior durante a estação chuvosa. Esses dados indicam que condições ambientais estressantes podem intensificar o efeito de borda e facilitar a invasão de espécies de borda para o interior do fragmento.
3. O gradiente de distribuição das espécies de drosofilídeos ao longo do transecto borda-interior evidenciou as variações de dominância. A espécie *D. simulans* apresentou abundância decrescente da borda até o fim do transecto, sendo dominante somente até 60 metros da borda. *Z. indianus* foi capturado até 120 metros da borda. *D. willistoni* apresentou abundância crescente da borda até o fim do transecto, sendo dominante a partir de 80 metros da borda. Dessa forma o transecto é proposto como um novo desenho amostral para a coleta de drosofilídeos em áreas fragmentadas para avaliar o efeito de borda. A extensão da borda para esse fragmento é de 100 metros, em relação aos dados obtidos para a assembléia de drosofilídeos. A partir dessa distância a comunidade de drosofilídeos é semelhante à obtida nas coletas realizadas no interior do fragmento.

V. Aplicações Práticas

Os resultados obtidos por esse trabalho podem ser aplicados em diversos campos da Biologia. Seguem abaixo algumas aplicações.

1. Avaliação dos Efeitos de Borda

O presente trabalho foi inovador em avaliar os efeitos de borda em comunidades de *Drosophila*. Esse grupo de organismos é adequado para estudos ecológicos, pois a coleta em campo é fácil e as populações são mantidas em laboratório com sucesso e com custos reduzidos. Dessa forma, estudos sobre os efeitos de borda podem ser realizados com esse grupo para a elaboração de planos de manejo em áreas de preservação e para o estabelecimento de novas áreas protegidas, principalmente em relação ao tamanho da área e formato do fragmento, fatores que podem aumentar a extensão da borda. Além disso, podem ser comparados os efeitos de borda em fragmentos com diferentes ambientes de entorno, um problema atual é a monocultura ao redor de áreas de preservação, principalmente devido ao uso de inseticidas e queimadas (no caso das plantações de cana-de-açúcar). As populações de drosofilídeos podem indicar, com poucas coletas e em um curto espaço de tempo (organismos com ciclo de vida curto), as pressões produzidas pelo ambiente de entorno.

2. Avaliação de Impacto Ambiental

Os resultados obtidos em relação às espécies bioindicadoras podem ser utilizados em estudos de impacto ambiental, elaboração de laudos, monitoramento e restauração de áreas preservadas.

A alta dominância de espécies características de ambientes instáveis e de áreas urbanas, como *Scaptodrosophila latifasciaeformis*, *Zaprionus indianus*, *Drosophila simulans*, e *D. malerkotliana* indicam que a área está sofrendo pressões ambientais e as populações naturais podem ser perdidas. Já a presença de espécies características de ambientes de mata, como *Drosophila willistoni*, *D. mediotriata* e *D. guarani*, indica que o ambiente está bem conservado.

3. Educação Ambiental

As espécies consideradas bioindicadoras por esse trabalho são cosmopolitas (*S. latifasciaeformis*, *Z. indianus*, *D. simulans* e *D. willistoni*) e ocorrem em todo o território brasileiro, inclusive em ambientes urbanizados, por isso podem ser utilizadas em atividades de educação ambiental em escolas de ensino fundamental e médio. Além da ampla distribuição, outros fatores tornam os drosofilídeos uma ferramenta importante em atividades de educação ambiental, o método de captura por armadilhas fechadas é simples e a confecção das mesmas pode ser realizada pelos próprios alunos, atentando-os novamente para as causas ambientais, já que as

armadilhas são confeccionadas a partir de garrafas pet, material reciclável. A isca utilizada para a atração das moscas é uma mistura de banana nanica e fermento biológico, ingredientes de fácil acesso e baixo custo.

Além disso, a identificação das moscas, pelo menos em nível de grupo é relativamente simples e para a triagem do material coletado são necessários materiais de baixo custo, os quais geralmente a escola já possui, como microscópio estereoscópio, pincel, placas de vidro ou acrílico e éter.

A partir dessa metodologia os alunos podem conhecer a fauna de drosofilídeos que ocorre em sua casa, em sua escola e também podem ser realizados pequenos experimentos para comparar ambientes em diferentes estados de conservação, como áreas urbanas, bosques, pomares, entre outros. Essas atividades despertam nos alunos o interesse pela ciência e principalmente, pelos problemas ambientais. Os resultados obtidos pelos experimentos dos alunos podem confirmar que a urbanização e fragmentação dos habitats atingem as populações naturais de drosofilídeos e também os demais grupos de animais e vegetais.