



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de São José do Rio Preto

Leiza Viola Penariol

*Traços Quantitativos e Abundância de Drosofilídeos como Indicadores
de Impacto Ambiental em Fragmentos de Floresta Estacional
Semidecidual*

São José do Rio Preto
2015

Leiza Viola Penariol

*Traços Quantitativos e Abundância de Drosofilídeos como Indicadores
de Impacto Ambiental em Fragmentos de Floresta Estacional
Semidecidual*

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutorado em Genética, junto ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Área de Concentração – Genética Animal e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Lilian Madi-Ravazzi

São José do Rio Preto
2015

Penariol, Leiza Viola.

Traços quantitativos e abundância de drosofilídeos como indicadores de impacto ambiental em fragmentos de floresta estacional semidecidual / Leiza Viola Penariol. -- São José do Rio Preto, 2015

156f. : il., gráfs., tabs.

Orientador: Lilian Madi-Ravazzi

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ecologia florestal 2. Drosófila. 3. Indicadores (Biologia)
4. Morfometria. 5. Paisagens fragmentadas. I. Madi-Ravazzi, Lilian.
II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 634.15

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Leiza Viola Penariol

*Traços Quantitativos e Abundância de Drosophilídeos como Indicadores
de Impacto Ambiental em Fragmentos de Floresta Estacional
Semidecidual*

Tese apresentada e aprovada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutorado em Genética, junto ao Programa de Pós-Graduação em Genética, Área de Concentração – Genética Animal e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Lilian Madi-Ravazzi
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof. Dr. Rogério Pincela Mateus
UNICENTRO – Guarapuava - PR

Prof^a. Dr^a. Blanche Bitner-Mathe
UFRJ – Rio de Janeiro

Prof^a. Dr^a.. Denise de Cerqueira Rossa-Feres
UNESP – São José do Rio Preto

Prof^a. Dr^a. Hermione E. M. de C. Bicudo
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
30 de novembro de 2012

RESUMO

A perda de habitats é a principal ameaça à biodiversidade. Compreender essa transformação é importante para evitar perdas e para gerenciar o uso da biodiversidade remanescente. As moscas do gênero *Drosophila* são consideradas bioindicadoras. Traços morfométricos em drosofilídeos têm sido relacionados com o valor adaptativo desses organismos. Esse trabalho avaliou a assembléia de drosofilídeos em fragmentos florestais com diferentes áreas, utilizando a abundância de espécies bioindicadoras, parâmetros ecológicos dessas populações e análise de três traços morfométricos (comprimento da asa, largura e comprimento do tórax). Foram amostrados dez fragmentos de floresta estacional, em áreas de borda, de interior e por meio de um transecto borda-interior. Os traços morfométricos de *Zaprionus indianus* e de *Drosophila simulans* foram analisados em quatro áreas de estudo. No total foram coletados 33.578 drosofilídeos, distribuídos em 17 espécies, mais os grupos *cardini* e *repleta* e o subgrupo *saltans*. As espécies de drosofilídeos invasores, como *Z. indianus*, e *D. simulans* apresentaram maior relação com fragmentos menores, enquanto que a espécie nativa *D. willistoni* ocorreu com maior abundância nas áreas de maior extensão. Foi estimado o valor de 60 metros para a borda. Em relação às medidas morfométricas, ambientes mais estáveis, como os fragmentos maiores, teriam melhores condições para o desenvolvimento das moscas em comparação com áreas impactadas, como os fragmentos menores, onde ocorre menor disponibilidade de recurso e maior competição. O presente estudo corroborou esses dados para *D. simulans*, entretanto, para *Z. indianus* o fator mais importante para a variação não foi a área do fragmento, é provável que para esta espécie outros fatores, como o tipo de vegetação, sejam mais determinantes para o desenvolvimento corporal.

Palavras-chave: Ecologia, Fragmentação de habitats, *Drosophila*, Efeito de borda, Traços morfométricos.

ABSTRACT

Loss of habitat is the main threat to biodiversity. This transformation is important to avoid losses and to manage the use of the remaining biodiversity. The genus *Drosophila* flies are considered bioindicators. Morphometric traits in drosophilids have been linked with the adaptive value of such bodies. This study evaluated the drosophilid assembly in forest fragments with different areas, using plenty of bio-indicator species, ecological parameters of these populations and analysis of three morphometric traits (wing length, width and length of the chest). Ten fragments of seasonal forest were sampled in border areas, indoor and through an inside edge-transect. The morphometric traits *Zaprionus indianus* and *Drosophila simulans* have been analyzed in four areas of study. In total 33.578 drosophilids were collected, distributed in 17 species, plus the Cardini and full groups and the saltans subgroup. Species drosophilids invaders such as *Z. indianus*, and *D. simulans* showed higher with smaller fragments, while native species *D. willistoni* occurred with greater abundance in the areas of greater extent. It has been estimated the value of 60 meters to the edge. Regarding morphometric measures, more stable environments, such as larger fragments, would have better conditions for the development of flies compared to impacted areas, such as smaller fragments, which occurs less resource availability and increased competition. This study corroborated this data to *D. simulans*, however, to *Z. indianus* the most important factor in the change was not the area of the fragment, it is likely that this species paras other factors such as the type of vegetation, are more decisive for body development

Keywords: ecology, habitats fragmentation, *Drosophila*, edge effect, morphometric traits.

*Dedico aos meus filhos Caio e Felipe,
por transformarem minha vida continuamente,
por me fazer melhor do que eu poderia ser
e pela felicidade que me proporcionam...*

*“O que verdadeiramente somos é aquilo que o impossível cria em nós”
(Clarice Lispector)*

Agradecimentos

À Profa. Dra. LÍlian Madi-Ravazzi, pela orientação, paciência, amizade e incentivo constante e pela compreensão em todos os momentos.

Às Profa. Dra. Rosana Tidon e Profa. Dra. Renata da Mata, pelo apoio e ajuda nas análises estatísticas do manuscrito.

À Prof. Dra. Hermione E. M. C. Bicudo pela ajuda com os manuscritos e, sobretudo pelo exemplo de ética e dedicação profissional, mesmo diante de muitos desafios.

Aos funcionários do departamento de Biologia, em especial ao técnico Sebastião, 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.

Ao motorista Sr José Paulo Maiorano, pela eficiência na condução até as áreas dos fragmentos e apoio durante o trabalho de campo.

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, à Rosemar e ao Alex, pela prontidão em colaborar, mesmo quando solicitados de última hora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética pelo suporte financeiro e pela excelente formação oferecida.

Ao coordenador e pesquisadores participantes do Programa Biota Fapesp “*Fauna e Flora de Fragmentos Florestais Remanescentes da Região Noroeste do Estado de São Paulo*” , pelas áreas de estudo disponibilizadas, pela uso do veículo de transporte e pelo motorista do projeto.

À Capes pela bolsa de mestrado.

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

Ao Prof. Dr. Fernando Rodrigues da Silva e à Profa. Elaine Morielli, pela atenção e sugestões no Exame de Qualificação e pela vontade sempre sincera de colaborar.

Aos membros da banca da defesa de tese, pelo aceite do convite, pela compreensão e pela disposição em colaborar, mesmo em tempo muito reduzido.

À estagiária Renata Aparecida Bernardelli, pela colaboração nas coletas e triagem das moscas.

Às companheira de laboratório, Letícia Rego e Emiliyn Valeriano, pelo convívio agradável e colaboração.

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

Aos colegas do programa de pós-graduação em Genética, pelo convívio agradável durante as disciplinas, simpósios e outros eventos da pós, em especial à Aline, Marcia, Adriana, Elias e Luis.

À Mariana Oliveira Gomes, pela amizade sincera, companheirismo e ajuda em todos os momentos.

À todos os meus familiares pelos momentos de distração e pelo carinho, em especial à Lúcia, Newton, Pedro, Daniel, Edy e Lolita, pelo apoio com as crianças.

À minha sobrinha linda Maria Luiza, por encantar meus feriados.

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

À minha irmã Lívia, pelo apoio constante, pelo amor desinteressado e pelo carinho e atenção desmedidos por meus filhos.

Ao meu irmão Paulo pelo apoio constante, pelo exemplo de honestidade e caráter, pelo amor desinteressado e pelo carinho e atenção desmedidos por meus filhos. À cunhada, Patrícia, pelo carinho e amizade.

À minha mãe, pelo incentivo constante em minha formação, pelo exemplo de trabalho e responsabilidade e pelo amor incondicional por mim e por meus filhos.

Ao meu marido Geison, por todo amor oferecido, pelo apoio total, por compreender minhas ausências, por ser um pai excelente e um companheiro de verdade.

Aos meus filhos lindos, para que um dia compreendam minha ausência, pelo amor gratuito e pela imensa alegria que me proporcionam diariamente.

*"Se fosse ensinar a uma criança a beleza da música
não começaria com partituras, notas e pautas.
Ouviríamos juntos as melodias mais gostosas e lhe contaria
sobre os instrumentos que fazem a música.
Aí, encantada com a beleza da música, ela mesma me pediria
que lhe ensinasse o mistério daquelas bolinhas pretas escritas sobre cinco linhas.
Porque as bolinhas pretas e as cinco linhas são apenas ferramentas
para a produção da beleza musical. A experiência da beleza tem de vir antes".
(Rubem Alves)*

SUMÁRIO

I.	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
II.	OBJETIVO GERAL.....	24
III.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
IV.	REFERÊNCIAS.....	25
V.	CAPÍTULO 1:	35
	1. Introdução	37
	2. Material e Métodos	39
	3. Resultados	45
	4. Discussão	59
	5. Referências.....	65
VI.	CAPÍTULO 2:	70
	1. Introdução	72
	2. Material e Métodos	74
	3. Resultados e Discussão.....	77
	4. Referências.....	84

VII.	CAPÍTULO 3:	89
	1. Introdução	90
	2. Material e Métodos	93
	3. Resultados e Discussão.....	97
	4. Referências.....	131
VIII.	CONCLUSÕES	138
IX.	APENDICES.....	139

I Introdução Geral

A. A fauna de espécies do gênero *Drosophila* no Estado de São Paulo

A fauna brasileira de moscas do gênero *Drosophila* permaneceu praticamente desconhecida até a primeira publicação do levantamento feito por Dobzhansky e Pavan em 1943. Posteriormente foram realizadas outras revisões sobre a fauna de drosofilídeos no Brasil por pesquisadores que se associaram ao grupo liderado por Dobzhansky, Dreyfus e Pavan e publicadas, principalmente, nas décadas de 40, 50 e 60 (MALOGOLOWKIN, 1946, 1952, 1953; FROTA-PESSOA; WHEELER, 1951; BURLA; PAVAN, 1953; BURLA, 1956; MAGALHÃES, 1962).

De acordo com Mourão et al. (1965), 123 espécies de *Drosophila* haviam sido registradas no Brasil até 1965, número este que passou para 130 até o final da década de 70 (VAL et al., 1981). No que se refere às áreas florestais do Estado de São Paulo, o levantamento feito por Val et al. (1981) foi complementado, posteriormente, por outros pesquisadores, como por exemplo: Sene et al. (1980) que analisaram a fauna da Floresta Atlântica, além daquelas de outros ecossistemas brasileiros como caatingas, cerrados e pantanal; Val e Kaneshiro (1988), que analisaram as drosófilas da Floresta Atlântica de encosta, na Estação Biológica da Boracéia (SP); Bizzo e Sene (1982), que coletaram em Sertãozinho (SP). Também foram realizadas coletas ocasionais em fragmentos florestais do município de São Paulo, tais como no Parque Estadual da Cantareira (BURLA et al., 1950, DOBZHANSKY; PAVAN, 1950; DA CUNHA, 1957; TOSI; PEREIRA, 1993) e na Reserva Ecológica da cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) (RATCOV-RENATO, 2002).

Outros pesquisadores realizaram o levantamento faunístico de espécies de *Drosophila* atraídas por armadilhas, com iscas de banana e fermento, na região noroeste do Estado de São Paulo, como Torres e Madi-Ravazzi (2006) em dois fragmentos florestais nos municípios de São José do Rio Preto e de Novo Horizonte; Torres e Madi-Ravazzi (dados não publicados) em três outros fragmentos florestais nesta região (Ícem, Paulo de Faria e Onda Verde); Amaral (2004) e Penariol (2007) em um fragmento de floresta semidecidual na Estação Ecológica de Paulo de Faria.

Das mais de 130 espécies de *Drosophila* conhecidas no Brasil, 95 já foram registradas no estado de São Paulo (DOBZHANSKY; PAVAN, 1943; BRNCIC; KOREF, 1957; GRIMALDI, 1990; TIDON-SKLORZ; SENE, 1999; BACHLI et al., 2000; VILELA; BACHLI, 2000). Várias destas espécies, como *D. ananassae*, *D. kikkawai*, *D. malerkotliana*, *D. melanogaster*, *D. simulans*, *D. busckii* e *D. immigrans*, são sinantrópicas e colonizaram a área após a chegada dos europeus alterando, assim, a composição original da fauna drosofiliana. Além desses, ocorrem outros drosofilídeos invasores, como *Scaptodrosophila latifaciaeformis* e *Zaprionus indianus* (TIDON-SKLORZ; SENE, 1999), os quais utilizam os mesmos recursos ecológicos que as drosófilas. Para grande parte desses drosofilídeos invasores, como *D. ananassae* (PAVAN, 1959), *D. kikkawai* (FREIRE-MAIA, 1953), *D. malerkotliana* (SENE; VAL, 1977), *D. melanogaster* (SENE et al., 1980), *D. simulans* (DOBZHANSKY; PAVAN, 1950), *D. immigrans* (SENE et al., 1980), *D. busckii* (BIZZO; SENE, 1982) e *S. latifaciaeformis* (SENE et al., 1980), o processo de invasão, no Brasil, é antigo. Já *Z. indianus* foi coletado pela primeira vez no Brasil 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 et al., 2001). Desde então, vários drosofilístas têm coletado *Z. indianus* em outros Estados brasileiros, como Distrito Federal, Amazonas, Pará, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná e Minas Gerais (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 desse drosofilídeo. Muitos trabalhos associam a presença de *Z. indianus* a ambientes antropizados ou a áreas abertas, principalmente, em épocas de alta temperatura e umidade (TIDON et al., 2003; AMARAL, 2004; SILVA et al., 2005; TIDON, 2006; PENARIOL, 2007, 2012).

Das 95 espécies do gênero *Drosophila* já registradas nos diferentes ecossistemas do Estado de São Paulo, 19 pertencem ao grupo *repleta*, 18 ao *tripunctata* e 06 ao *saltans*, para os quais existe uma série de trabalhos realizados nos últimos anos (MAGALHÃES, 1962; BICUDO, 1973; SENE et al., 1980; VILELA, 1982, 1983; VAL; KANESHIRO, 1988; TIDON-SKLORZ; SENE, 1999; MADI-RAVAZZI et al., 1997; MADI-RAVAZZI; BICUDO, 1992).

O grupo *repleta*, com 92 espécies nativas do continente americano, é o segundo mais numeroso do gênero *Drosophila* (VILELA, 1983; WASSERMAN, 1992). É composto por seis subgrupos: *fasciola*, *hydei*, *inca*, *mercatorum*, *mulleri* e *repleta* (RAFAEL; ARCOS, 1989; WASSERMAN, 1992).

O grupo *saltans* é formado por cerca de 20 espécies (VAL et al., 1981) todas conhecidas da região neotropical. As espécies deste grupo apresentam acentuada variação sazonal e são muito sensíveis às técnicas de coleta (PAVAN, 1959; SENE et al., 1981).

O grupo *tripunctata* é composto por 72 espécies, sendo 18 registradas no Estado de São Paulo. Este grupo é o segundo mais numeroso do continente americano (VILELA, 1992; TIDON-SKLORZ; SENE, 1999; VELA; RAFAEL, 2000).

Os demais grupos de *Drosophila* neotropicais são compostos por um número de espécies relativamente menor, mas com um registro expressivo de ocorrência no Estado de São Paulo. Estes grupos, apesar de não serem utilizados como modelos biológicos para estudos de diversidade, não são menos importantes, pois fazem parte do equilíbrio dinâmico que mantém a comunidade de insetos em diferentes formações vegetais.

Medeiros e Klaczko (2004) em um estudo de fauna de drosofilídeos em ambientes naturais coletaram o número surpreendente de 30 espécies de *Drosophila* que ainda não haviam sido relacionadas para o Estado de São Paulo. Para a coleta desses organismos os autores, diferentemente da maioria dos drosofilístas, utilizaram armadilhas fechadas, o que sugere uma maior eficiência desta em relação à aberta. Penariol et al. (2008) verificaram as vantagens do uso das armadilhas fechadas sobre as abertas, em região de mata, e indicam sua utilização em estudos de biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos.

Como acontece de forma generalizada com a diversidade de insetos das regiões tropicais, é possível supor que o número de espécies de *Drosophila* registrado até o momento no Estado de São Paulo represente uma subestimativa. Assim, um estudo abrangendo áreas ainda não amostradas do Estado de São Paulo é relevante para o conhecimento da fauna de drosofilídeos.

B. Fragmentação de habitats

Um problema ecológico atual é a perda da diversidade biológica devido à substituição da cobertura vegetal natural por campos de pastagem, agricultura, instalações urbanas e outros fatores antrópicos. Em geral, o que resulta dessa ação antrópica são manchas da vegetação natural, ou seja, 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; KAPOV, 1989; BIERREGAARD et al., 1992; MURCIA, 1995).

Na região noroeste do estado de São Paulo a formação vegetal característica é a Floresta Estacional Semidecidual e Savana, o clima dessa região é do tipo Tropical quente e Úmido (Aw de Köppen). A temperatura média anual é cerca de 25°C, sendo nos meses mais quentes cerca de 30°C e nos mais frios de 20°C (BARÇA; ARID, 1971). Janeiro é o mês mais chuvoso (18% da precipitação anual), enquanto agosto é o mais seco (1,3%) (NECCHI et al, 2012). Entretanto, nos últimos anos, o volume e a constância de chuvas e também o início da estação chuvosa tem variado muito (ROSSA-FERES; JIM, 2001; SILVA; ROSSA-FERES, 2007).

Essa formação vegetal foi substituída por monoculturas, áreas de pastagens e áreas urbanas. O resultado dessa ação antrópica são fragmentos desse bioma, os quais somam apenas 4% da área original (SMA/IF, 2005), esse número coloca a região noroeste como a mais devastada do estado e com menor concentração de unidades de conservação (KRONKA et al., 1993).

Segundo Rambaldi e Oliveira (2003), a floresta semidecidual é importante pela singularidade das espécies que a compõe, pelo nível de destruição e pela importância econômica das espécies. Além disso, um estudo de avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a biodiversidade brasileira, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, revelou que grande parte das áreas consideradas como “de provável importância biológica, mas insuficientemente conhecida” é constituída por remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (MMA, 2002). Esses dados indicam a importância dessa vegetação e reforçam a relevância e urgência do estudo desses fragmentos, a ampliação do conhecimento sobre a diversidade biológica dessas áreas é importante para fornecer subsídios para estratégias de manejo e preservação dos remanescentes florestais.

C. Drosofilídeos utilizados como bioindicadores

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).

Dentre as espécies de drosofilídeos utilizadas como indicadores ambientais estão *Zaprionus indianus*, um drosofilídeo africano recém-introduzido no Brasil, as espécies do grupo *melanogaster* com introdução antiga, consideradas cosmopolitas, que são: *Drosophila simulans*, *D. melanogaster* e *D. malerkotliana* e ainda *D. willistoni*, subgrupo *willistoni*, uma espécie nativa da região neotropical. Em geral, as espécies invasoras ocupam áreas urbanizadas e com maior grau de impacto ambiental (SAAVENDRA et al., 1995; TIDON et al., 2003; AMARAL, 2004; SILVA, 2005; FERREIRA; TIDON, 2005; TORRES; MADI-RAVAZZI, 2006; MATA et al, 2008), *Z. indianus* ocorre principalmente em áreas abertas, como a borda de fragmentos florestais. *Drosophila simulans* ocorre em ambientes abertos e de mata, sendo sua abundância favorecida na estação de seca, pois essa espécie tolera baixa umidade. *Drosophila melanogaster* ocupa principalmente áreas urbanizadas, onde é capturada com maior frequência. *Drosophila willistoni* ocorre somente em ambientes de mata, sendo sensível a variações de umidade, ou seja, sua ocorrência é reduzida em períodos de seca (MARTINS, 1996; AMARAL, 2004; TORRES; MADI-RAVAZZI, 2006; PENARIOL, 2007; MATA et al, 2008).

Em resumo, a sensibilidade do gênero *Drosophila* em relação às variáveis abióticas e bióticas se reflete na dinâmica populacional desses organismos. 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 para esse tipo de estudo (PARSON, 1991; FOOTE; CARSON, 2004).

Estudos sobre a comunidade de *Drosophila* e outros drosofilídeos podem fornecer informações relevantes sobre as condições ambientais do local. Somado a isso, 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 amplamente estudado por diversos campos da biologia, o que valoriza os resultados obtidos em trabalhos ecológicos.

Alguns parâmetros da comunidade de *Drosophila*, como a riqueza de espécies e a abundância populacional, têm sido utilizados para avaliar vários problemas ambientais como, fragmentos de diferentes tamanhos (TIDON, 2006), ambientes em vários estados de conservação (AMARAL, 2004; SILVA et al., 2005; MATEUS et al., 2006; PENARIOL, 2007), proximidade de recurso hídrico (MEDEIROS, 2006) e, até mesmo, o aquecimento global (BALANYA et al., 2006).

Um dos primeiros trabalhos que relacionou as comunidades de drosofilídeos à fragmentação de habitat foi o de Martins (1989), o qual amostrou as comunidades de *Drosophila* em áreas de mata contínua, em fragmentos de floresta e em áreas recentemente desmatadas. 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. Penariol (2007) amostrou áreas de borda e de interior de um fragmento florestal e verificou alta dominância de espécies invasoras na borda do fragmento, as quais invadiram também, o interior da mata na estação de seca, período em que a abundância populacional das espécies nativas era muito baixa.

Penariol e Madi-Ravazzi (dados não publicados) também relacionaram a fauna de drosofilídeos com a fragmentação de habitats. Esse estudo avaliou a assembleia de drosofilídeos ao longo de um gradiente de distribuição borda-interior, utilizando um transecto com 200 metros de extensão a partir da borda de um fragmento de floresta estacional semidecidual. Essa metodologia indicou que os efeitos de borda, para a

comunidade de drosofilídeos, atingem até 60 metros em direção ao interior do fragmento estudado.

Esses achados indicam que estudos sobre as comunidades de drosofilídeos de ambientes fragmentados podem fornecer informações importantes sobre as condições ambientais do remanescente florestal e estabelecer estratégias de manejo para essas áreas.

D. Caracteres morfométricos em populações naturais de drosofilídeos

A variabilidade fenotípica na natureza é a mais importante característica para a seleção natural darwiniana e para o entendimento da capacidade evolutiva de uma população natural. Isto obviamente implica que parte da variância é herdável. Espécies de drosofilídeos são modelos utilizados na biologia evolutiva e a herdabilidade na natureza tem sido investigada principalmente em populações naturais de *D. melanogaster* (COYNE; BEECHAM, 1987; IMASHEVA et al., 1994; MORETEAU et al., 1995; GILBERT et al., 1998, 2004; HOFFMANN; LOESCHKE, 2006; CHAKIR et al., 2007; YASSIN et al., 2007). A grande parte dos estudos tem considerado traços relacionados com o tamanho do corpo, embora outros traços, como números de cerdas e a pigmentação do corpo, algumas vezes têm sido enfocados. Uma conclusão geral é que a herdabilidade na natureza é muito menor do que em experimentos de laboratório. Isto é devido ao fato que a variância genética é assumida ser bastante estável (TURELLI, 1984) enquanto o componente ambiental, devido a condições ambientais heterogêneas (CEH) pode ser consideravelmente alto. Um modo conveniente para comparar os resultados de diferentes estudos é considerar uma medida relativa da variabilidade fenotípica, i.e, o coeficiente de variação (CV). Todos os trabalhos anteriores da variabilidade do tamanho do corpo em populações naturais de *D.*

melanogaster e *D. simulans* tem encontrado resultados consistentes com CV ao redor de 6-7 (GILBERT et al., 1998; CHAKIR et al., 2007). Em contraste, a variabilidade em laboratório foi sempre muito menor, com um CV geralmente inferior a três.

Yassin et al. (2007) investigaram a variabilidade fenotípica de duas populações (Delta do Nilo e Egito) de *Zaprionus indianus* e *Z. tuberculatus*. Primeiramente, a variância fenotípica do traço tamanho foi muito alta, com um CV aproximando-se de 10, enquanto um valor incomum foi obtido nas progênes em laboratório, menos que 2,5. Um caráter merístico, o número de cerdas esternopleurais (STP) exibiu a mesma variabilidade, na natureza e em laboratório.

Zaprionus indianus é uma espécie invasora, com origem na África tropical, que teve sucesso na invasão em continentes indianos a mais de quatro décadas (GUPTA, 1970), na América do Sul em 1999 (VILELA, 1999) e mais recentemente na América do Norte (VAN DER LINDE et al., 2006). Yassin et al. (2007) sugerem que a alta variabilidade do tamanho observada no Delta do Nilo poderia ser uma consequência da severa CEH no clima mediterrâneo, incluindo temperaturas elevadas, estresse da dissecação e pulverização com inseticidas. Uma questão que surge é se as espécies de *Zaprionus* são mais sensíveis as CEH do que as espécies de *Drosophila*? Investigações mais extensas e comparativas em vários habitats e em diferentes espécies são obviamente necessárias.

Variações fenotípicas devido às condições ambientais heterogêneas surgem principalmente devido a dois fatores: temperatura e nutrição. Assim, variações cíclicas de tamanho são observadas de acordo com a estação climática (TANTAWY, 1965; KARI; HUEY, 2000). Os efeitos nutricionais podem incluir competição larval e apinhamento, e a qualidade, a quantidade e a estabilidade dos recursos larvais. Infelizmente, as consequências destes efeitos nutricionais sobre a morfologia são pouco conhecidas

(ASHBURNER et al., 2005). Em particular, a norma de reação ao longo do gradiente nutricional não é bem estabelecida e merece estudos mais detalhados (IMASHEVA et al., 1999). O fato de que moscas selvagens não se desenvolvem sob as mesmas condições é bem demonstrado pela grande variância fenotípica do tamanho do corpo. Este fenômeno já estabelecido para outras espécies, tais como *D. melanogaster* (DAVID et al., 1980; COYNE; BEECHAM, 1987; IMASHEVA et al., 1994; MORETEAU et al., 1995; GILBERT et al., 1998; WOODS et al., 1998), *D. simulans* (CHAKIR et al., 2007), *D. buzzatii* (PROUT; BARKER, 1989; ORENGO; PREVOSTI, 1999) e *D. serrata* (JENKINS; HOFFMANN, 2000), pode ser um processo geral em ecologia de *Drosophila*. Estudos com outras espécies em diferentes habitats podem ajudar a entender melhor estes fenômenos.

Esses dados indicam que a assembleia de drosofilídeos constitui uma ferramenta eficiente para estudos em ambientes fragmentados. A sensibilidade dessas moscas aos efeitos ambientais pode ser observada em características ecológicas das populações, como abundância e riqueza de espécies, e também em caracteres genéticos, como os traços morfométricos.

A região noroeste de São Paulo, composta por Floresta Estacional Semidecidual e Savana, é uma das mais devastadas do estado e os fragmentos remanescentes abrigam o que restou da diversidade biológica dessa vegetação, sendo, portanto, urgente o conhecimento, manejo e preservação dessas áreas. Os parâmetros da comunidade de drosofilídeos podem fornecer informações importantes sobre esses remanescentes.

No estudo de ambientes fragmentados espera-se encontrar uma assembleia de drosofilídeos mais equilibrada em áreas com maior extensão, onde os efeitos de borda são menos intensos, do que nos fragmentos menores, mais sujeitos às variações do entorno. Em relação às características genéticas dessas moscas, em ambientes mais equilibrados,

teoricamente os remanescentes maiores, devem ocorrer as maiores médias dos traços morfométricos e os menores valores de coeficiente de variação. Assim, esse estudo espera encontrar populações mais equilibradas, com espécies nativas, moscas maiores e pouca variação em os indivíduos em áreas maiores e em posições mais internas do fragmento.

II Objetivo Geral

Avaliar as condições ambientais de fragmentos de floresta estacional semidecidual, por meio de parâmetros ecológicos e genéticos da comunidade de drosofilídeos, principalmente do gênero *Drosophila*.

III Objetivos Específicos

1. Realizar um levantamento da fauna de espécies, principalmente, do gênero *Drosophila*, capturadas por armadilhas fechadas com iscas de banana e fermento, em fragmentos de floresta estacional da região noroeste do estado de São Paulo;
2. Avaliar a extensão da borda, por meio de parâmetros ecológicos das assembleias de drosofilídeo em diferentes fragmentos florestais;
3. Comparar as assembleias de drosofilídeos da borda e do interior em oito fragmentos florestais, relacionando com o tamanho desses remanescentes florestais;
4. Avaliar diferentes traços morfométricos das espécies invasoras *Z. indianus* e *D. simulans*, em quatro fragmentos de mata.

Referências

- AMARAL, O. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. 2004. 119 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.
- BALANYA, J.; OLLER, J. M.; HUEY, R. B.; GILCHRIST, G. W.; SERRA, L. Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*. **Science**, v. 313, n. 5794, p. 1773-1775, 2006.
- BARCHA, S.F.; ARID, F.M. Estudo da evapotranspiração na região norte-ocidental do estado de São Paulo. **Revista de Ciências da Faculdade de Ciência e Letras**, v. 1, p. 94-122, 1971.
- BICUDO, H.E.M.C. Reproductive isolation in the *saltans* group of *Drosophila*. I. The *saltans* subgroup. **Genetica**, Holanda, v. 44, n. 3, p. 313-319, 1973.
- BIERREGAARD, R. O. Jr.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; SANTOS, A. A.; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. **BioScience**, v. 42, n. 11, p. 859-866, 1992.
- BIZZO, N. M. V.; SENE, F. M. Studies on the populations of *Drosophila* from Peruíbe (SP), Brazil (Diptera, Drosophilidae). **Rev. Bras. Biol.**, v. 42, n. 3, p. 539-544, 1982.
- BRNCIC, D.; KOREF, S. S. The *mesophragmatica* group of species of *Drosophila*. **Evolution**, v. 11, n. 3, p. 300-310, 1957.
- BURLA, H. Die Drosophiliden-Gattung *Zygothrica* und ihre beziehung zur *Drosophila*-Untergattung *Hirtodrosophila*. **Mitt. Zool. Mus. Berl.** v. 32, n. 2, p. 189-321, 1956.

- BURLA, H.; PAVAN, C. The *calloptera* group of species (*Drosophila*, Diptera). **Rev. Bras. Biol.**, v. 13, n. 4, p. 291-314, 1953.
- BURLA, H.; CUNHA, A. B.; CAVALCANTI, A. G. L.; DOBZHANSKY, T.; PAVAN, C. Population density and dispersal rates in Brazilian *Drosophila willistoni*. **Ecology**, v. 31, n.3, p. 393-404, 1950.
- CASTRO, F. L.; VALENTE, V. L. S. *Zaprionus indianus* is invading Drosophilid communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. **Dros. Inf. Serv.**, v. 84, p. 15-16, 2001.
- COLWELL, R. K. **Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 7. Persistent URL, 2004.
- CORDEIRO, J. A. Analysis of Dependency. RELATÓRIO Técnico 48/87, IME, UNICAMP. Campinas, 1987.
- DA CUNHA, A. B. Contribuição ao estudo da adaptação das populações de *Drosophila* (Diptera) a diferentes levedos. **Boletins da Fac. Filos. Ciênc. Letras da Universidade de São Paulo, Biologia Geral**, v. 10, p. 1-56, 1957.
- DOBZHASKY, T.; PAVAN, C. Studies on Brazilian species of *Drosophila*. **Boletins da Fac. Filos., Ciênc. Letras da Universidade de São Paulo, Biologia Geral**, v. 4, p. 7-72, 1943.
- DOBZHASKY, T.; PAVAN, C. Local and seasonal variations in relative frequencies of species of *Drosophila* in Brazil. **J. An. Ecol.**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 1950.
- FERREIRA, L. B.; TIDON, R. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 1809-1821, 2005.

FOOTE, D.; CARSON, H. L. *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> 2004.

FREIRE-MAIA, N.; PAVAN, C. Introdução ao estudo de *Drosophila*. **Cultus**, n. 5, p. 71, 1949.

FREIRE-MAIA, N. Frequencies of the two color forms of the Brazilian *Drosophila montium* in natural population. **Dros. Inf. Serv.**, v. 27, p. 90-91, 1953.

FROTA-PESSOA, O.; WHEELER, M. R. A revision of genus *Neotany gastrella* Duda (Drosophilidae, Diptera). **Rev. Bras. Biol.**, v. 11, n. 2, p. 145-151, 1951.

GRIMALDI, D. A. A phylogenetic revised classification of genera in the Drosophilidae (Diptera). **Bull. Am. Mus. Nat. Hist.**, v. 197, p. 1-139, 1990.

KANESHIRO, K. Y. A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species basead on external male genitalia. **Univ. Texas Pub.**, v. 6918, p. 55-70, 1969.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status patches in the Brazilian Amazon. **J. Trop. Ecol.**, v. 5, p. 173-185, 1989.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park, 1999. 654p.

MACHADO, L. P. B.; MADI-RAVAZZI, L. Reproductive relationships and degree of synapsis in the polytene chromosomes of the *Drosophila buzzatii* species cluster. **Rev. Bras. Biol.**, v. 66, n. 1b, p. 29-41, 2006.

MADI-RAVAZZI, L.; BICUDO, H.E.M.C.; MANZATO, J. A. Reproductive compatibility and chromosome pairing in the *Drosophila buzzatii* complex. **Cytobios, Cambridge**, v. 89, p. 21-30, 1997.

- MADI-RAVAZZI, L.; BICUDO, H.E.M.C. Reproductive isolation, development time and polytene chromosome banding pattern of *Drosophila serido* and *D. koepferae* (*buzzatii* cluster, *repleta* group). **Genetics and Molecular Biology**, v. 15, n. 4, p. 831-851, 1992.
- MAGALHÃES, L. E. Notes on the taxonomy, morphology and distribution of the *saltans* group of *Drosophila*, with descriptions of four new species. **University of Texas Publication**, n. 6205, p. 135-154, 1962.
- MALOGOLOWKIN, C. Sobre o gênero “*Rhinoleucophenga*” com descrição de cinco espécies novas (Drosophilidae, Diptera). **Rev. Bras. Biol.**, v. 6, n. 3, p. 415-426, 1946.
- MALOGOLOWKIN, C. Sobre a genitália dos Drosophilidae (Diptera). III. Grupo *willistoni* do gênero *Drosophila*. **Rev. Bras. Biol.**, v. 12, n. 1, p. 79-96, 1952.
- MALOGOLOWKIN, C. Sobre a genitália dos Drosophilidae (Diptera). IV. A genitália masculina do subgênero *Drosophila*. **Rev. Bras. Biol.**, v. 13, n. 3, p. 245-264, 1953.
- MARTINS, M. B. Invasão de fragmentos florestais por espécies oportunistas de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Acta Amazônica**, v. 19, p. 265-271, 1989.
- MARTINS, M. B. **Drosófilas e outros insetos associados a frutos de Parahancornia amapá disperso sobre o solo da floresta**. 1996. 190 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- MATEUS, R. P.; BUSCHINI, M. L.; SENE, F. M. The *Drosophila* community in xerophytic vegetations of the repper Paraná-Paraguay river basin. **Braz. J. Biol.**, v. 66, n. 2B, p. 719-729, 2006.

- MEDEIROS, H. F. **Relações entre características bionômicas e fisiológicas de espécies de *Drosophila* e a distribuição de suas abundâncias na natureza.** 2006. 100 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- MEDEIROS, H. F.; KLACZKO, L. B. 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 Neotropica** v. 4, n. 1, p. . Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?article+BN01604012004>. 2004.
- MOURÃO, C. A.; GALLO, A. J.; BICUDO, H. E. M. C. Sobre a sistemática de *Drosophila* no Brasil, com descrição de *D. mendeli* sp. n. e relação de espécies brasileiras de *Drosophila*. **Ciência e Cultura**, v. 17, n. 4, p. 577-585, 1965.
- MOURAO, C.A. 1966. **Estudos ecológicos e taxonômicos em populações naturais do gênero *Drosophila* Fálle (1823) que habitam duas matas no município de Mirassol/SP.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, São José do Rio Preto, 1966.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **T. Ecol. Evol.**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- NECCHI, O.J. et al. Características da região noroeste do estado de São Paulo e dos fragmentos florestais remanescentes estudados. In. NECCHI, O.J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais da região noroeste do estado de São Paulo.** Holos Editora, 2012. p. 15-36.
- ODUM, E. P. **Ecologia.** Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988.
- PARSONS, P. A. Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 1, n. 3, p. 77-83, 1991.

- PAVAN, C. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. **Boletins da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, Biologia Geral**, v. 11, p. 7-81, 1959.
- PENARIOL, L. 2007. **Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo**. 91 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2007.
- PENARIOL, L.; BICUDO, H.E.M.C.; MADI-RAVAZZI, L. On the use of open or closed traps in the capture of drosophilids. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn00408022008>. 2008.
- PEREIRA, M. A. Q. R.; VILELA, C.R.; SENE, F. M. Notes on breeding and feeding sites of some species of the repleta group of the genus *Drosophila*. **Ciência e Cultura**, v. 35, n. 9, p. 1313-1319, 1983.
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Ed. Planta, 2001. 327p.
- RAFAEL, V.; ARCOS, C. Subgrupo *inca*, un nuevo subgrupo del grupo *repleta*, com descripción de *Drosophila huancavilcae* n.sp. (Diptera, Drosophilidae. **Evolución Biológica**, v. 3, n. 3, p. 233-243, 1989.
- RATCOV-RENATO, V. 2002. **Drosofilídeos (Diptera) na Reserva Florestal da CUASO, São Paulo, SP, atraídos por isca de banana em fermentação**. 194 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- RODRIGUES, E. 1998. **Edge effects on the regeneration of forests fragments in North Paraná**. 192 f. Tese (Ph.D.) - Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1998.

- ROSSA-FERES, D.C.; JIM, J. Similaridade no sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 439-457, 2001.
- SAAVEDRA, C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES, S. M.; NAPP M.; VALENTE, V. L. S. A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities. **Zool. System. Evol. Research J.**, v. 33, p. 62-74, 1995.
- SENE, F. M.; VAL, F. C. Ocorrência de *Drosophila malerkotliana* Parshad & Paika 1963 na América do Sul. In: **Encontro da SBPC, Ciência e Cultura São Paulo**, v. 29. p. 716, 1977.
- SENE, F. M.; VAL, F. C.; VILELA, C. R.; PEREIRA, M. A. Q. R. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, n. 22, p. 315-326, 1980.
- SILVA, N. M.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera, Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, Southern of Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 363-374, 2005.
- SILVA, F.R.; ROSSA-FERES, D.C. Uso de fragmentos florestais por anuros (Amphibia) de área aberta na região noroeste do estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 7, p. 141-147, 2007.
- TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F. M. Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 52, p. 311-317, 1992.
- TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F. M. *Drosophila*. In: BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M. (Eds.) **Biodiversidade do Estado de São Paulo: Síntese do conhecimento**

- ao final do século XX, v. 5, cap. 23. Invertebrados terrestres. FAPESP. São Paulo, 1999. p. 246-261.
- TIDON, R.; LEITE, D. F.; LEAO, B. F. D. Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the neotropical region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation**, v. 112, p. 299-305, 2003.
- TIDON, R. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 87, p. 233-247, 2006.
- TONI, D. C.; HOFMANN, P. R. P.; VALENTE, V. L. S. First register of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the state of Santa Catarina. **Biotemas**, v. 14, p. 71-85, 2001.
- TORRES, F. R.; MADI-RAVAZZI, L. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlond in the state of São Paulo, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 96, n. 4, p. 437-444, 2006.
- TOSI, D.; PEREIRA, M. A. Q. R.; VILELA, C. R. On a new cave-dwelling species of batguano-breeding *Drosophila* closely related to *Drosophila repleta* Wollaston (Diptera, Drosophilidae). **Brazilian Journal of Genetics**, v. 13, p. 19-31, 1990.
- TOSI, D.; PEREIRA, M. A. Q. R. Karyotypes and phylogenetic relationships in *Drosophila* species of the *annulimana* group (Diptera, Drosophilidae). **Rev. Bras. Gen.**, v. 16, n. 2, p. 321-333, 1993.
- VAL, F. C.; VILELA, C. R.; MARQUES, M. D. Drosophilidae of the Neotropic region. In: ASHBURNER, M.; CARSON, H. L.; THOMPSON, J. N. (Eds). **The Genetics and Biology of *Drosophila***. London Academic, 1981. p. 123-168.

- VAL, F. C.; KANESHIRO, K. Y. Drosophilidae (Diptera) from the Estação Biológica de Boracéia, on the costal range of the state of São Paulo, Brazil: geographical distribution. In: VANZOLINI, P. E; HEYER, W. R. (Eds). **Proceeding of a workshop on Neotropical distribution patterns**. Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 189-203.
- VELA, D.; RAFAEL, V. Ocho nuevas species Del grupo *tripunctata*, gênero *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) y el registro de *D. paraguayensis* en el Bosque Protector Pasochoa, Pichincha, Ecuador. **Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador**, v. 66, p. 91-120, 2001.
- VAN DER LINE, K.; STECK, G. J.; HIBBARD, K.; BIRDSLEY, J. S. First records of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) a pest species on commercial fruits from Panama and the United States of America. **Florida Entomologist**, v. 89, n. 3, p. 402-404, 2006.
- VILELA, C. R. A new species of the annulimana group of the genus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Rev. Bras. Ent.**, v. 26, p. 237-240, 1982.
- VILELA, C. R. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). **Rev. Bras. Ent.**, v. 27, p. 1-114, 1983.
- VILELA, C. R. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? **Drosophila Information Service**, v. 82, p. 37-39, 1999.
- VILELA, C. R.; BÄCHLI, G. Morphological and ecological notes on the two species *Drosophila* belonging to the subgenus *Siphodora* Patterson & Mainland, 1944 (Diptera, Drosophilidae). **Mitteilungem der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft**, v. 73, n. 1-2, p. 23-47, 2000.

- VILELA, C. R.; TEIXEIRA, E. P.; STEIN, C. P. Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae). In VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Orgs). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2001. p. 48-52.
- WASSERMAN, M. 1992. Cytological evolution of the *Drosophila repleta* group. In: KRIMBAS, C. B.; POWEL, J. R. (Eds). **Drosophila Inversion Polymorphism**. CRC Press, Boca Raton, pp 455-555.

Capítulo 1

EXTENSÃO DA BORDA PARA A ASSEMBLÉIA DE DROSOFILÍDEOS EM FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

RESUMO

A destruição das florestas é um processo marcante e crescente na região tropical e a perda de habitats é a principal ameaça à biodiversidade. Os fragmentos remanescentes ficam expostos a diversos fatores que afetam negativamente a biodiversidade, os principais deles são a extensão da área remanescente e os efeitos de borda. A assembleia de drosofilídeos, principalmente do gênero *Drosophila*, tem sido utilizada como bioindicadores em estudos ambientais, devido à característica cosmopolita do grupo, facilidade de coleta e, principalmente, sensibilidade às variáveis ambientais. Esse estudo avaliou a assembleia de drosofilídeos em dois diferentes fragmentos de mata semidecidual por meio de um transecto borda-interior para identificar o tamanho da borda e sua relação com as condições ambientais das matas. A estrutura das assembleias de drosofilídeos foi estatisticamente diferente entre os fragmentos, no de maior área ocorreu a maior riqueza de espécies e na menor área a maior abundância. Foi observado um padrão de distribuição borda-interior somente para o fragmento maior, indicando uma borda com até 60 metros de extensão. Para o fragmento menor não foi observada essa transição, indicando que os efeitos de borda atingem uma grande extensão, pelo menos até 200 metros em direção ao interior do fragmento. Nossos dados demonstram que o fragmento de menor área está mais impactado e que os efeitos de borda nesse ambiente podem adentrar maiores distâncias em direção ao interior da mata, comprometendo a conservação da diversidade nessas áreas.

1 Introdução

A destruição das florestas é um processo marcante e crescente na região tropical e a perda de habitats é a principal ameaça à biodiversidade (Wilson 1988, Laurance et al 2007, Peres 2010). Os fragmentos remanescentes ficam expostos a diversos fatores que afetam negativamente a biodiversidade, os principais deles são a extensão da área remanescente e os efeitos de borda (Rodrigues 1998, Kapos 1989, Bierregaard et al 1992, Murcia 1995, Fahring 2003) . Em geral, a extensão da borda varia entre 50 e 500 metros, porém, o consenso atual é de os efeitos de borda ocorram até 150 metros em direção ao interior dos fragmentos (Bierregaard et al 1992, Murcia 1995, Laurance 2000).

A vegetação da região noroeste do Estado de São Paulo é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual, ela restringe-se hoje a 4% de sua área original, tendo sido substituída por pastagens, culturas diversas ou áreas urbanas (SMA/IF 2005). Tal impacto coloca a região como a mais devastada e fragmentada do estado e com menor concentração de unidades de conservação (Kronka et al 1993). Segundo Rambaldi (2003) a floresta semidecidual é importante pela singularidade das espécies que a compõe, pelo nível de degradação e pela importância econômica das espécies. Paradoxalmente, este tipo de formação florestal tem recebido pouca atenção no que diz respeito ao estudo da sua biodiversidade e avaliação do grau de perturbação ambiental dos fragmentos remanescentes.

A assembleia de drosofilídeos, principalmente do gênero *Drosophila*, tem sido utilizada como bioindicadores em estudos ambientais, devido à característica cosmopolita do grupo, facilidade de coleta e, principalmente, sensibilidade às variáveis ambientais (Mourão 1966, PARSONS 1991, Sene et al 1980, Tidon-Sklorz & Sene 1992, Saavedra et al

1995, Krijger & Sevenster 2001, Hoffman et al 2003, Foote & Carson 2004, Torres & Madi-Ravazzi 2006, Balanya et al 2006, Mata et al 2008, Mata et al 2010b, Bizzo et al 2010).

A sensibilidade do gênero *Drosophila* em relação às variáveis abióticas e bióticas se reflete na dinâmica populacional desses organismos, ou seja, na riqueza de espécies e na abundância populacional dessas moscas. Dentre as espécies de drosofilídeos utilizadas como indicadores ambientais estão *Zaprionus indianus*, um drosofilídeo africano recém-introduzido no Brasil, as espécies do grupo *melanogaster* (*D. simulans*, *D. melanogaster* e *D. malerkotliana*) e ainda *D. willistoni*, subgrupo *willistoni*, uma espécie nativa da região neotropical. Em geral, as espécies invasoras ocupam áreas abertas, urbanizadas ou com maior grau de impacto ambiental (Saavendra et al 1995, De Toni et al 2000, Tidon et al 2003, Amaral 2004, Silva 2005, Ferreira & Tidon 2005, Torres & Madi-Ravazzi 2006, Penariol et al 2008, Mata et al 2008, Hochmüller et al 2010) e as espécies nativas ocorrem em ambientes naturais ou mais preservados (Martins 1996, Torres & Madi-Ravazzi 2006, Penariol et al 2008, Mata et al 2008, Hochmüller et al 2010).

Penariol e Madi-Ravazzi (2013) avaliaram o tamanho da borda de um fragmento de mata semidecidual na região noroeste do Estado de São Paulo e verificaram um gradiente na abundância de drosofilídeos ao longo de um transecto (0-200m), com algumas espécies em maior abundância na borda do fragmento e outras no interior do fragmento. Esta transição ocorreu aproximadamente a 60 metros a partir da borda, sugerindo que neste ponto há também a transição das condições ambientais interferindo na composição da assembleia de drosofilídeos. As autoras indicaram o método como eficiente para medir o

tamanho da borda de um fragmento e propõem sua utilização em estudos de monitoramento e impacto ambiental.

Com base nesses achados, espera-se que a assembleia de drosofilídeos difira na transição entre a borda e o interior dos fragmentos. Além disso, em ambientes mais impactados, como por exemplo, remanescentes florestais de menor área ou com atividade antrópica intensa, os efeitos de borda provavelmente são intensificados e podem adentrar maiores distâncias na mata. O presente estudo aplicou a metodologia de transectos borda-interior em dois diferentes fragmentos de mata estacional semidecidual, com o objetivo de avaliar a extensão da borda e sua relação com o estado de preservação dessas áreas, utilizando para isso, parâmetros ecológicos das assembleias de drosofilídeos.

2 Material e Métodos

Foram amostrados dois fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, áreas selecionadas pelo Programa Biota Fapesp denominado “*Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo*” (processo número 04/04820-3), esses remanescentes diferem em diversos aspectos. O fragmento maior, denominado de G9, está situado no município de Matão, na Fazenda Cambuhy (21°37'14''S e 48°32'14''W), apresenta uma área de 2.189,6 hectares em estágio avançado de sucessão ecológica (92,4%) (Necchi et al 2012), caracterizado por mata mais fechada e árvores de maior porte, na região de entorno ocorre monocultura de laranja e de café.

O fragmento denominado de P4 está localizado no município de Turmalina, na Fazenda São João (20°00'13''S e 50°26'02''W), apresenta uma área de 108,3 hectares em estágio médio de sucessão ecológica (65,3%) (Necchi et al 2012), nesse ambiente a floresta

apresenta-se mais aberta, com regiões de clareiras e vegetação de menor porte, a região de entorno é ocupada por pastagem. Os mapas representativos do tipo de vegetação local estão nas figuras 1 e 2.

A região noroeste do estado de São Paulo apresenta clima do tipo Tropical Quente e Úmido (Aw de Köppen). As temperaturas médias anuais são sempre maiores que 25°C, sendo as médias dos meses mais frios de cerca 20°C e dos mais quentes cerca de 30°C (Barcha; Arid 1971). Em relação à precipitação pluviométrica ocorrem duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa (entre outubro e março), com cerca de 85% da precipitação total anual e uma seca (entre abril e setembro), com precipitação entre 1.100 e 1.250 mm (± 225 mm) (Barcha; Arid 1971). Assim, foram realizadas quatro coletas em cada área, sendo duas em cada estação climática. No fragmento G9 as coletas ocorreram nos meses de março (chuvosa 1, pluviosidade total mensal de 203,8 mm), junho (seca 1, 57,0 mm), setembro (seca 2, 168,0 mm) e novembro (chuvosa 2, 127,9 mm) de 2009. No fragmento P4 as amostras foram obtidas em agosto (pluviosidade total mensal de 64 mm) e outubro (245 mm) de 2009 e em janeiro (332,0 mm) e fevereiro (106,0 mm) de 2010.

Foram utilizadas 33 armadilhas, dispostas em três transectos com 200 metros de extensão (Figura 3), estabelecidos a partir da borda em direção ao interior do fragmento. As linhas de coleta foram demarcadas em onze pontos equidistantes, sendo colocada em cada distância uma armadilha do tipo fechada (Penariol et al 2008), a qual continha isca de banana nanica macerada com fermento biológico fresco (*Saccharomyces cerevisiae*).

A identificação dos drosofilídeos foi realizada com o auxílio de chave de identificação, por meio da observação das características morfológicas externas e, para as espécies crípticas foi analisado o edeago, parte da terminália masculina (Freire-Maia & Pavan 1949, Kaneshiro 1969, Vilela 1983). Para o levantamento da fauna de

drosofilídeos foram avaliadas a abundância populacional e a riqueza de espécies de forma descritiva.

Também foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (Krebs 1999), de equitabilidade de Pielou e de dominância de Berger-Parkin (Odum 1995) para cada fragmento.

Para a comparação entre as variáveis fragmento (P4 e G9), meses de coleta (quatro em cada área) e as posições de coleta (11 pontos do transecto) foi utilizada a Análise de Variância Multivariada por Permutação (PERMANOVA). A relação de similaridade entre as unidades amostrais foi mostrada através da realização da Análise de Coordenadas Principais (PCO). Para diagnosticar quais as espécies foram mais importantes na diferenciação das assembleias resultantes foi realizada a Análise de Porcentagem de Similaridades (SIMPER). Todas as análises foram realizadas no programa PRIMER+PERMANOVA v6.

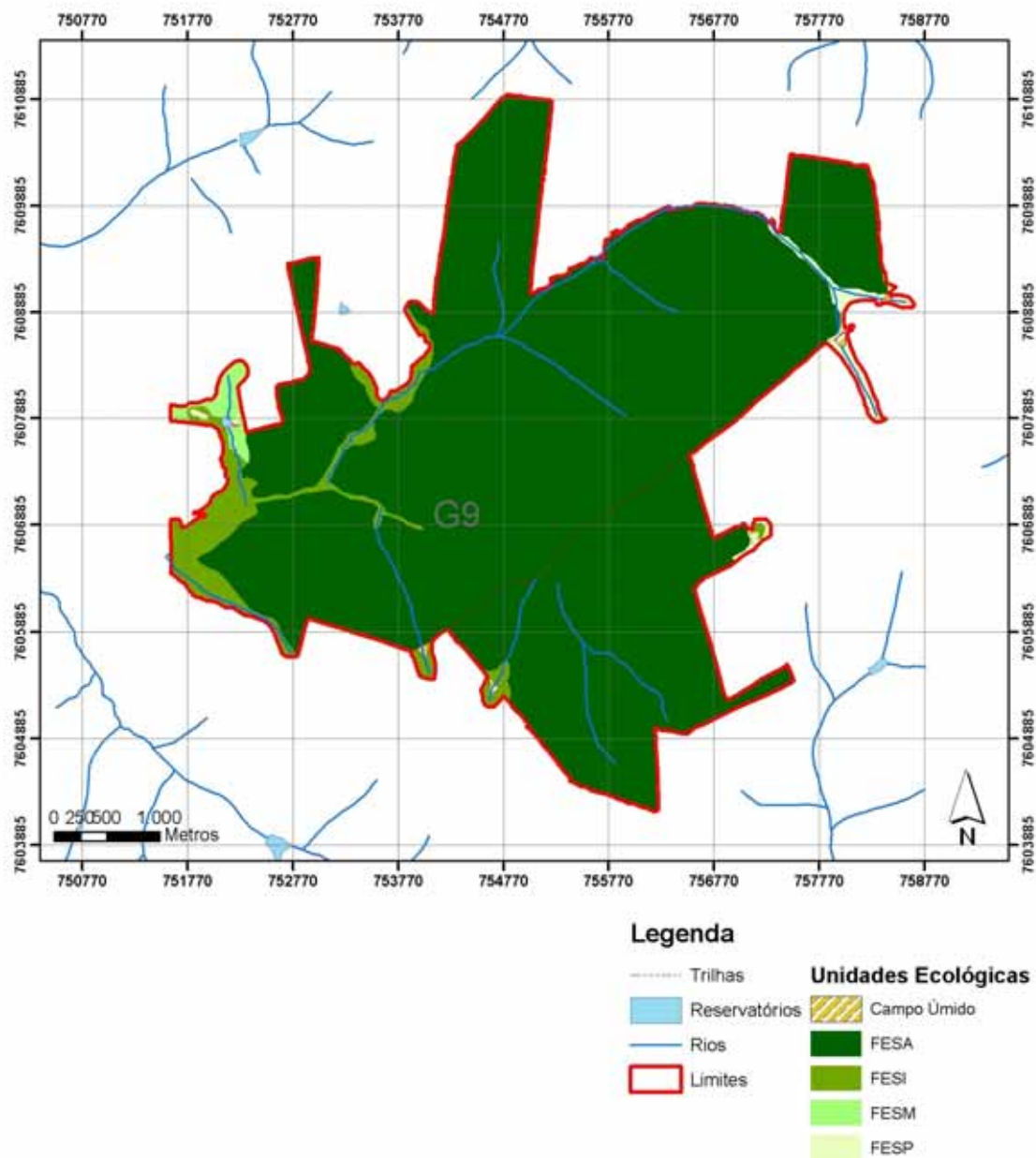


Figura 1. Mapa do fragmento de Matão, indicando os diferentes estágios de sucessão ecológica do fragmento. FESA: Floresta estacional semidecídua em estágio avançado de sucessão; FESI: Floresta estacional semidecídua em estágio intermediário de sucessão; FESM: Floresta estacional semidecídua em estágio médio de sucessão; FESP: Floresta estacional semidecídua em estágio primário de sucessão (extraído de Necchi 2012).

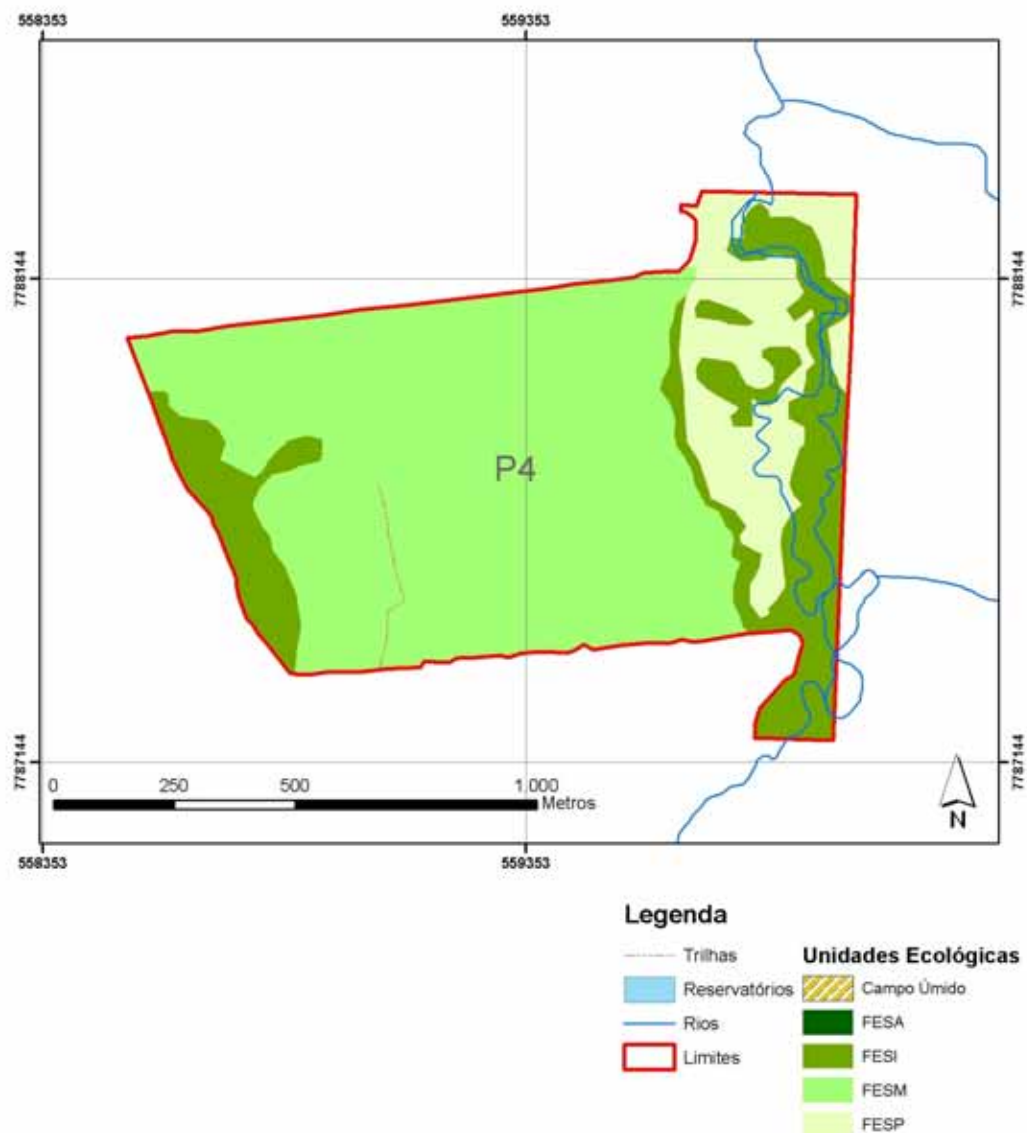


Figura 2. Mapa do fragmento de Turmalina, indicando os diferentes estágios de sucessão ecológica do fragmento. FESA: Floresta estacional semidecídua em estágio avançado de sucessão; FESI: Floresta estacional semidecídua em estágio intermediário de sucessão; FESM: Floresta estacional semidecídua em estágio médio de sucessão; FESP: Floresta estacional semidecídua em estágio primário de sucessão (extraído de Necchi 2012).

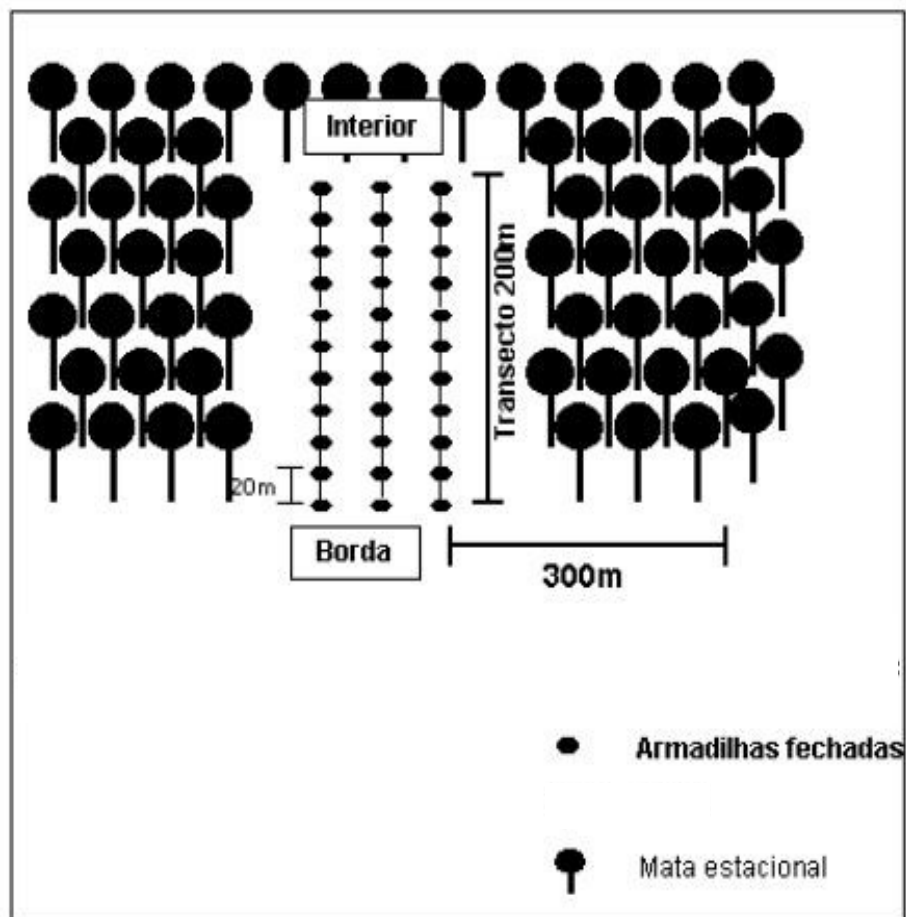


Figura 3: Desenho amostral dos três transectos borda-interior dos fragmentos.

3 Resultados

No total foram coletados 14.965 drosofilídeos, sendo 17 espécies do gênero *Drosophila*, mais os drosofilídeos *Z. indianus* e *Scaptodrosophila latifasciaeformis*. A maior abundância (55,9%) foi obtida no fragmento P4, entretanto, no G9 a riqueza de espécies foi maior (19) que em Turmalina (17). No fragmento maior as espécies mais abundantes foram: *D. sturtevantii* (20,0%) e *D. willistoni* (17,8%) e no menor foram: *D. simulans* (31,0%) e *D. sturtevantii* (23,6%) (Tabela 1).

A abundância e composição dos drosofilídeos foram diferentes nos dois fragmentos na estação seca e chuvosa, em Turmalina a maior abundância foi obtida na estação de seca (56,7%) e em Matão, o número de moscas coletadas foi discretamente maior (50,8%) no período chuvoso. As espécies mais abundantes em Turmalina, na estação chuvosa, foram *D. sturtevantii* (45,9%), *D. malerkotliana* (20,5%) e *D. willistoni* (17,2%) e na estação seca foram *D. simulans* (54,1%), *Z. indianus* (11,1%) e *D. polymorpha* (8,8%). No fragmento maior, em Matão, as espécies mais abundantes na estação quente e úmida foram *D. willistoni* (33,8%) e *D. sturtevantii* (33,2%) e na estação fria e seca as espécies mais abundantes foram *D. mercatorum* (28,6%), *D. paranaensis* (28,1%) e *D. simulans* (24,0%) (Tabela 1).

Na avaliação da composição dos drosofilídeos da borda e do interior do fragmento de Turmalina na estação quente e úmida, destaca-se a frequência expressiva por todo o transecto das espécies: *D. sturtevantii*, *D. malerkotliana* e *D. willistoni*, as quais também foram as espécies mais abundantes neste período (Tabela 2). Na estação seca deste fragmento houve uma explosão na abundância de *D. simulans* que foi coletada em alta

frequência por todo o transecto, mas que, juntamente com *Z. indianus*, apresentou a maior frequência no ponto zero do transecto, respectivamente 36,41% e 36,43%. Outras espécies foram igualmente frequentes ao longo do transecto como: *D. polymorpha*, *D. sturtevantii*, *D. paranaensis* e *D. mercatorum* com altas frequências até 40 m, isto foi bem caracterizado também para a espécie *D. immigrans*. Neste período *D. willistoni* foi coletada em baixa frequência por todo o transecto (Tabela 3).

Em Matão, na estação chuvosa, *D. sturtevantii* e *D. willistoni* foram frequentes em todo o transecto, sendo que esta última espécie apresentou frequências progressivamente maiores a partir de 60 m. Destaca-se frequências expressivas para a espécie *D. prosaltans* ao longo do transecto. *Z. indianus* apresentou baixa abundância, mas ocorreu ao longo de todo o transecto. Também estiveram presentes em frequências relativas por todo o transecto, com destaque para as armadilhas mais próximas da borda e do interior, as espécies do grupo repleta, *D. mercatorum* e *D. paranaensis* (Tabela 4). Neste fragmento, na estação seca, houve um destaque para as frequências de *D. mercatorum* e *D. paranaensis* no ponto zero do transecto, respectivamente, 95,47% e 94,63%. Em seguida destaca-se a maior abundância de *D. simulans* ao longo do transecto, mas com 41% de sua frequência obtida até 40m. *D. sturtevantii* também foi frequente ao longo do transecto, com abundâncias relativas, mas não expressiva como na estação quente. *D. polymorpha*, *S. latifasciaeformis* e *D. immigrans* estiveram presentes em maior abundância no ponto zero do transecto, respectivamente, 62,96, 60 e 36% (Tabela 5).

Os valores dos índices ecológicos calculados para cada fragmento estão representados na tabela 6 e não diferiram muito entre as duas áreas. As curvas do componente dominância estão na figura 4A-B.

A estrutura das assembleias de drosofilídeos foi estatisticamente diferente entre o fragmento de Matão (maior) e o de Turmalina (menor) (Figura 5), em todas as estações climáticas (Tabela 7). Foram reconhecidos quatro agrupamentos significativamente diferentes: chuvosa 1, chuvosa 2, seca 1 e seca 2 (Tabela 8).

Não houve diferença estatística entre as armadilhas ao longo do transecto nos dois fragmentos em nenhuma das estações. Entretanto, no fragmento maior, foi observado um padrão de transição na abundância e composição das espécies entre a borda e o interior. Nos agrupamentos chuvosa 1 e seca 1 as armadilhas 1 e 2 (0 e 20 metros distantes da borda) se diferenciaram das demais (Figura 6A-B). Na estação seca 2, as armadilhas 1, 2 e 3, formaram um grupo isolado dos demais (Figura 6C). Somente na estação chuvosa 2 ocorreu diferença estatística entre as distâncias do transecto, de forma que as armadilhas 1 e 2 foram semelhantes e as armadilhas 3 e 4 diferentes das demais (Figura 6D), indicando um padrão diferenciado até 60 metros da borda.

A análise SIMPER apontou quais foram as espécies responsáveis pela similaridade das assembleias nos dois fragmentos amostrados, nas diferentes estações. A semelhança entre os pontos de coleta (armadilhas do transecto) e as espécies responsáveis pelos agrupamentos (em porcentagem de contribuição), em cada estação, podem ser observadas na Figura 7A-D.

Tabela 1: Abundância total de drosophilídeos coletados nos transectos nos fragmentos florestais de Turmalina e de Matão, nas estações chuvosa e seca.

Espécies	Turmalina (P4)						Matão (G9)						Total	
	Chuvosa			Seca			Chuvosa			Seca			Total	
	N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)		N	(%)
<i>Z. indianus</i>	68	(1,9)		527	(11,1)		26	(0,8)		20	(0,6)		46	(0,7)
<i>S. latifasciaeformis</i>	23	(0,6)		9	(0,2)		29	(0,9)		20	(0,6)		49	(0,7)
<i>D. simulans</i>	28	(0,8)		2.565	(54,1)		16	(0,5)		778	(24,0)		794	(12,0)
<i>D. melanogaster</i>	0	(0,0)		0	(0,0)		0	(0,0)		2	(0,1)		2	(0,0)
<i>D. malerkotiana</i>	742	(20,5)		25	(0,5)		38	(1,1)		11	(0,3)		49	(0,7)
<i>D. ananassae</i>	4	(0,1)		1	(0,0)		1	(0,0)		0	(0,0)		1	(0,0)
<i>D. polymorpha</i>	92	(2,5)		417	(8,8)		54	(1,6)		27	(0,8)		81	(1,2)
<i>D. willistoni</i>	622	(17,2)		26	(0,5)		1.133	(33,8)		44	(1,4)		1.177	(17,8)
<i>D. nebulosa</i>	48	(1,3)		4	(0,1)		2	(0,1)		0	(0,0)		2	(0,0)
<i>D. mediotriata</i>	1	(0,0)		0	(0,0)		1	(0,0)		0	(0,0)		1	(0,0)
<i>D. mediopunctata</i>	4	(0,1)		0	(0,0)		3	(0,1)		2	(0,1)		5	(0,1)
<i>D. guaru</i>	0	(0,0)		0	(0,0)		1	(0,0)		1	(0,0)		2	(0,0)
<i>D. ornatifrons</i>	28	(0,8)		13	(0,3)		74	(2,2)		23	(0,7)		97	(1,5)
<i>D. immigrans</i>	4	(0,1)		102	(2,2)		6	(0,2)		50	(1,5)		56	(0,8)
<i>D. sturtevantii</i>	1.665	(45,9)		313	(6,6)		1.113	(33,2)		210	(6,5)		1.323	(20,0)
<i>D. austrosaltans</i>	32	(0,9)		20	(0,4)		10	(0,3)		1	(0,0)		11	(0,2)
<i>D. prosaltans</i>	12	(0,3)		6	(0,1)		276	(8,2)		0	(0,0)		276	(4,2)
<i>D. mercatorum</i>	20	(0,6)		374	(7,9)		99	(3,0)		929	(28,6)		1.028	(15,6)
<i>D. paranaensis</i>	8	(0,2)		197	(4,2)		68	(2,0)		913	(28,1)		981	(14,9)
Grupo <i>cardini</i>	19	(0,5)		21	(0,4)		5	(0,1)		0	(0,0)		5	(0,1)
Subgrupo <i>saltans</i>	191	(5,3)		21	(0,4)		79	(2,4)		7	(0,2)		86	(1,3)
Grupo <i>repleta</i>	13	(0,4)		100	(2,1)		21	(0,6)		207	(6,4)		228	(3,5)
Total	3.624	(43,3)		4.741	(56,7)		8.365	(55,9)		3.355	(40,8)		6.600	(44,1)
										3.245	(49,2)		14.965	(44,1)

Tabela 2: Abundância de drosophilídeos coletados ao longo do transecto borda-interior, na estação quente e úmida, no fragmento florestal de Turmalina.

Espécies	Distância da Borda (metros)											Total
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
<i>Z. indianus</i>	10	21	5	9	0	4	7	3	2	5	2	68
<i>S. latifasciaeformis</i>	2	4	3	3	1	0	5	3	1	1	0	23
<i>D. simulans</i>	6	7	0	2	2	0	1	0	5	5	0	28
<i>D. malerkotliana</i>	66	37	55	65	53	137	51	80	51	109	38	742
<i>D. ananassae</i>	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4
<i>D. polymorpha</i>	12	3	4	3	6	6	3	11	24	13	7	92
<i>D. willistoni</i>	47	47	75	117	34	66	45	37	57	72	25	622
<i>D. nebulosa</i>	7	13	8	11	0	0	2	1	0	1	5	48
<i>D. mediotriata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. mediopunctata</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	4
<i>D. ornatifrons</i>	2	1	5	2	0	3	3	2	4	6	0	28
<i>D. immigrans</i>	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>D. sturtevantii</i>	236	126	96	148	49	143	128	134	152	224	229	1.665
<i>D. austrosaltans</i>	12	6	1	0	0	0	6	2	0	3	2	32
<i>D. prosaltans</i>	2	1	0	2	0	1	2	0	0	1	3	12
<i>D. mercatorum</i>	4	0	3	4	1	1	0	0	1	4	2	20
<i>D. paranaensis</i>	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	3	8
Grupo <i>cardini</i>	0	0	4	3	1	2	1	0	5	2	1	19
Subgrupo <i>saltans</i>	25	12	14	44	1	22	11	10	21	15	16	191
Grupo <i>repleta</i>	2	0	3	0	0	1	3	0	2	1	1	13
Total	434	280	281	416	149	387	269	284	326	464	334	3.624

Tabela 3: Abundância de drosofilídeos coletados ao longo do transecto borda-interior, na estação fria e seca, no fragmento florestal de Turmalina.

Espécies	Distância da Borda (metros)											Total
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
<i>Z. indianus</i>	192	51	75	32	44	30	25	19	33	6	20	527
<i>S. latifasciaeformis</i>	0	0	1	1	0	2	3	0	0	2	0	9
<i>D. simulans</i>	934	323	362	144	114	192	112	105	92	67	120	2.565
<i>D. malerkotliana</i>	5	3	8	2	1	1	0	0	5	0	0	25
<i>D. ananassae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>D. polymorpha</i>	121	38	68	40	40	16	24	1	31	32	6	417
<i>D. willistoni</i>	4	5	1	5	0	0	2	0	3	0	6	26
<i>D. nebulosa</i>	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	4
<i>D. ornatifrons</i>	0	0	1	0	4	0	4	0	1	2	1	13
<i>D. immigrans</i>	32	7	25	5	9	1	9	6	3	2	3	102
<i>D. sturtevantii</i>	58	49	59	28	14	28	18	14	19	7	19	313
<i>D. austrosaltans</i>	1	3	11	0	0	2	1	0	1	1	0	20
<i>D. prosaltans</i>	1	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	6
<i>D. mercatorum</i>	99	31	122	20	18	29	18	2	20	10	5	374
<i>D. paranaensis</i>	68	12	84	7	1	9	1	0	10	3	2	197
Grupo <i>cardini</i>	2	1	2	3	3	2	2	0	0	6	0	21
Subgrupo <i>saltans</i>	1	3	4	1	4	2	0	1	4	0	1	21
Grupo <i>repleta</i>	15	17	20	9	15	7	3	1	4	8	1	100
Total	1.534	544	845	297	269	321	223	149	227	147	185	4.741

Tabela 4: Abundância de drosofilídeos coletados ao longo do transecto borda-interior, na estação quente e úmida, no fragmento florestal de Matão.

Espécies	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	Total
<i>Z. indianus</i>	3	5	2	0	5	4	1	0	4	1	1	26
<i>S. latifasciaeformis</i>	13	2	0	4	0	8	0	1	0	1	0	29
<i>D. simulans</i>	3	6	1	2	0	2	0	0	0	0	2	16
<i>D. malerkotliana</i>	6	3	3	1	2	4	7	8	4	0	0	38
<i>D. ananassae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>D. polymorpha</i>	11	4	2	9	4	6	5	3	2	4	4	54
<i>D. willistoni</i>	29	29	62	158	70	62	123	225	120	109	146	1.133
<i>D. nebulosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
<i>D. mediotriata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>D. mediopunctata</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3
<i>D. guaru</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>D. ornatifrons</i>	1	0	4	7	13	10	2	13	0	4	20	74
<i>D. immigrans</i>	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	6
<i>D. sturtevanti</i>	229	263	149	101	145	67	103	60	82	143	71	1.413
<i>D. austrosaltans</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>D. prosaltans</i>	34	22	30	34	22	21	17	18	13	29	36	276
<i>D. mercatorum</i>	23	15	2	12	2	12	4	1	6	6	16	99
<i>D. paranaensis</i>	20	9	3	6	3	7	3	1	3	3	10	68
Grupo <i>cardini</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	5
Subgrupo <i>saltans</i>	14	7	9	5	3	2	30	4	1	3	1	79
Grupo <i>repleta</i>	5	0	1	0	5	0	4	2	1	1	2	21
Total	403	365	268	340	274	208	300	341	236	308	312	3.355

Tabela 5: Abundância de drosofilídeos coletados ao longo do transecto borda-interior, na estação fria e seca, no fragmento florestal de Matão.

Espécies	Distância da Borda (metros)												Total
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200		
<i>Z. indianus</i>	7	0	0	1	1	0	0	0	0	0	11	20	
<i>S. latifasciaeformis</i>	12	3	2	1	0	0	0	1	1	0	0	20	
<i>D. simulans</i>	211	4	104	20	32	80	35	76	62	68	86	778	
<i>D. melanogaster</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
<i>D. malerkotiana</i>	7	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	11	
<i>D. polymorpha</i>	17	1	0	0	5	2	0	0	1	1	0	27	
<i>D. willistoni</i>	1	0	2	5	1	7	3	9	5	3	8	44	
<i>D. mediopunctata</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
<i>D. guaru</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
<i>D. ornatifrons</i>	1	0	3	1	3	2	1	3	4	3	2	23	
<i>D. immigrans</i>	18	0	1	0	1	3	16	2	0	9	0	50	
<i>D. sturtevanti</i>	40	10	7	20	5	12	19	18	46	13	20	210	
<i>D. austrosaltans</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>D. mercatorum</i>	887	4	4	2	2	5	5	4	4	10	2	929	
<i>D. paranaensis</i>	864	5	7	0	0	2	10	5	6	12	2	913	
Subgrupo saltans	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	7	
Grupo repleta	185	0	1	10	0	0	1	2	0	6	2	207	
Total	2.256	29	132	63	52	113	90	120	131	125	134	3.245	

Tabela 6: Valores dos índices ecológicos calculados para os dois fragmentos florestais. G9 = fragmento de Matão; P4 = fragmento de Turmalina, H' = índice de diversidade de Shannom-Wiener, $H_{\text{máx}}$ = índice de diversidade teórica máxima, e = índice de equitabilidade de Pielou, d = índice de dominância de Berger-Parkin.

Índices ecológicos	P4	G9
H'	0,67	0,75
$H_{\text{máx}}$	1,15	1,25
e	0,58	0,60
d	0,38	0,35

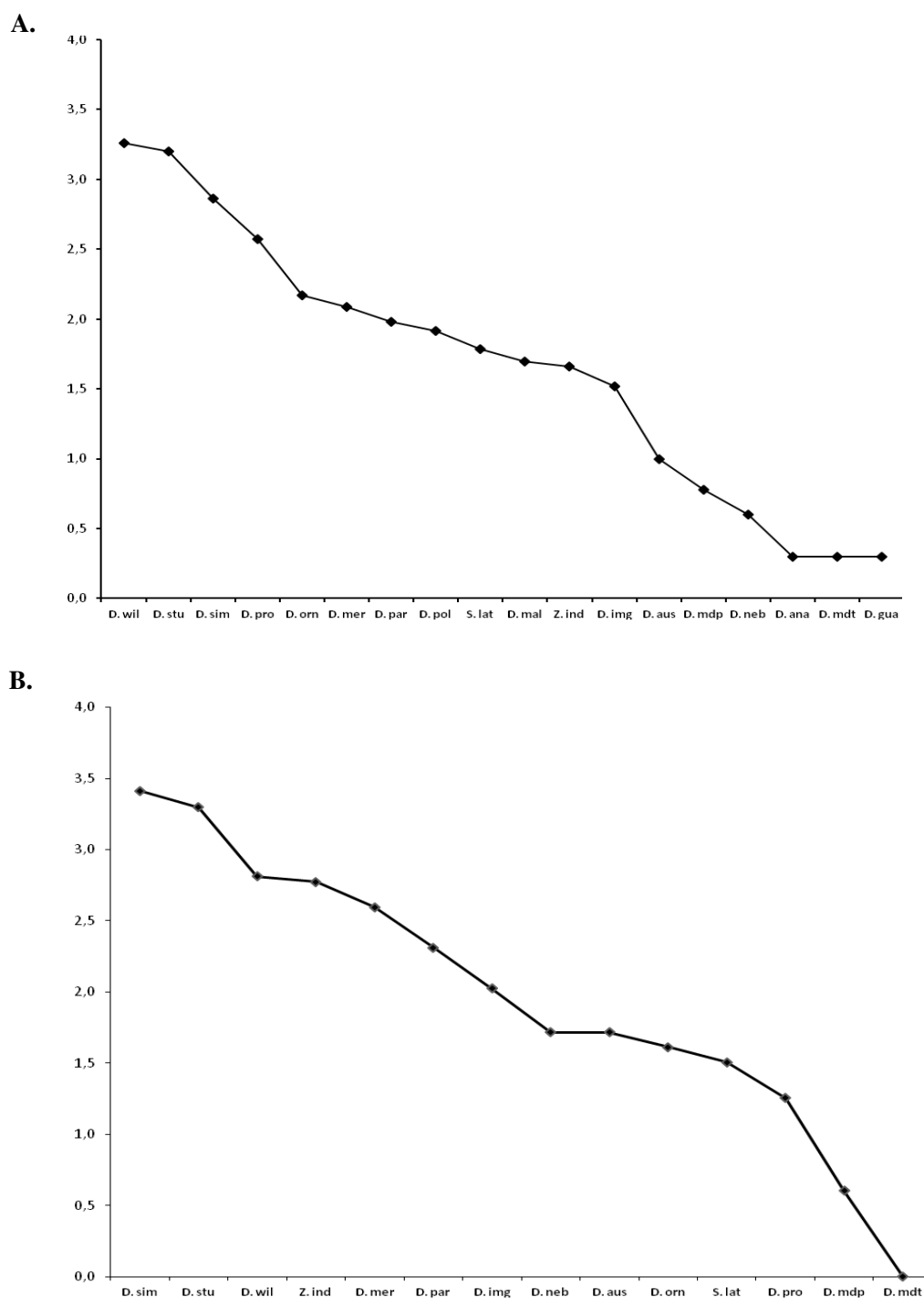


Figura 4A-B: Curva do componente dominância para os dois fragmentos amostrados.
A. P4 – Turmalina, **B.** G9 – Matão.

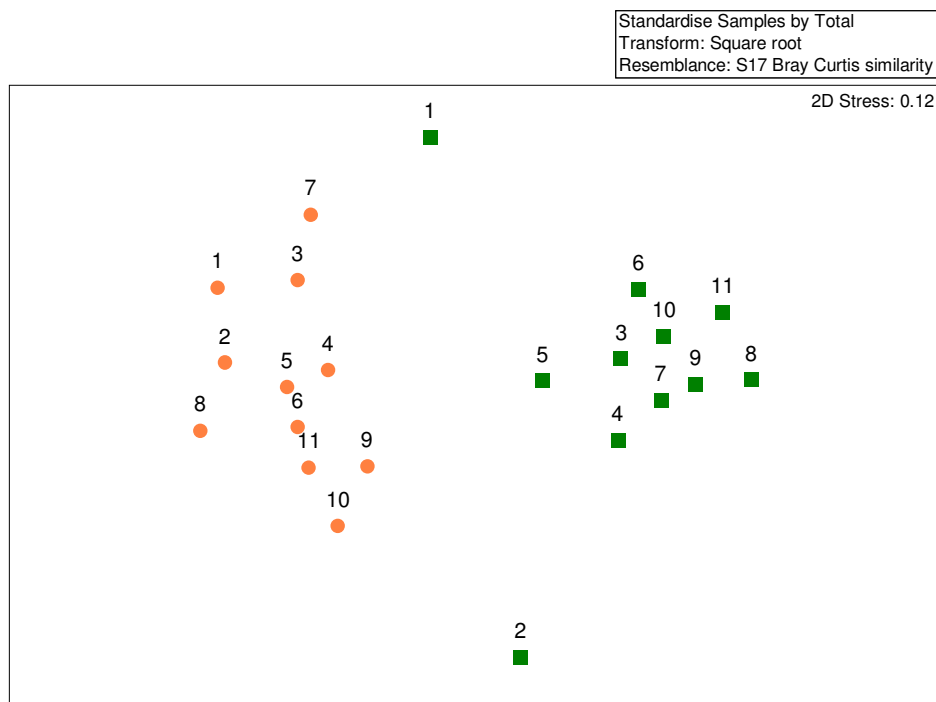


Figura 5: Distribuição das armadilhas (1 a 11) considerando os dados de todas as estações, nos dois fragmentos, Turmalina (• P4) e Matão (■ G9).

Tabela 7: Resultados da análise de PERMANOVA testando o efeito das estações climáticas (Es), dos fragmentos (Fr) e das armadilhas (Ar) na assembleia de drosofilídeos.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms	P(MC)
Estação	3	1,66E+05	55474	44,863	0,0001	9928	0,0001
Fragmento	1	29445	29445	23,812	0,0001	9948	0,0001
Armadilhas	10	13771	1377,1	1,1137	0,2587	9847	0,2712
EsxFr	3	79540	26513	21,442	0,0001	9933	0,0001
EsxAr	30	27605	920,18	0,74416	0,9889	9730	0,9897
FrxFr	10	13906	1390,6	1,1246	0,2527	9838	0,257
EsxFrxAr	30	37179	1239,3	1,0022	0,4853	9763	0,4849
Res	157	1,94E+05	1236,5				
Total	244	5,79E+05					

Tabela 8: Resultado do teste par a par dos agrupamentos estatisticamente diferentes.

Groups	t	P (perm)	perms	P (MC)
Chuva 1, Chuva2	4,3504	0,0001	9950	0,0001
Chuva 1, Seca 1	6,849	0,0001	9946	0,0001
Chuva 1, Seca 2	8,4666	0,0001	9946	0,0001
Chuva 2, Seca 1	7,3645	0,0001	9951	0,0001
Chuva 2, Seca 2	8,769	0,0001	9943	0,0001
Seca 1, Seca 2	1,7535	0,0071	9952	0,0106

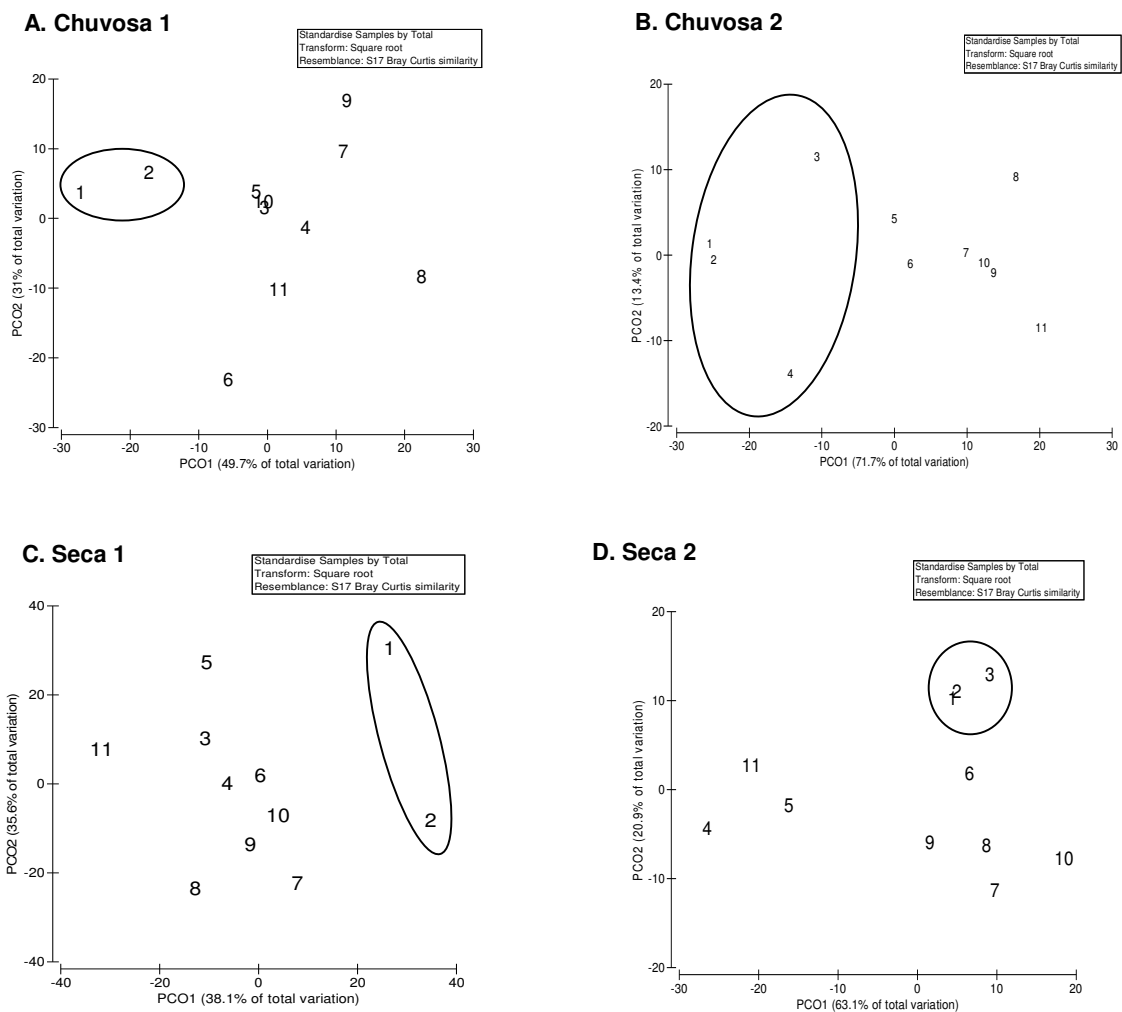
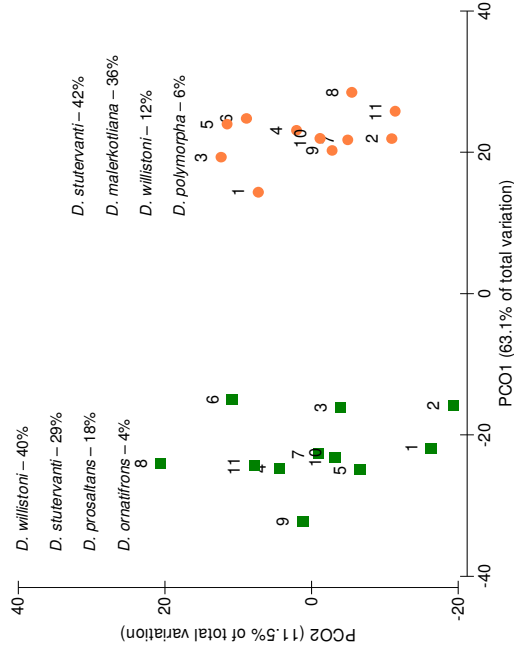
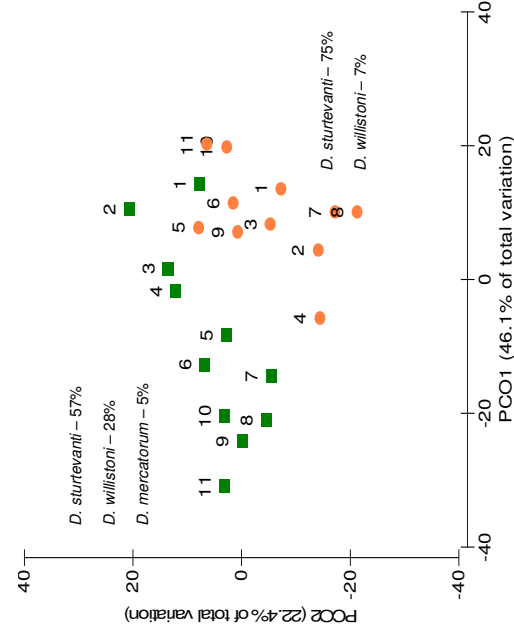


Figura 6A-D: Similaridade das armadilhas (1 a 11) do transecto (0 a 200 metros distantes da borda), nas quatro estações amostradas, para o fragmento de Matão (G9).

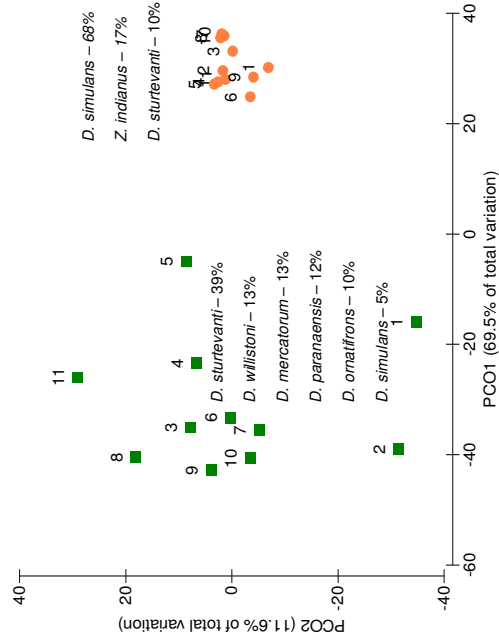
A. Chuvosa 1



B. Chuvosa 2



C. Seca 1



D. Seca 2

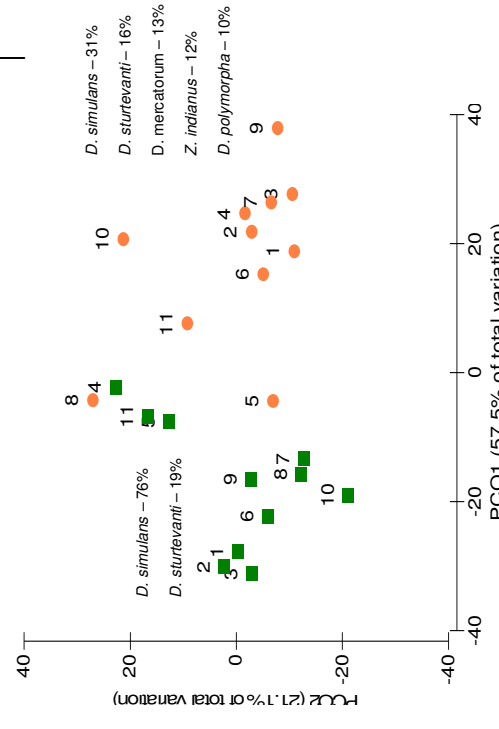


Figura 7A-D: Similaridade entre as armadilhas em cada fragmento (● P4 e ■ G9). Em cada gráfico destacam-se as espécies responsáveis pelos agrupamentos.

4 Discussão

Estudos sobre a utilização de algumas espécies de drosofilídeos como bioindicadoras têm avançado nos últimos anos como uma proposta de inclusão em metodologias práticas e de baixo custo de monitoramento ambiental (Parson 1991, Avondet et al 2003, Ferreira & Tidon 2005, Mata et al 2008, Acurio et al 2010, Bizzo et al 2010). O presente trabalho demonstra que as assembleias de drosofilídeos dos fragmentos de mata semidecíduais, de Turmalina e Matão, diferem significativamente e que algumas características observadas na distribuição das espécies na borda e interior dos fragmentos suportam um maior nível de impacto para o fragmento menor do que o maior.

A maior riqueza de espécies observada no fragmento de Matão (19) do que no de Turmalina (17) corrobora esta indicação. Este número é semelhante aos observados em estudos da biodiversidade de drosofilídeos em outras áreas de fragmentos de mata semidecidual desta região (Torres & Madi-Ravazzi 2006, Penariol et al 2008, Penariol & Madi-Ravazzi 2012, dados não publicados). Entretanto, esta baixa diversidade na riqueza de espécies de drosofilídeos obtida pelos autores *op.cit.*, difere da obtida por Medeiros e Klaczko (2004) em três remanescentes florestais do Estado de São Paulo, pertencentes ao domínio da Mata Atlântica, os quais identificaram 195 espécies de drosofilídeos. A baixa riqueza de drosofilídeos nos fragmentos de matas semidecíduais pode ser explicada pelas alterações climáticas da região noroeste dos últimos anos, o mês de início da estação chuvosa, a constância e a pluviosidade total têm variado consideravelmente (Rossa-Feres & Jim 2001, Silva & Rossa-Feres 2007). Outros fatores, como o tipo de armadilha, a isca utilizada e a metodologia de identificação das espécies também podem interferir nesta

amostragem (Dobzhansky & Pavan et al 1950, Pavan 1959, Sene et al 1981, Klaczko et al 1983, Tidon-Sklorz & Sene 1992, Medeiros & Klaczko 1999, Penariol et al 2008).

A maior abundância obtida para o fragmento de Turmalina pode ser explicada pela explosão de *D. simulans* na estação seca e *D. sturtevanti* na estação chuvosa que juntas representam 54,64% da abundância total do fragmento. No fragmento de Matão a abundância destas espécies representam 32% do total. A alta abundância de *D. simulans* na estação seca em Turmalina pode ser devida a característica desta espécie, que é mais resistente à baixa umidade e também a suas preferências de habitats. Essa espécie tem sido coletada em regiões urbanas e abertas (Saavedra et al 1995, Amaral 2004, Ferreira & Tidon 2005, Tidon 2006, Torres & Madi-Ravazzi 2006, Schmitz et al 2007, Gottschalk et al 2007, Mata et al 2008, Penariol et al, 2008). A alta abundância de *D. sturtevanti*, espécie neotropical, nos dois fragmentos, na estação chuvosa, reflete a ampla diversidade de ambientes que esta espécie é encontrada, inclusive em áreas urbanas (Mateus et al 2006, Gottschalk et al 2007, Mata et al 2008) e sua associação com alta umidade como evidenciado no presente trabalho e já relatado em outros (Tidon-Sklorz & Sene 1992, Torres & Madi-Ravazzi 2006,)

A maior abundância (17,8%) de *D. willistoni* em Matão do que em Turmalina (7,7%) é outro achado que corrobora maior grau de preservação do fragmento de Matão. Esta espécie neotropical é característica de ambientes de mata e tem sido associada a ambientes preservados (Saavedra et al 1995, Torres & Madi-Ravazzi 2006, Mata et al 2008, Penariol et al, 2008).

D. mercatorum e *D. paranaensis*, abundantes na estação seca em Matão, ocorrem em diversos ambientes (Sene et al 1980, Tidon-Sklorz & Sene 1999, Mateus et al 2006,

Hochmüller et al 2010), sendo que *D. mercatorum* foi indicada por Mata et al (2008) como indicadora de savanas, o que explica sua maior ocorrência no período seco.

Z. indianus é indicadora de ambiente alterado ou áreas abertas (Silva et al 2005, Tidon 2006, Mata et al, 2008, Penariol et al 2008) e ocorreu com maior abundância em Turmalina, diferentemente do esperado, o pico de ocorrência desse drosofilídeo invasor foi na estação de seca. Esta espécie tem sido associada à estação chuvosa (Castro & Valente 2001, Tidon et al 2003, Silva et al 2005, Gottschalk et al 2007, Mata et al 2008, Bizzo et al 2010). Isso pode ser explicado pela incidência de chuvas no período de seca em Turmalina, sendo de 245 mm para a seca 1 e 64 mm para a seca 2.

A análise categorizada (espécies nativas e invasoras) da distribuição dos drosofilídeos no transecto corroborou os dados descritos para as espécies. As espécies invasoras (como *D. simulans* e *Z. indianus*), bioindicadoras de ambientes impactados (Mata et al 2008, Hochmüller et al 2010, Penariol & Madi-Ravazzi, 2012) foram associadas ao fragmento menor, com maior abundância no período de seca, número influenciada pela espécie *D. simulans*, dominante nessa estação. A alta abundância de espécies nativas no fragmento maior é outro indicativo de melhores condições ambientais dessa área, isso ocorreu nas duas estações climáticas.

A diferença estatística entre as assembleias dos dois fragmentos indica que o tamanho da área é um fator importante para os drosofilídeos. Estudos realizados nessas mesmas áreas para a comunidade de ácaros indicam que os fragmentos maiores são mais eficientes na manutenção da riqueza de espécies do que fragmentos menores (Demite et al 2012). Segundo Peralta (2012) isso também ocorre com a comunidade de briófitas. Em um estudo amostrando 12 fragmentos de floresta estacional semidecidual da região noroeste de

São Paulo este autor observou uma tendência, na qual o aumento do número de espécies é acompanhado pelo aumento da área dos fragmentos, e ainda, pelo aumento de espécies exclusivas dessas áreas. Para a comunidade de anuros dessa região a área do fragmento florestal não foi considerada um bom preditor da riqueza de espécies, entretanto, para a riqueza total (interior do fragmento e corpos d'água próximos aos fragmentos) a relação espécie-área foi confirmada (Rossa-Feres et al 2012). Esses autores também observaram que a área foi importante quando tratada conjuntamente com outras variáveis preditoras, como o grau de conservação e o formato do fragmento florestal.

Outros estudos, realizados nessa mesma região, indicam que o tamanho do fragmento não é um fator importante para a diversidade. Para insetos aquáticos a abundância não apresenta relação com o tamanho do fragmento em que o riacho está inserido (Bispo et al 2012). Entretanto, quanto maior a distância da borda maior a diversidade de insetos aquáticos, segundo estes autores, isso ocorre porque os riachos do interior dos fragmentos são protegidos pela vegetação de entorno. Para a comunidade de algas aerofíticas e cianobactérias, Lemes-da-Silva et al (2012) observaram que no fragmento de Matão a diversidade e a riqueza foram mais baixas do que em áreas menores. Segundo estes autores o fragmento de Matão é bem preservado, as árvores são maiores, com copas bem desenvolvidas, limitando a penetração da luz no interior do fragmento, o que justifica esse achado. Noll et al (2012) amostraram a fauna de Hymenoptera, em fragmentos de diferentes tamanhos, e não observaram influência determinista da área do fragmento sobre a riqueza, equitabilidade e diversidade de espécies.

Rossa-Feres et al (2012), na tentativa de estabelecer um padrão de distribuição de espécies de diversos grupos animais e vegetais da região noroeste do estado de São Paulo, verificou que apesar dos fragmentos grandes comportarem maior riqueza de espécies que os

fragmentos pequenos, a distribuição das espécies entre os fragmentos florestais é mais heterogênea do que se supunha, e decorre principalmente de eventos estocásticos do processo de fragmentação do que das características dos fragmentos florestais. Segundo estes autores a conservação da biodiversidade no noroeste paulista não deve envolver apenas a preservação dos fragmentos maiores ou mais bem conservados, pois as espécies são distribuídas em fragmentos de diferentes tamanhos e graus de conservação.

A extensão da borda não foi diagnosticada por essas análises, mas foi observado um padrão de distribuição borda-interior para o fragmento maior, indicando uma borda com até 60 metros de extensão, reforçando o maior equilíbrio desse ambiente. Os efeitos de borda podem atingir até 500 metros, entretanto, para a maioria dos grupos de animais e de plantas a borda apresenta 100 metros de extensão (Laurence 2000). Penariol e Madi-Ravazzi (2012, dados não publicados) encontraram dados semelhantes para a comunidade de drosofilídeos em outro fragmento florestal da região noroeste. Neste estudo a distribuição das abundâncias das espécies ao longo do transecto borda-interior também apontou uma borda com 60 metros de extensão para os drosofilídeos.

A ausência de um padrão de transição borda-interior na mata de Turmalina é outra evidência de maior estresse ambiental dessa área. Isso indica que os efeitos de borda atingem uma grande extensão, pelo menos até 200 metros em direção ao interior do fragmento. Dados da literatura demonstram que quanto menor o tamanho de um fragmento florestal maior é a razão borda/área e, portanto, fragmentos menores estão sujeitos a maiores intensidades dos efeitos de borda (Zuidema et al 1996, Gascon et al 2000, Laurance et al 2002).

As melhores condições do fragmento de Matão provavelmente estão associadas à maior área desse ambiente, o que, entre outros fatores minimiza os efeitos de borda e

preserva as características naturais do ambiente, principalmente nas regiões mais distantes da borda. Entretanto, outros fatores, como as características da vegetação, a pluviosidade, a proximidade de recursos hídricos e alimentares podem estar associados às melhores condições dessa mata e não somente o tamanho da área. Exemplo disso é um estudo com plantas (Marcondelli 2010) que classificou o fragmento de Matão como não perturbado, pois em comparação com uma mata menor, este fragmento apresentou um maior número de famílias além de uma distribuição mais equitativa de espécies. Além disto, a vegetação de Matão é caracterizada por floresta estacional semidecidual em estágio avançado de sucessão ecológica e a de Turmalina encontra-se em processo médio de sucessão (Necchi et al 2012).

Esse estudo reforçou o uso da assembleia de drosofilídeos para avaliar os efeitos da atividade humana na diversidade biológica, principalmente em relação ao processo de fragmentação de habitats. Os dados demonstram que fragmentos remanescentes com menor área são mais impactados e que os efeitos de borda nesses ambientes podem adentrar maiores distâncias em direção ao interior da mata, comprometendo a conservação da diversidade nessas áreas.

Referências

- ACURIO, A.; RAFAEL, V.; DANGLES, O. Biological invasions in the Amazonian Tropical Rain Forest: The case of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in Ecuador, South America. **Biotropica**, v. 42, n. 6, p. 717-723, 2010.
- BALANYA, J.; OLLER, J. M.; HUEY, R. B.; GILCHRIST, G. W.; SERRA, L. Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*. **Science**, v. 313, p. 1773-1775, 2006.
- BIERREGAARD, R. O. Jr.; LOVEJOY, T. E.; KAPOV, V.; SANTOS, A. A.; HUTCHINGS, R. W. The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a prospective comparison of fragments and continuous forest. **BioScience**, v. 42, p. 859-866, 1992.
- BISPO, P. C. et al. Insetos aquáticos de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**.
- FERREIRA, L. B.; TIDON, R. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biol. Conserv.**, v. 14, p. 1809-1821, 2005.
- GLEASON, H.A.1917. The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 44:463-481.
- HOCHMÜLER, C. J. C. et al. The drosophilid fauna (dipteral, drosophilidae) of the transition between the Pampa and the Atlantic Forest biomes in the state of Rio

- Grande do Sul, southern Brazil: first records. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 19, p. 285-295, 2010.
- KAPOS, V. Effects of isolation on the water status patches in the Brazilian Amazon. **J. Trop. Ecol.**, v. 5, p. 173-185, 1989.
- KANESHIRO, K. Y. 1969. **A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species based on external male genitalia.** *Univ. Texas Pub.* 6918: 55-70.
- KRONKA, F. J. N. et al. 2005. **Inventário florestal da vegetação natural o estado de São Paulo.** Instituto Florestal, São Paulo.
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L. H. Z.; NECCHI, O. J. Algas e cianobactérias aerofíticas de fragmentos florestais remanescentes na região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo.** Holos Editora, 2012. p. 37-50.
- MARCONDELLI, A. C. B. **Estrutura de uma comunidade arbórea de floresta estacional semidecídua não perturbada no noroeste paulista em relação à outra comunidade com indicadores de perturbação.** 2010. 47f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- MATA, R. A.; MCGEOCH, M.; TIDON R. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. *Biodivers. Conserv.*, v., 2008.
- MEDEIROS, H. F. 2000. **Assembléia de espécies de *Drosophila* (Díptera; Drosophilidae) e efeitos de cursos d'água sobre suas distribuições em duas Matas de São Paulo.** 177 f. Tese (Mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

- MOURÃO, C. A. 1966. Estudos ecológicos e taxonômicos em populações naturais do gênero *Drosophila* Fálle (1823) que habitam duas matas no município de Mirassol /SP. Tese de Doutorado. USP. São Paulo.
- NOLL, F. B., et al. Fauna de hymenoptera de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**. Holos Editora, 2012. P. 181-196.
- PARRIS, K. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Austrália. *Ecography* 27:392-400.
- PARSONS, P. A. 1991. Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecol. and Biogeog. Letters**, v. 1, p. 1195-1198.
- PARSONS, P.A. 1989. Environmental stresses and conservation of natural populations. *Annual Review Ecology and Systematic*, California, v. 20, p. 29-49.
- PENARIOL, L.; BICUDO, H. E. M. C.; MADI-RAVAZZI, L. On the use of open or closed traps in the capture of drosophilids. **Biota Neotrop.**, v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn00408022008>.
- PENARIOL, L. 2007. **Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo**. 91 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2007.
- RAMBALDI, D. M., OLIVEIRA, D. A. S. 2003. *Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeito sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. MMA, Brasília.

- RODRIGUES, E. 1998. **Edge effects on the regeneration of forests fragments in North Paraná.** 192 f. Tese (Ph.D.) - Harvard University, Cambridge, Massachusetts, 1998.
- ROSSA-FERES, D. C. et al. Padrões de distribuição de riqueza e abundância de espécies de diversos grupos animais e vegetais em fragmentos florestais remanescentes na região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo.** Holos Editora, 2012. P. 271-286.
- ROSSA-FERES DC, JIM J. Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios Anuros na região noroeste do Estado de São Paulo. **Rev Bras Zool.**, v. 18, n.2, p. 439-454, 2001.
- SAAVEDRA C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES S. M. ; NAPP M. ; VALENTE V. L. S. A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities. **Zool. System. Evol. Research J.**, v. 33, p. 62-74, 1995.
- SENE, F. M.; VAL, F. C.; VILELA, C. R.; PEREIRA, M. A. Q. R. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Pap. Avul. Zool.**, v. 33, n. 22, p. 315-326, 1980.
- SILVA, N. M.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera, Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, Southern of Brazil. **Neotrop. Entomol.**, v. 34, p. 363-374, 2005.
- SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal). 2005. Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo.

- TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F. M. Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 52, p. 311-317, 1992.
- TIDON, R.; LEITE, D. F.; LEAO, B. F. D. Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the Neotropical Region: 2 years after the invasion. **Biol. Conserv.**, v. 112, p. 299-305, 2003
- TIDON, R. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biol. J. Linnean Society**, v. 87, p. 233-247, 2006.
- TORRES, F. R.; MADI-RAVAZZI, L. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlands in the state of São Paulo, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 96, n. 4, p. 437-444, 2006.
- WHITTAKER, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecological monographs 26: 1-80.
- WILSON, E. O. 1988. The current state of biological diversity . Pp. 3-18 in: Wilson, E. O. (ed). Biodiversity. National Academy Press, Washington.

Capítulo 2

Assembleias de drosofilídeos da borda e do interior em fragmentos de floresta
estacional semidecidual

Resumo

A Floresta Estacional Semidecidual restringe-se hoje a 3,3% de sua área original, tendo sido substituída por pastagens, culturas diversas ou áreas urbanas (SMA/IF 2005). Tal impacto coloca a região noroeste de São Paulo como a mais devastada e fragmentada do estado e com menor concentração de unidades de conservação (KRONKA et al, 2005). Outros fatores importantes em ambientes fragmentados são o tamanho do remanescente e os efeitos de borda. As moscas do gênero *Drosophila* são consideradas bioindicadoras, pois pequenas alterações ambientais, como temperatura e umidade, quase sempre afetam parâmetros vitais dessas espécies, como viabilidade, fertilidade, tempo de desenvolvimento e outros fatores que influenciam a taxa de aumento e sobrevivência da população. Assim, os parâmetros ecológicos das assembleias de drosofilídeos podem ser utilizados para avaliar as condições ambientais de áreas fragmentadas e comparar áreas. Esse trabalho avaliou a assembleia de drosofilídeos, destacando as espécies bioindicadoras, em fragmentos de mata estacional semidecidual com diferentes extensões. Foram amostrados oito fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, da região noroeste do Estado de São Paulo. No total foram coletados 18.613 drosofilídeos, distribuídos em 15 espécies. Os resultados do presente trabalho indicam uma associação das espécies com a posição no fragmento (borda ou interior) e não com o tamanho das áreas. As espécies exóticas, principalmente *Z. indianus* e *D. simulans* foram associadas em maior abundância com a borda e as espécies nativas, em maior número *D. willistoni*, com o interior dos fragmentos. Isso demonstra a importância dos fragmentos pequenos para a preservação ambiental desta região.

1 Introdução

A destruição das florestas é um processo marcante e crescente na região tropical e a perda de habitats é a principal ameaça à biodiversidade (LAURENCE et al, 2007). Compreender essa transformação é fundamental, tanto para evitar perdas quanto para gerenciar o uso sustentável da biodiversidade remanescente.

A vegetação da região noroeste do Estado de São Paulo é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual, ela restringe-se hoje a 3,3% de sua área original, tendo sido substituída por pastagens, culturas diversas ou áreas urbanas (SMA/IF 2005). Tal impacto coloca a região como a mais devastada e fragmentada do estado e com menor concentração de unidades de conservação (KRONKA et al, 2005). Segundo Rambaldi (2003), a floresta semidecidual é importante pela singularidade das espécies que a compõe, pelo nível de degradação e pela importância econômica das espécies. Paradoxalmente, este tipo de formação florestal tem recebido pouca atenção no que diz respeito ao estudo da sua biodiversidade.

Outros fatores importantes em ambientes fragmentados são o tamanho do remanescente e os efeitos de borda. Os efeitos de tamanho referem-se às mudanças ecológicas que ocorrem em função do isolamento do fragmento e são proporcionais à área do fragmento. Por exemplo, as espécies naturalmente raras podem sofrer considerável redução do tamanho populacional em fragmentos pequenos, estando mais vulneráveis à extinção local devido a eventos estocásticos demográficos, catastróficos e genéticos (SHAFER, 1981). Os efeitos de borda, por outro lado, são causados por gradientes diferenciados de mudanças físicas e bióticas próximos às bordas florestais e, portanto, são proporcionais à distância da borda mais próxima (LOVEJOY et al, 1986; MURCIA, 1995).

Ambos operam paralelamente, já que quanto menor o tamanho de um fragmento florestal maior é a razão borda/área e, dessa forma, fragmentos menores estão mais sujeitos aos efeitos de borda (ZUIDEMA et al, 1996).

As moscas do gênero *Drosophila* são candidatas potenciais para monitorar o nível de perturbação ambiental de uma determinada área (PARSONS, 1991; SAAVEDRA et al. 1995; FERREIRA; TIDON, 2005; MATA et al, 2008;), pois 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; PENARIOL, 2007). 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 para esse tipo de estudo (PARSON, 1991; FOOTE; CARSON, 2004).

Dentre as espécies de drosofilídeos utilizadas como indicadores ambientais estão *Zaprionus indianus*, um drosofilídeo africano recém-introduzido no Brasil, as espécies do grupo *melanogaster* com introdução antiga, consideradas cosmopolitas, que são: *Drosophila simulans*, *D. melanogaster* e *D. malerkotliana* e ainda *D. willistoni*, subgrupo *willistoni*, uma espécie nativa da região neotropical. Em geral, as espécies invasoras ocupam áreas urbanizadas e com maior grau de impacto ambiental (SAAVENDRA et al, 1995; TIDON et al, 2003; AMARAL, 2004; SILVA et al, 2005; FERREIRA; TIDON, 2005; TORRES; MADI-RAVAZZI, 2006; PENARIOL et al, 2008; MATA et al, 2008), *Z. indianus* ocorre principalmente em áreas abertas, como a borda de fragmentos florestais. *Drosophila simulans* ocorre em ambientes abertos e de mata, sendo sua abundância

favorecida na estação de seca, pois essa espécie tolera baixa umidade. *Drosophila willistoni* ocorre em ambientes de mata, sendo sensível a variações de umidade, ou seja, sua ocorrência é reduzida em períodos de seca (MARTINS, 1996; AMARAL, 2004; TORRES; MADI-RAVAZZI, 2006; MATEUS, 2006; PENARIOL, 2007; MATA et al, 2008).

A análise dos parâmetros ecológicos dos drosofilídeos permite verificar o resultado final das pressões ambientais na biodiversidade, além de informar padrões importantes, que podem ser aplicados a estratégias de manejo de fragmentos já estabelecidos e, fornecer subsídios para a instalação de novas áreas de preservação. Esse trabalho avaliou a assembleia de drosofilídeos, destacando as espécies bioindicadoras, em fragmentos de mata estacional semidecidual com diferentes extensões. Espera-se encontrar comunidades mais equilibradas nas áreas maiores.

2 Material e Métodos

Foram amostrados oito fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, áreas selecionadas pelo Programa Biota Fapesp denominado “*Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo*” (processo número 04/04820-3). As características desses remanescentes, os códigos utilizados (a mesma nomenclatura aplicada pelo Programa Biota) e os períodos de coleta estão descritos na Tabela 1. Foram realizadas duas coletas em cada fragmento, uma na estação quente e úmida e outra na estação fria e seca, em áreas de borda e de interior das matas, utilizando três armadilhas fechadas (PENARIOL et al, 2008) em cada posição.

A identificação dos drosofilídeos foi realizada com o auxílio de chave de identificação, por meio da observação das características morfológicas externas e, para as espécies crípticas foi analisado o edeago, parte da terminália masculina (Freire-Maia; Pavan, 1949; Kaneshiro, 1969; Vilela, 1983). Para o levantamento da fauna de drosofilídeos foram avaliadas a abundância populacional e a riqueza de espécies de forma descritiva.

Tabela 1: Caracterização dos fragmentos amostrados em relação a localização, área, extensão, entorno e estágio da vegetação.

Código	Localização	Latitude (S)	Longitude (W)	Área (ha)	Matriz Adjacente	Estágio de sucessão ecológica	Meses de coleta
P5	Palestina, Faz. Boa Vista	20°17'18''	49°30'01''	116,3	Cana	Médio	Novembro/2008 Outubro/2009
P6	Palestina, Faz. Boa Vista	20°19'16''	49°30'17''	95,7	Cana	Médio	Novembro/2008 Outubro/2009
P7	Barretos, Faz. Floresta	20°38'14''	48°45'06''	95,1	Pastagem e Cana	Médio	Novembro/2008 Julho/2009
P8	Taquaritinga, Faz. Sta. Lúcia	21°24'08''	48°41'14''	55,7	Laranja	Médio	Janeiro/2009 Setembro/2009
P9	Pindorama, Estação	21°13'12''	48°55'04''	107,8	Pastagem	Médio	Janeiro/2009 Setembro/2009
G6	Nova Granada, Faz. São João	20°32'37''	49°14'47''	1.796,9	Laranja	Inicial	Novembro/2008 Outubro/2009
G7	Barretos, Faz. Vista Bonita	20°29'05''	48°49'21''	885,5	Pastagem e Cana	Médio	Novembro/2008 Julho/2009
G8	Bebedouro, Faz. Córrego dos Bois	20°53'06''	48°32'26''	397,0	Pastagem e Cana	Inicial	Novembro/2008 Julho/2009

3 Resultados e Discussão

No total foram coletados 18.613 drosofilídeos, distribuídos em 15 espécies, mais os grupos *cardini* e *repleta* e o subgrupo *saltans* (Tabela 2). O fragmento P8, que tem a menor área, apresentou maior abundância (36,2%) e maior riqueza de espécies (14). Entretanto, essa alta abundância foi decorrente da espécie exótica *Z. indianus*, que contribuiu com 52,5% do total de moscas capturadas nesse fragmento. Diferentemente do esperado, não foi observado uma relação de maior área com maior riqueza ou abundância, os maiores fragmentos (G8, G7 e G6) apresentaram baixo número de espécies, nove, sete e seis, respectivamente. Esses dados corroboram outros obtidos na região noroeste paulista, com hymenopteras (NOLL et al, 2012), insetos aquáticos (BISPO et al, 2012) e algas aerofíticas (LEMES-DA-SILVA et al, 2012) em que o tamanho total de cada área não é o principal fator para definir a abundância e diversidade das espécies.

Outro achado interessante é a maior abundância de *D. simulans* (48,1% do total dessa espécie) e *D. willistoni* (62,5%) no mesmo fragmento (G8). Entretanto, essas dominantes ocorrem em posições diferentes no fragmento, 96% da abundância de *D. simulans* foi coletada na borda e *D. willistoni* ocorreu somente no interior desse fragmento. O padrão de distribuição dessas bioindicadoras indicam condições ambientais diferentes em cada posição, isso confirma que os efeitos de borda afetam negativamente a biodiversidade, como era esperado. Além disso, esse fragmento apresenta estágio inicial de sucessão ecológica, sendo a vegetação mais aberta e maior luminosidade.

A maior abundância (81% do total coletado) foi obtida na região de borda dos fragmentos, já a riqueza de espécies foi igual, em número, para as duas posições de coleta

(14 espécies), entretanto, *D. guaru* foi coletada somente na borda (Tabela 3) e *D. ornatifrons* ocorreu somente no interior (Tabela 4) das mata. Em todos os fragmentos na região de borda foi coletado um maior número de moscas, porém um menor número de espécies.

Comparando a abundância de espécies bioindicadoras nas áreas de borda e de interior dos fragmentos observa-se que as espécies dominantes na borda, em todas as áreas, são as invasoras *D. simulans* (45,2%) e *Z. indianus* (33,6%).

Zaprionus indianus é uma espécie recentemente introduzida no Brasil e, em seu habitat natural (África) ocupa áreas abertas de savana (VILELA, 1999, 2001), dessa forma esse drosofilídeo tem maior sucesso em ambientes alterados e abertos, como é o caso da região de borda dos fragmentos. Além disso, essa é uma das espécies com colonização mais bem sucedida dentro do gênero *Zaprionus* (CHASSAGNARD; TSACA, 1993), utiliza várias fontes de recurso alimentar e se adapta a diversas condições climáticas (PARKASH; YADAV, 1993). Entretanto, essa espécie apresenta dificuldades em se estabelecer em regiões de mata, sendo coletada principalmente em áreas de borda em fragmentos florestais (AMARAL, 2004; PENARIOL, 2007; PENARIOL et al, 2008).

No interior dos fragmentos as mais abundantes foram *D. simulans* (26,9%) e *D. willistoni* (14,6%). Dentre as espécies nativas, *D. willistoni* foi a mais abundante no interior dos fragmentos. A ocorrência deste drosofilídeo está relacionada a ambientes de floresta preservados (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004; TORRES, MADI-RAVAZZI, 2006; MATA et al, 2008) sua alta dominância nessas áreas é um indicativo de que o interior dos fragmentos é mais estável.

A alta abundância de *D. simulans*, na borda e no interior dos fragmentos, pode ser explicada pela característica cosmopolita e também pela resistência à baixa umidade dessa

espécie (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004; MEDEIROS, 2000; PENARIOL, 2007). A maior abundância de *D. simulans* ocorre na estação de seca, a qual tem se intensificado nos últimos anos na região noroeste do estado de São Paulo. Esta espécie têm sido associada à habitats abertos, urbanizados, com estresse ambiental e hídrico (resistentes à baixa umidade) (SAAVEDRA et al, 1995; AMARAL, 2004; FERREIRA; TIDON, 2005; TORRES, MADI-RAVAZZI, 2006; SCHMITZ et al, 2007; MEDEIROS, 2000; PENARIOL, 2007; MATA et al, 2008).

Os resultados do presente trabalho indicam uma associação das espécies com a posição no fragmento (borda ou interior) e não com o tamanho das áreas. As espécies exóticas, principalmente *Z. indianus* e *D. simulans* foram associadas em maior abundância com a borda e as espécies nativas, em maior número *D. willistoni*, com o interior dos fragmentos. Esses achados corroboram outros (BISPO et al, 2012) obtidos com insetos aquáticos nesses mesmos fragmentos. Estes autores observaram que quanto maior a distância da borda maior a diversidade desses insetos, isso ocorre porque os riachos do interior das matas são mais protegidos pela vegetação de entorno.

Para a comunidade de drosofilídeos, os dados do presente estudo, confirmam outros obtidos em regiões diferentes. Mata et al (2008), em regiões de Cerrado nas proximidades de Brasília (DF), observou que as espécies neotropicais foram mais abundantes em matas não perturbadas e as espécies exóticas e generalistas foram dominantes em matas perturbadas, savanas e áreas urbanizadas. Ferreira e Tidon (2005) também observaram maior abundância de *Z. indianus* e de *D. simulans* em ambientes urbanizados.

Os dados ecológicos utilizando espécies de drosofilídeos bioindicadores, como *Z. indianus*, *D. simulans* e *D. willistoni*, indicam melhores condições ambientais das regiões internas dos fragmentos. Destaca-se que isso é verdadeiro, não só para os fragmentos

maiores, mas também para os remanescentes de menor área. Esse achado alerta para a valorização dos fragmentos pequenos, como abrigo de diversidade de espécies e corrobora a importância do monitoramento e da preservação dessas áreas na região noroeste paulista.

Tabela 2: Abundância total das espécies coletadas em fragmentos de floresta estacional semidecidual do noroeste do Estado de São Paulo.

Espécies	P8		P7		P6		P9		P5		G8		G7		G6		Total
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
<i>Z. indianus</i>	3.542	(65,8)	118	(2,2)	293	(5,4)	868	(16,1)	46	(0,9)	72	(1,3)	412	(7,7)	33	(0,6)	5.384
<i>S. latifasciaeformis</i>	143	(77,7)	4	(2,2)	0	(0,0)	15	(8,2)	0	(0,0)	3	(1,6)	19	(10,3)	0	(0,0)	184
<i>D. simulans</i>	864	(11,1)	700	(9,0)	503	(6,5)	687	(8,9)	110	(1,4)	3.736	(48,1)	764	(9,8)	396	(5,1)	7.760
<i>D. melanogaster</i>	5	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	5
<i>D. malerkotliana</i>	4	(14,8)	3	(11,1)	0	(0,0)	14	(51,9)	3	(11,1)	3	(11,1)	0	(0,0)	0	(0,0)	27
<i>D. polymorpha</i>	95	(26,2)	33	(9,1)	32	(8,8)	32	(8,8)	7	(1,9)	81	(22,4)	61	(16,9)	21	(5,8)	362
<i>D. willistoni</i>	85	(16,2)	14	(2,7)	1	(0,2)	84	(16,0)	0	(0,0)	329	(62,5)	13	(2,5)	0	(0,0)	526
<i>D. nebulosa</i>	8	(16,7)	0	(0,0)	14	(29,2)	18	(37,5)	3	(6,3)	0	(0,0)	0	(0,0)	5	(10,4)	48
<i>D. mediotriata</i>	3	(42,9)	3	(42,9)	1	(14,3)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	7
<i>D. guaru</i>	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(50,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(50,0)	2
<i>D. ornatifrons</i>	7	(50,0)	3	(21,4)	0	(0,0)	1	(7,1)	0	(0,0)	1	(7,1)	0	(0,0)	2	(14,3)	14
<i>D. immigrans</i>	46	(18,1)	8	(3,1)	0	(0,0)	85	(33,5)	1	(0,4)	31	(12,2)	83	(32,7)	0	(0,0)	254
<i>D. sturtevanti</i>	377	(63,5)	14	(2,4)	4	(0,7)	58	(9,8)	5	(0,8)	24	(4,0)	112	(18,9)	0	(0,0)	594
<i>D. mercatorum</i>	95	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	95
<i>D. paranaensis</i>	42	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	42
Grupo <i>cardini</i>	0	(0,0)	3	(21,4)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	10	(71,4)	0	(0,0)	1	(7,1)	14
Subgrupo <i>saltans</i>	306	(40,3)	80	(10,5)	6	(0,8)	136	(17,9)	2	(0,3)	77	(10,1)	127	(16,7)	25	(3,3)	759
Grupo <i>repleta</i>	1.122	(44,2)	75	(3,0)	1	(0,0)	80	(3,2)	5	(0,2)	498	(19,6)	701	(27,6)	54	(2,1)	2.536
TOTAL	6.744	(36,2)	1.058	(5,7)	856	(4,6)	2.078	(11,2)	182	(1,0)	4.865	(26,1)	2.292	(12,3)	538	(2,9)	18.613

Tabela 3: Abundância das espécies coletadas em áreas de borda dos fragmentos de floresta estacional semidecidual do noroeste do Estado de São Paulo.

Espécies	P8		P7		P6		P9		P5		G8		G7		G6		Total
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<i>Z. indianus</i>	3.423	(67,8)	106	(2,1)	279	(5,5)	696	(13,8)	41	(0,8)	68	(1,3)	407	(8,1)	31	(0,6)	5.051
<i>S. latifasciaeformis</i>	82	(68,3)	3	(2,5)	0	(0,0)	14	(11,7)	0	(0,0)	3	(2,5)	18	(15,0)	0	(0,0)	120
<i>D. simulans</i>	419	(6,2)	645	(9,5)	428	(6,3)	502	(7,4)	95	(1,4)	3.588	(52,8)	734	(10,8)	388	(5,7)	6.799
<i>D. melanogaster</i>	3	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	3
<i>D. malekotliana</i>	2	(9,5)	3	(14,3)	0	(0,0)	12	(57,1)	2	(9,5)	2	(9,5)	0	(0,0)	0	(0,0)	21
<i>D. polymorpha</i>	8	(4,0)	29	(14,4)	26	(12,9)	18	(9,0)	7	(3,5)	40	(19,9)	60	(29,9)	13	(6,5)	201
<i>D. willistoni</i>	0	(0,0)	1	(20,0)	0	(0,0)	4	(80,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	5
<i>D. nebulosa</i>	0	(0,0)	0	(0,0)	11	(61,1)	6	(33,3)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(5,6)	18
<i>D. mediotriata</i>	0	(0,0)	3	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	3
<i>D. guaru</i>	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(50,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(50,0)	2
<i>D. immigrans</i>	0	(0,0)	1	(1,9)	0	(0,0)	2	(3,8)	0	(0,0)	25	(48,1)	24	(46,2)	0	(0,0)	52
<i>D. sturtevanti</i>	146	(60,6)	7	(2,9)	0	(0,0)	35	(14,5)	3	(1,2)	14	(5,8)	36	(14,9)	0	(0,0)	241
<i>D. mercatorum</i>	73	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	73
<i>D. paranaensis</i>	19	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	19
Grupo <i>cardini</i>	0	(0,0)	3	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	3
Subgrupo <i>saltans</i>	100	(24,0)	72	(17,3)	0	(0,0)	87	(20,9)	2	(0,5)	69	(16,6)	67	(16,1)	19	(4,6)	416
Grupo <i>repleta</i>	764	(38,0)	63	(3,1)	1	(0,0)	43	(2,1)	5	(0,2)	480	(23,9)	601	(29,9)	53	(2,6)	2.010
TOTAL	5.039	(33,5)	936	(6,2)	746	(5,0)	1.419	(9,4)	155	(1,0)	4.289	(28,5)	1.947	(12,9)	506	(3,4)	15.037

Tabela 4: Abundância das espécies coletadas em áreas de interior dos fragmentos de floresta estacional semidecidual do noroeste do Estado de São Paulo.

Espécies	P8		P7		P6		P9		P5		G8		G7		G6		Total
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<i>Z. indianus</i>	119	(35,7)	12	(3,6)	14	(4,2)	172	(51,7)	5	(1,5)	4	(1,2)	5	(1,5)	2	(0,6)	333
<i>S. latifasciaeformis</i>	61	(95,3)	1	(1,6)	0	(0,0)	1	(1,6)	0	(0,0)	0	(0,0)	1	(1,6)	0	(0,0)	64
<i>D. simulans</i>	445	(46,3)	55	(5,7)	75	(7,8)	185	(19,3)	15	(1,6)	148	(15,4)	30	(3,1)	8	(0,8)	961
<i>D. melanogaster</i>	2	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	2
<i>D. malerkotliana</i>	2	(33,3)	0	(0,0)	0	(0,0)	2	(33,3)	1	(16,7)	1	(16,7)	0	(0,0)	0	(0,0)	6
<i>D. polymorpha</i>	87	(54,0)	4	(2,5)	6	(3,7)	14	(8,7)	0	(0,0)	41	(25,5)	1	(0,6)	8	(5,0)	161
<i>D. willistoni</i>	85	(16,3)	13	(2,5)	1	(0,2)	80	(15,4)	0	(0,0)	329	(63,1)	13	(2,5)	0	(0,0)	521
<i>D. nebulosa</i>	8	(26,7)	0	(0,0)	3	(10,0)	12	(40,0)	3	(10,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	4	(13,3)	30
<i>D. mediotriata</i>	3	(75,0)	0	(0,0)	1	(25,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	4
<i>D. ornatifrons</i>	7	(50,0)	3	(21,4)	0	(0,0)	1	(7,1)	0	(0,0)	1	(7,1)	0	(0,0)	2	(14,3)	14
<i>D. immigrans</i>	46	(22,8)	7	(3,5)	0	(0,0)	83	(41,1)	1	(0,5)	6	(3,0)	59	(29,2)	0	(0,0)	202
<i>D. sturtevanti</i>	231	(65,4)	7	(2,0)	4	(1,1)	23	(6,5)	2	(0,6)	10	(2,8)	76	(21,5)	0	(0,0)	353
<i>D. mercatorum</i>	22	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	22
<i>D. paranaensis</i>	23	(100,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	23
Grupo <i>cardini</i>	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	0	(0,0)	10	(90,9)	0	(0,0)	1	(9,1)	11
Subgrupo <i>saltans</i>	206	(60,1)	8	(2,3)	6	(1,7)	49	(14,3)	0	(0,0)	8	(2,3)	60	(17,5)	6	(1,7)	343
Grupo <i>repleta</i>	358	(68,1)	12	(2,3)	0	(0,0)	37	(7,0)	0	(0,0)	18	(3,4)	100	(19,0)	1	(0,2)	526
TOTAL	1.705	(47,7)	122	(3,4)	110	(3,1)	659	(18,4)	27	(0,8)	576	(16,1)	345	(9,6)	32	(0,9)	3.576

Referências

- AMARAL, O. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. 2004. 119 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.
- BALANYA, J.; OLLER, J. M.; HUEY, R. B.; GILCHRIST, G. W.; SERRA, L. Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*. **Science**, v. 313, n. 5794, p. 1773-1775, 2006.
- BISPO, P. C. et al. Insetos aquáticos de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**.
- CHASSAGNARD, M. T.; TSACAS, L. Le sous-genre *Zaprionus* s. str. Définition de groupes d'espèces et révision du sousgoup *vittiger* (Diptera: Drosophilidae). **Annales Société Entomologique de France**, v. 29, p. 173-194, 1993.
- FERREIRA, L. B.; TIDON, R. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 1809-1821, 2005.
- FOOTE, D.; CARSON, H. L. *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> 2004.
- KANESHIRO, K. Y. A study of the relationships of Hawaiian *Drosophila* species basead on external male genitalia. **Univ. Texas Pub.**, v. 6918, p. 55-70, 1969.
- KRONKA, F. J. N. et al. 2005. **Inventário florestal da vegetação natural o estado de São Paulo**. Instituto Florestal, São Paulo.

- LAURANCE, W. F.; NASCIMENTO H. E. M. et al (2007). Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. **PLoS ONE** 2 (10): e1017
- LEMES-DA-SILVA, N. M.; BRANCO, L. H. Z.; NECCHI, O. J. Algas e cianobactérias aerofíticas de fragmentos florestais remanescentes na região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**. Holos Editora, 2012. p. 37-50.
- MARTINS, M. B. **Drosófilas e outros insetos associados a frutos de Parahancornia amapá disperso sobre o solo da floresta**. 1996. 190 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- MATA, R. A.; MC GEOCH, M; TIDON, R. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. **Biodivers. Conserv.**, v. 17, p. 2899-2916, 2008.
- MATEUS, R. P.; BUSCHINI, M. L.; SENE, F. M. The *Drosophila* community in xerophytic vegetations of the repper Paraná-Paraguay river basin. **Braz. J. Biol.**, v. 66, n. 2B, p. 719-729, 2006.
- MEDEIROS, H. F. 2000. Assembléia de espécies de *Drosophila* (Díptera; Drosophilidae) e efeitos de curso d'água sobre suas distribuições em duas Matas de São Paulo. 177 f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **T. Ecol. Evol.**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- NOLL, F. B., et al. Fauna de hymenoptera de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de**

fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo.

Holos Editora, 2012. P. 181-196.

PARSONS, P. A. Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 1, n. 3, p. 77-83, 1991.

PENARIOL, L. 2007. **Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo**. 91 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2007.

PENARIOL, L.; BICUDO, H.E.M.C.; MADI-RAVAZZI, L. On the use of open or closed traps in the capture of drosophilids. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn00408022008>. 2008.

RAMBALDI, D. M., OLIVEIRA, D. A. S. 2003. Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeito sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. MMA, Brasília.

ROSSA-FERES, D. C. Fauna de hymenoptera de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de** SAAVEDRA, C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES, S. M.; NAPP M.; VALENTE, V. L. S. A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities. **Zool. System. Evol. Research J.**, v. 33, p. 62-74, 1995.

SCHMITZ, H. J.; VALENTE, V. L. S.; HOFMANN, P. R. P. Taxonomic survey of Drosophilidae (Diptera) from Mangrove Forest of Santa Catarina Island, southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 53, p. 53-64, 2007.

- SENE, F. M.; VAL, F. C.; VILELA, C. R.; PEREIRA, M. A. Q. R. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, n. 22, p. 315-326, 1980.
- SHAFER, M. L. Minimum population sizes for species conservation. **Bioscience**, v. 31, p. 131-134, 1981.
- SILVA, N. M.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera, Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, Southern of Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 363-374, 2005.
- SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal). 2005. Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo.
- TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F. M. Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 52, p. 311-317, 1992.
- TIDON, R.; LEITE, D. F.; LEAO, B. F. D. Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the neotropical region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation**, v. 112, p. 299-305, 2003.
- TORRES, F. R.; MADI-RAVAZZI, L. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlond in the state of São Paulo, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 96, n. 4, p. 437-444, 2006.
- VILELA, C. R. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? **Drosophila Information Service**, v. 82, p. 37-39, 1999.

VILELA, C. R.; TEIXEIRA, E. P.; STEIN, C. P. Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae). In VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Orgs). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2001. p. 48-52.

ZUDEIMA, P. A. et al. Forest fragmentation and biodiversity: the case for intermediate-sized reserves. **Environmental Conservation**, v. 2, p. 290-297, 1996.

Capítulo 3

**Traços quantitativos como indicadores de impacto ambiental em fragmentos de
floresta estacional semidecidual**

1 Introdução

As moscas do gênero *Drosophila* são candidatas potenciais para monitorar o nível de perturbação ambiental de uma determinada área (PARSONS, 1991; SAAVEDRA et al. 1995; MATA et al, 2008). 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; PENARIOL, 2007). 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 para esse tipo de estudo (PARSON, 1991; FOOTE; CARSON, 2004).

Dentre as espécies de drosofilídeos utilizadas como indicadores ambientais estão *Zaprionus indianus*, um drosofilídeo africano recém-introduzido no Brasil, e *D. simulans*, uma espécie exótica, com invasão antiga, considerada cosmopolita (PERONDINI et al, 1979). As duas espécies ocupam áreas abertas, urbanizadas ou com maior grau de impacto ambiental (SAAVENDRA et al 1995, De TONI et al 200, TIDON et al 2003, AMARAL 2004, SILVA 2005, FERREIRA ; TIDON 2005, TORRES; MADI-RAVAZZI 2006, PENARIOL et al 2008, MATA et al 2008, HOCHMÜLLER et al 2010).

A variabilidade fenotípica na natureza é a mais importante característica para a seleção natural darwiniana e para o entendimento da capacidade evolutiva de uma população natural. Isto, obviamente implica que parte da variância é herdável. Espécies de drosofilídeos são modelos amplamente utilizados em biologia evolutiva e inúmeras investigações têm mostrado que traços morfométricos estão relacionados com o valor

adaptativo, revelados por clines latitudinais (DAVID; CAPY, 1988; GIBERT et al, 2004) e também tais traços têm uma alta herdabilidade (ROFF; MOUSSEAU, 1987; HOFFMANN, 2000; DAVID et al, 2005).

A grande parte destes estudos tem considerado traços relacionados a tamanho, tais como comprimento da asa e do tórax (CAPY et al, 1994; BITNER-MATHÉ et al, 1995; MORETEAU et al, 1995; GIBERT et al, 2004; BUBLIY; LOESCHCKE, 2005; DAVID et al, 2005; DAVID et al, 2006; CHAKIR et al, 2007; YASSIN et al, 2007, YASSIN et al, 2009), embora outros traços têm sido enfocados como a pigmentação corporal (MORETEAU et al, 1995, YASSIN et al, 2010) e estruturas reprodutivas (GIBERT et al, 2004; BERGLAND et al, 2008).

Destes estudos tem-se concluído que a herdabilidade na natureza é muito menor do que em laboratório (COYNE; BEECHAM, 1987; RUIZ et al, 1991; IMASHEVA et al, 1994; MORETEAU et al, 1995; GILBERT et al, 1988). Esta grande variabilidade fenotípica na natureza está principalmente relacionada com as condições ambientais heterogêneas e a um componente não-herdável (RISKA et al, 1989).

Variações fenotípicas devido às condições ambientais heterogêneas surgem principalmente devido a dois fatores: temperatura e nutrição. Assim, variações cíclicas de tamanho são observadas de acordo com a estação climática (TANTAWY, 1965; KARI; HUEY, 2000). Os efeitos nutricionais podem incluir competição larval, qualidade, quantidade e estabilidade dos recursos larvais, como disponibilidade de alimento e espaço. Entretanto, as consequências destes efeitos nutricionais sobre a morfologia são pouco conhecidas (ASHBURNER et al, 2005).

O fato de que moscas selvagens não se desenvolvem sob as mesmas condições é bem demonstrado pela grande variância fenotípica do tamanho do corpo. Este fenômeno já estabelecido para outras espécies, tais como *D. melanogaster* (DAVID et al., 1980; COYNE; BEECHAM, 1987; IMASHEVA et al., 1994; MORETEAU et al., 1995; GILBERT et

al., 1998; WOODS et al., 1998; HOFFMANN ET AL, 2007), *D. simulans* (CHAKIR et al., 2007), *D. buzzatii* (PROUT; BARKER, 1989; ORENGO; PREVOSTI, 1999) e *D. serrata* (JENKINS; HOFFMANN, 2000), pode ser um processo geral em ecologia de *Drosophila*.

Yassin et al (2007) avaliaram três traços métricos (comprimento da asa e do tórax e largura do tórax) e um traço merístico de duas espécies afrotropicais do gênero *Zaprionus*, *Z. indianus* e *Z. tuberculatus* em duas condições de ambientais diferentes. Estes autores verificaram que os três traços relacionados ao tamanho apresentaram uma grande variabilidade fenotípica em moscas da natureza, alta correlação entre os traços e baixos valores em linhagens de laboratório. Em contraste, o traço merístico avaliado, cerdas torácicas, forneceu um resultado diferente, a variabilidade não foi maior em moscas da natureza, indicando uma resposta diferencial às condições de estresse ambiental destes dois tipos de características.

O presente trabalho avaliou a variabilidade fenotípica destas características morfométricas, em ambientes com diferentes níveis de perturbação antrópica e diferentes tamanho, para duas espécies exóticas de drosofilídeos, uma recentemente introduzida, *Zaprionus indianus* e outra estabelecida há longo tempo, *Drosophila simulans*. O objetivo principal foi avaliar a relação entre a variação dos traços morfométricos e a perturbação ambiental, e assim verificar a possibilidade de utilizar estas análises em estudos de monitoramento em remanescentes de vegetação natural.

2 Material e Métodos

2.1 Populações Analisadas

Foram utilizadas duas espécies para a tomada das medidas morfométricas, *D. simulans*, uma espécie de invasão antiga na fauna neotropical, considerada cosmopolita e *Z. indianus*, um drosofilídeo recentemente introduzido no Brasil, com alto potencial competidor. Os traços métricos foram: o comprimento total da asa (W), comprimento (T) e largura (t), além das relações entre comprimento da asa e do tórax (W/T) e entre comprimento e largura do tórax (T/t). Todas as medidas foram convertidas em mm x 100. Também foi avaliado o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP).

Para cada espécie foram avaliadas quatro populações provenientes de fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual, localizados na região noroeste do estado de São Paulo, a descrição desses ambientes está na tabela 1 e as imagens na figura 1A-E.

Em geral, as moscas foram coletadas no período em que são mais abundantes. Para a espécie *D. simulans* as coletas foram realizadas na estação de seca, sendo em setembro de 2009 para os fragmentos P8 (pluviosidade mensal de 131mm) e P9 (192mm) e em julho de 2009 para G7 (11mm) e G8 (17mm). Para *Z. indianus* foi a estação chuvosa, nos meses de janeiro de 2009 para P8 (209mm) e P9 (228mm) e de novembro de 2008 para G7 (83mm) e G8 (94mm).

2.2 Coletas e Populações de laboratório

As moscas foram coletadas por meio de armadilhas fechadas, contendo isca de banana nanica levemente macerada, misturada com fermento biológico fresco, as quais

permaneciam na mata por três dias, penduradas em galhos de árvores há uma altura de aproximadamente, 1,5 metros.

No total foram analisados 200 indivíduos de cada fragmento, sendo 50 machos e 50 fêmeas, recém-coletados (RC) e 50 machos e 50 fêmeas provenientes da primeira geração das isolinhagens (ISO) estabelecidas a partir das moscas recém-coletadas. Para cada espécie foram estabelecidas 10 isolinhagens de cada localidade, sendo analisados cinco machos e cinco fêmeas de cada uma delas.

Dessa forma, para cada espécie (*D. simulans* e *Z. indianus*) e para cada traço (*W*, *T* e *t*) foram estabelecidas três variáveis: sexo (M: macho, F: fêmea), condição (RC: recém-coletado, ISO: isolinhagens de laboratório) e população (quatro fragmentos de mata: P8, P9, G7, G8). A comparação entre esses grupamentos foi realizada por meio de Análise de Variância três critérios (ANOVA three-way) e para demonstrar entre quais grupamentos ocorreu diferença estatística foi realizado o teste de comparação múltipla *a posteriori*, *Tukey*. As análises estatísticas foram realizadas no programa STATISTICA. Além disso, foi calculado o coeficiente de variação (CV), para cada traço, obtido pela divisão do desvio padrão pela média. Também foi realizada análises de correlação de Pearson entre os traços.

Tabela 1: Caracterização dos fragmentos amostrados em relação à localização, área, extensão, ao entorno e ao estágio da vegetação (NECCHI et al, 2012).

Código	Localização	Latitude (S)	Longitude (W)	Área (ha)	Matriz Adjacente	Estágio de sucessão ecológica
P8	Taquaritinga, Faz. Sta. Lúcia	21°24'08"	48°41'14"	55,7	Laranja	Médio
P9	Pindorama, Estação Experimental	21°13'12"	48°55'04"	107,8	Pastagem	Médio
G7	Barretos, Faz. Vista Bonita	20°29'05"	48°49'21"	885,5	Pastagem / Cana	Médio
G8	Bebedouro, Faz. Córrego dos Bois	20°53'06"	48°32'26"	397,0	Pastagem / Cana	Inicial

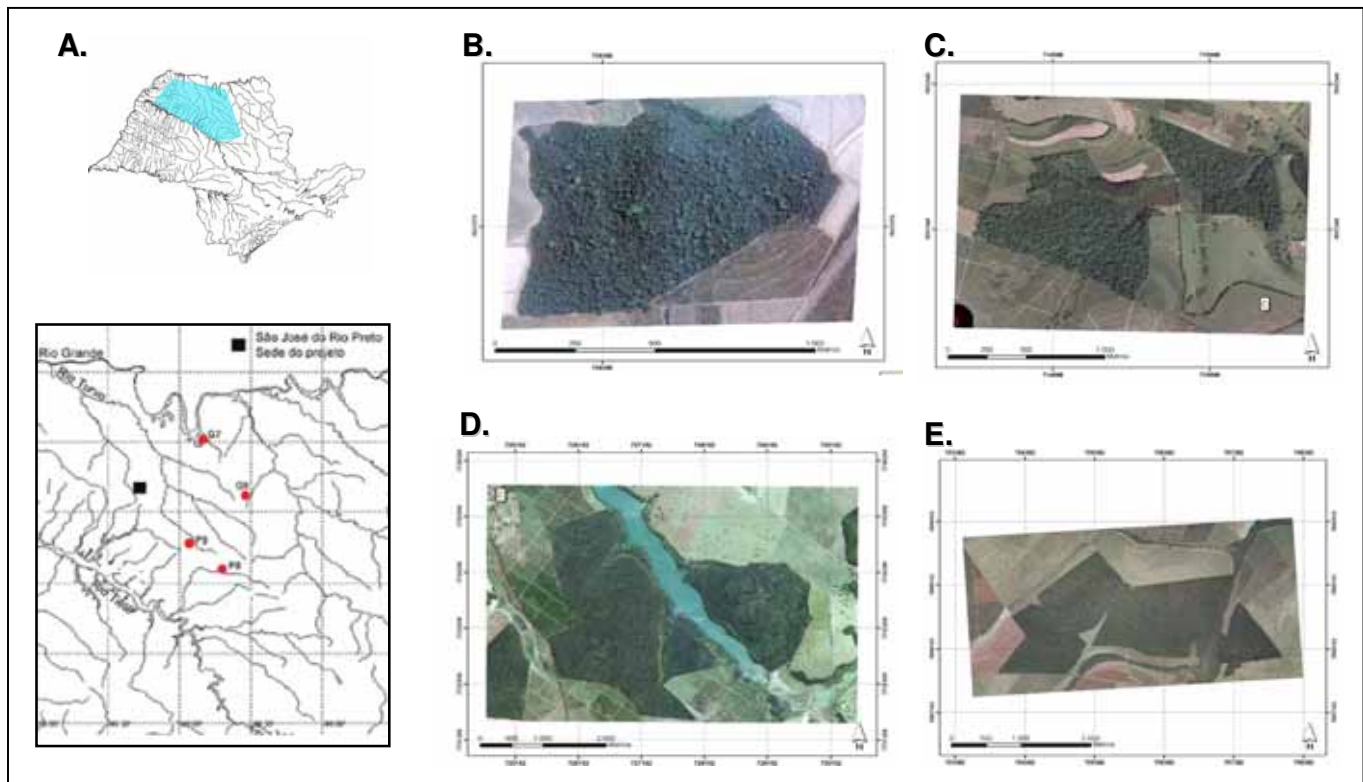


Figura 1A-E: A. Localização dos quatro fragmentos florestais da região noroeste do estado de São Paulo amostrados. B-E. Fotografia aérea dos fragmentos, B: P8, C: P9, D: G7 e E: G8.

3 Resultados e Discussão

3.1 Valores médios

Os valores médios obtidos para os três traços morfométricos avaliados em diferentes linhagens e populações constam na tabela 2 para a espécie *D. simulans*, e na tabela 3 para *Z. indianus*. Os resultados do teste ANOVA três critérios estão descritos nas tabelas 4 e 5 para *D. simulans* e nas tabelas 6 e 7 para *Z. indianus*. Nas tabelas 8 e 9 estão os dados simplificados da ANOVA três critérios, caracterizados pela porcentagem de variação explicada por cada fator ou por suas interações, para *D. simulans* e para *Z. indianus*, respectivamente. Em todas as tabelas o termo erro, que ocorre devido à variabilidade individual, representou de 48% a até 71% da variância total.

Para *D. simulans* nos três traços métricos avaliados o principal efeito foi devido ao sexo (machos x fêmeas), que representou em média, 21% da variância total. Os efeitos das populações (fragmentos P8, P9, G7 e G8) e das condições de desenvolvimento (natureza x laboratório) também foram altamente significativos. Os fragmentos explicaram uma média de 12% da variância para o comprimento da asa e a largura do tórax, já a condição representou 10% da variância para o comprimento do tórax. As interações entre os fatores também foi significativa para os três traços métricos.

As duas relações de tamanho (W/T e T/t) foram significativamente influenciadas por todos os fatores, sendo que os fragmentos e as condições de desenvolvimento explicaram a maior porcentagem da variância dessas relações.

O número de STP foi igualmente influenciado pelos três fatores. O efeito da condição (natureza x laboratório) não era esperado, pois esse caráter hereditário neutro não altera o valor adaptativo da mosca.

Os principais resultados do teste realizado *a posteriori* de Tukey para *D. simulans*, estão descritos na tabela 10, os dados detalhados desse teste podem ser observados nos Anexos 1 a 10. De modo geral, para *D. simulans* as maiores médias foram observadas em fêmeas e em linhagens de laboratório. Em relação aos fragmentos, foram observadas diversas relações entre as populações, dependendo do traço avaliado. Entretanto, um resultado se destacou: em P8 foram observadas as menores médias e em G7 as maiores.

Em *Z. indianus* os traços métricos se comportaram de forma distinta quanto à variância explicada por cada fator (Tabelas 8 e 9). Para o comprimento da asa a condição de desenvolvimento explicou 21% da variância, para o comprimento do tórax os fragmentos e a condição representaram em média 14% e para a largura do tórax o maior efeito foi o dos fragmentos com 12% da variância total explicada. A interação fragmento x condição foi a mais significativa para os três traços métricos e suas relações, explicando em média, 10% da variância total.

Para o número de STP foram observados apenas dois efeitos significativos, o dos fragmentos (12%) e o da condição de desenvolvimento (2%).

Os resultados do teste realizado *a posteriori* de Tukey para *Z. indianus*, estão descritos na tabela 10, os dados detalhados desse teste podem ser observados nos Anexos 11 a 17. De forma geral, o sexo não foi um fator importante para essa espécie, ou seja, não foi detectado dimorfismo sexual com relação aos traços de tamanho avaliados. Em relação aos fragmentos não foi observado nenhum padrão específico, os fragmentos que mais se diferenciaram dos demais foram P8, com as menores médias e G7, com as maiores. Já para a condição de desenvolvimento os dados indicam maiores médias para as linhagens de laboratório.

A diferenciação dos fragmentos P8 e G7 dos demais pode indicar condições mais estáveis nos fragmentos de maior área (G7), que nos fragmentos menores (P8). Entretanto, outras características, além da área, podem estar associadas ao maior tamanho das moscas nos fragmentos maiores, como a característica genética intrínseca dessas populações, o estágio de sucessão das matas, a disponibilidade de substrato, a pluviosidade, entre outros. Já para a espécie *Z. indianus* embora o fragmento tenha sido um fator importante nos traços, não foi detectado um padrão específico de diferenciação entre os fragmentos estudados. Como essa mosca ocupa ambientes abertos, seria esperado um maior sucesso de colonização em fragmentos menores, teoricamente mais impactados. Entretanto, os valores para os traços morfométricos também foram altos para o fragmento de maior área. Esse achado pode ser explicado pelo estágio de sucessão ecológica dos fragmentos grandes, que é inicial ou médio, caracterizado por vegetação parcialmente aberta, ambiente propício para esse drosofilídeo invasor, que ocupa áreas de savana, abertas e urbanas (FERREIRA; TIDON 2005, PENARIOL et al 2008, MATA et al 2008, HOCHMÜLLER et al 2010). Além disso, esse drosofilídeo é um invasor recentemente introduzido no Brasil (VILELA, 1999; 2001; CASTRO; VALENTE, 2001; TONI et al, 2001; TIDON et al, 2003; SILVA et al, 2005), foi capturado pela primeira vez em 1999, portanto, são populações recentes que podem ainda não ter se diferenciado geneticamente em relação a esses traços.

Em relação ao sexo as fêmeas de *D. simulans* apresentaram médias maiores do que os machos, indicando o dimorfismo sexual nessa espécie. Dados da literatura indicam que o dimorfismo sexual pode ser avaliado por traços morfométricos e ocorre para *D. simulans*, sendo a fêmea comumente maior do que o macho. (DAVID et al, 2003, 2006).

Para a espécie *Z. indianus* o sexo não foi um fator importante, portanto os traços morfométricos não indicaram o dimorfismo sexual nessas populações. Outros estudos

também observaram que as fêmeas e os machos de *Z. indianus* em geral são muito parecidos, sendo praticamente monomórficos em relação ao tamanho do corpo (DAVID et al, 2006).

Para as duas espécies a condição foi importante, sendo que as médias das populações de laboratório foram maiores do que as recém-coletadas. Essa tendência para maiores medidas nas moscas de laboratório esta de acordo com dados obtidos na literatura em que se verifica que as condições estáveis para o desenvolvimento das moscas favorecem maiores tamanhos (DAVID et al, 2005; YASSIM et al, 2007). As menores médias obtidas para as recém-coletadas podem ser explicadas principalmente pelas condições heterogêneas do ambiente envolvendo dois principais fatores: temperatura e nutrição (YASSIN et al, 2007).

3.2 Variabilidade fenotípica dentro das populações (CVs)

Os coeficientes de variação (CV) para as populações das duas espécies estudadas estão na tabela 11. O fator importante para o CV total foi a condição, sendo que os maiores valores foram obtidos para as populações recém-coletadas, para as duas espécies. Isso era esperado, pois as condições da natureza são heterogêneas, enquanto que as de laboratório são mais estáveis.

Também ocorreu variação do CV total entre os fragmentos, para *D. simulans* foi observado maior CV nas populações dos fragmentos menores (P8 e P9) e maiores valores em G7 e G8, exceto para as fêmeas recém-coletadas de G8, em que foi obtido o maior valor de CV total entre todas as populações (58,51) (Tabelas 12, 13 e 16). Esse padrão de maior CV total nos fragmentos pequenos se repetiu nas populações de *Z. indianus*, entretanto, isso foi observado somente em linhagens recém-coletadas. Nas populações de laboratório essas relações se alteraram, foi observado baixo CV em todos

os fragmentos e o menor valor de CV total foi obtido em P9 (Tabelas 14, 15 e 17). Maiores valores de CV nos fragmentos menores eram esperados, já que esses ambientes estão sujeitos a maiores pressões ambientais decorrentes da perda de área, como redução da biodiversidade, escassez de recursos, aumento dos efeitos de borda, entre outros. Entretanto, em populações de laboratório essas variáveis são mantidas controladas, de forma que as moscas têm recursos alimentares em abundância e poderiam atingir seu potencial máximo de desenvolvimento corporal. Para *D.simulans*, mesmo em linhagens de laboratório os maiores valores de CV total foram mantidos nas populações dos fragmentos menores, indicando uma diferenciação genética entre essas populações. Já para *Z. indianus*, isso não ocorreu. Nas linhagens de laboratório o menor CV foi obtido em um fragmento pequeno, indicando pouca diferenciação genética entre as populações. Isso pode ser explicado pela recente invasão dessa espécie nessas matas, há cerca de dez anos.

Na comparação entre as espécies, em geral, *Z. indianus* apresentou valores de CV total menores do que *D. simulans*, principalmente para as populações de laboratório. Esse achado pode indicar a maior eficiência de *Z. indianus* em explorar os recursos ambientais, essa é uma das espécies com colonização mais bem sucedida dentro do gênero *Zaprionus* (CHASSAGNARD; TSACA, 1993), utiliza várias fontes de recurso alimentar e se adapta a diversas condições climáticas (PARKASH; YADAV, 1993).

Outro fator que pode influenciar os traços morfométricos é a estação climática. A espécie *Z. indianus* foi capturadas principalmente na estação chuvosa, época em que é mais abundante e em que as condições ambientais, como a oferta alimentar, são melhores. Além disso, esse drosofilídeo é um excelente competidor, apresenta maior tamanho corporal e é mais resistente ao estresse ambiental (VILELA, 1999, 2001; CASTRO; VALENTE, 2001; TIDON et al, 2003; TONI et al, 2001; SILVA et al, 2005, TORRES; MADI-RAVAZZI, 2006; PENARIOL, 2007; 2008; SCHMITZ et al, 2007; TIDON;

CHAVES, 2008) dessa forma as variações ambientais podem não ter influenciado muito o desenvolvimento morfológico dessa espécie. Já *D. simulans* foi coletada principalmente na estação de seca, período em que é mais abundante, devido a maior resistência dessa espécie ao estresse hídrico (SAAVEDRA et al, 1995; MEDEIROS, 2000; AMARAL, 2004; PENARIOL, 2007; MATA et al, 2008). Entretanto, nessa estação a disponibilidade de recursos, principalmente o alimentar, é menor.

3.3 Correlações entre os traços

As análises de correlação de Pearson estão na tabela 18 para *D. simulans* e na tabela 19 para *Z. indianus*. Para *D. simulans* foi observada uma correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre os traços comprimento da asa (W) e o comprimento do tórax (T). Já entre o comprimento (T) e a largura do tórax (t), embora a correlação tenha sido sempre nulo o tórax é uma medida muito pequena e com uma variação discreta, por isso pode não ter sido confirmada estatisticamente a correlação entre T e t. Para *Z. indianus* (Tabela 19), em geral as duas correlações (W x T e T x t) foram positivas, mas poucas foram detectadas estatisticamente ($p < 0,05$).

Essas relações entre os traços foram plotadas em diagramas de dispersão para detectar diferenças entre os fragmentos amostrados. Embora essa análise não tenha sido eficiente para diferenciar padrões entre todos os fragmentos florestais (Figura 2A-B a Figura 9A-B), foram observadas algumas variações entre eles. Em populações recém-coletadas de *D. simulans* o fragmento G8 se diferenciou dos demais (Figura 2A-B e Figura 3A) e em populações de em laboratório os machos do fragmento G7 se diferenciaram dos demais, na relação W/T (Figura 4B). Já para *Z. indianus* não foi observada diferença

entre os fragmentos de mata para nenhuma das populações amostradas (Figura 5A-B a Figura 9A-B).

De modo geral, os diagramas de dispersão confirmaram os resultados referentes às análises de correlação, indicando que os traços se relacionam de forma positiva para as duas espécies. Isso era esperado, já que a relação entre esses traços é importante para a aerodinâmica das moscas.

As correlações também foram importantes para diferenciar as populações de *D. simulans* de G7 e de G8 das populações dos demais fragmentos. Esse resultado corrobora os dados obtidos com as análises de variância do presente estudo.

Os traços morfométricos são influenciados pelas variações ambientais, principalmente temperatura, disponibilidade de alimento e competição larval (IMASHEVA et al, 1999; YASSIM et al, 2007, 2009), em geral, ambientes mais estáveis, como os fragmentos maiores, teriam melhores condições para o desenvolvimento das moscas em comparação com áreas impactadas, como os fragmentos menores, onde ocorre menor disponibilidade de recurso e maior competição. O presente estudo corroborou esses dados para *D. simulans*, entretanto, para *Z. indianus* o fator mais importante para a variação não foi a área do fragmento, é provável que para esta espécie outros fatores, como o tipo de vegetação, sejam mais determinantes para o desenvolvimento corporal.

Condições ambientais adversas afetam a comunidade de drosofilídeos fortemente, a sensibilidade dessas moscas em relação à temperatura, umidade e disponibilidade de alimento se reflete na distribuição e na abundância das espécies e no desenvolvimento morfológico dessas espécies. A avaliação de características morfométricas dos drosofilídeos é outra ferramenta que pode ser utilizada em estudos de biologia da conservação. A análise desses parâmetros pode fornecer informações importantes sobre áreas de preservação, antes que os efeitos ambientais atuem sobre os demais organismos desses ambientes.

Os traços morfométricos são influenciados pelas variações ambientais, principalmente temperatura, disponibilidade de alimento e competição larval (IMASHEVA et al, 1999; YASSIM et al, 2007, 2009), em geral, ambientes mais estáveis, como os fragmentos maiores, teriam melhores condições para o desenvolvimento das moscas em comparação com áreas impactadas, como os fragmentos menores, onde ocorre menor disponibilidade de recurso e maior competição. O presente estudo corroborou esses dados para *D. simulans*, entretanto, para *Z. indianus* o fator mais importante para a variação não foi a área do fragmento, é provável que para esta espécie outros fatores, como o tipo de vegetação, sejam mais determinantes para o desenvolvimento corporal.

A avaliação de características morfométricas dos drosofilídeos é outra ferramenta que pode ser utilizada em estudos de biologia da conservação. A análise desses parâmetros pode fornecer informações importantes sobre áreas de preservação, antes que os efeitos ambientais atuem sobre os demais organismos desses ambientes.

Tabela 2: Valores médios $\pm$ SE (erro padrão) obtidos para a espécie *D. simulans* nos quarto fragmentos amostrados. RC = moscas recém-coletadas; LAB = F1 das isolinhagens; W = Comprimentos da asa; T = comprimento do tórax; t = largura do tórax; STP = número total de cerdas esternopleurais; F = razão entre as variâncias.

Traços Sexo		P8		P9		G7		G8		F					
		RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB				
W	F	208,05 ± 2,1	219,20 ±	**	215,30 ± 2,4	236,55 ±	**	228,50 ± 2,5	237,65 ± 1,2	*	212,02 ± 2,8	239,45 ± 1,2	**	13,22**	42,66**
	M	189,75 ± 1,9	198,70 ±	ns	193,75 ± 2,2	199,60 ±	ns	210,72 ± 2,3	217,35 ± 1,5	ns	206,94 ± 1,7	223,20 ± 1,9	**	18,36**	35,32**
T	F	96,55 ± 0,8	95,40 ± 1,1	ns	94,95 ± 1,3	110,25 ±	**	101,45 ± 1,1	102,30 ± 0,7	ns	100,59 ± 1,4	104,70 ± 1,3	ns	7,02**	40,94**
	M	90,55 ± 1,0	86,45 ± 1,3	ns	84,40 ± 0,9	90,70 ± 0,9	**	92,63 ± 1,3	93,30 ± 0,8	ns	93,06 ± 0,9	92,90 ± 1,3	ns	14,79**	7,87**
t	F	27,75 ± 0,4	27,75 ± 0,5	ns	28,95 ± 0,3	33,30 ± 0,2	**	29,55 ± 0,4	30,90 ± 0,2	*	29,63 ± 0,5	31,45 ± 0,4	*	ns	41,94**
	M	25,75 ± 0,4	26,35 ± 0,4	ns	25,95 ± 0,4	28,25 ± 0,4	**	26,51 ± 0,4	29,40 ± 0,3	**	27,75 ± 0,3	29,95 ± 0,2	**	ns	26,29**
		**	Ns		**	**	**	**	**	*	*	*	*		

Nível de significância: * $P < 0,005$; ** $P < 0,001$; ns: não significativo.

Tabela 3: Valores médios $\pm$ SE (erro padrão) obtidos para a espécie *Z. indianus* nos quarto fragmentos amostrados. RC = moscas recém-coletadas; LAB = F1 das isolinhagens; W = Comprimentos da asa; T = comprimento do tórax; t = largura do tórax; STP = número total de cerdas esternopleurais; F = razão entre as variâncias.

Traços Sexo		P8		P9		G7		G8		F				
		RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB			
W	F	264,61 ±	291,63 ±	**	257,31 ± 3,6	276,55 ±	**	272,99 ± 1,9	274,65 ± 1,6	ns	264,50 ± 6,4	296,00 ± 1,7	ns	51,81**
	M	267,78 ± 3,8	281,81 ±	*	265,91 ± 5,0	274,10 ±	ns	268,22 ± 2,0	272,95 ± 1,3	ns	262,32 ± 5,0	284,50 ± 1,7	**	13,64**
T	F	131,05 ± 3,5	152,31 ±	**	125,58 ± 2,1	132,00 ±	ns	132,17 ± 0,9	132,85 ± 0,8	ns	119,00 ± 2,3	143,30 ± 1,3	**	99,68**
	M	130,42 ± 1,8	141,69 ±	**	125,23 ± 2,9	128,30 ±	ns	129,67 ± 1,4	132,60 ± 0,7	ns	125,18 ± 3,5	130,50 ± 1,3	ns	36,06**
t	F	37,50 ± 0,5	39,06 ± 0,6	ns	33,08 ± 0,7	37,75 ± 0,1	**	37,88 ± 0,4	38,05 ± 0,3	ns	42,00 ± 0,9	37,40 ± 0,3	ns	ns
	M	35,69 ± 0,5	38,00 ± 0,6	*	34,55 ± 1,1	37,20 ± 0,2	ns	36,12 ± 0,4	37,50 ± 0,2	ns	41,79 ± 0,7	37,60 ± 0,4	**	31,35**
		ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns

Nível de significância: * $P < 0,005$; ** $P < 0,001$; ns: não significativo.

Tabela 4: Resultados da ANOVA three-way para as medidas de comprimento da asa (W), comprimento do tórax (T) e largura do tórax (t) para a espécie *D. simulans*.

FONTES DE VARIAÇÃO	W					T					t				
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P
FRAGMENTO	42231	3	14077	69,8	***	3837	3	1279	22,4	***	3573	3	1191	46,29	***
CONDIÇÃO	31847	1	31847	157,9	***	1432	1	1432	25,1	***	2893	1	2893	112,44	***
SEXO	70347	1	70347	348,8	***	20311	1	20311	355,4	***	4510	1	4510	175,29	***
FRAG x COND	6009	3	2003	9,9	***	4896	3	1632	28,6	***	928	3	309	12,03	***
FRAG x SEXO	8566	3	2855	14,2	***	1636	3	545	9,5	***	722	3	241	9,36	***
COND x SEXO	3692	1	3692	18,3	***	810	1	810	14,2	***	3	1	3	0,10	ns
FRAG x COND x SEX	1167	3	389	1,9	ns	495	3	165	2,9	*	343	3	114	4,44	**
ERRO	153091	759	202			43375	759	57			19527	759	26		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela 5: Resultados da ANOVA three-way para as relações entre comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) e entre comprimento e largura do tórax (T / t) e para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP), para a espécie *D. simulans*.

FONTES DE VARIACÃO	Df	W / T				T / t				STP			
		SS	MS	F	P	SS	MS	F	P	SS	MS	F	P
FRAGMENTO	3	0,658	0,219	10,8	***	0,965	0,322	13,74	***	166,6	55,5	22,5	***
CONDIÇÃO	1	1,014	1,014	49,9	***	0,939	0,939	40,07	***	200,8	200,8	81,5	***
SEXO	1	0,341	0,341	16,8	***	0,304	0,304	12,98	***	192,9	192,9	78,2	***
FRAG x COND	3	2,636	0,879	43,3	***	0,305	0,102	4,34	**	122,6	40,9	16,6	***
FRAG x SEXO	3	0,404	0,135	6,6	***	0,073	0,024	1,04	ns	59,9	20,0	8,1	***
COND x SEXO	1	0,004	0,004	0,2	ns	0,349	0,349	14,90	***	1,9	1,9	0,8	ns
FRAG x COND x SEX	3	0,018	0,006	0,3	ns	0,041	0,014	0,59	ns	18,8	6,3	2,5	ns
ERRO	759	15,409	0,020			17,778	0,023			1871,2	2,5		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

FONTES DE VARIACÃO	W					T					t				
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P
FRAGMENTO	3571	3	1190	9,0	***	3837	3	1279	22,4	***	3573	3	1191	46,29	***
CONDIÇÃO	20516	1	20516	155,9	***	1432	1	1432	25,1	***	2893	1	2893	112,44	***
SEXO	528	1	528	4,0	*	20311	1	20311	355,4	***	4510	1	4510	175,29	***
FRAG x COND	7922	3	2641	20,1	***	4896	3	1632	28,6	***	928	3	309	12,03	***
FRAG x SEXO	854	3	285	2,2	ns	1636	3	545	9,5	***	722	3	241	9,36	***
COND x SEXO	1139	1	1139	8,7	**	810	1	810	14,2	***	3	1	3	0,10	ns
FRAG x COND x SEX	1371	3	457	3,5	*	495	3	165	2,9	*	343	3	114	4,44	**
ERRO	62915	478	132			43375	759	57			19527	759	26		
Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo															

Tabela 7: Resultados da ANOVA three-way para as relações entre os traços comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) e comprimento e largura do tórax (T / t) e para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP) para a espécie *Z. indianus*.

FONTES DE VARIÇÃO	W / T					T / t					STP				
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P
FRAGMENTO	0,882	3	0,294	29,5	***	1,5244	3	0,5081	30,47	***	188,4	3	62,8	23,73	***
CONDIÇÃO	0,064	1	0,064	6,4	*	0,6300	1	0,6300	37,79	***	32,0	1	32,0	12,10	***
SEXO	0,065	1	0,065	6,5	*	0,0253	1	0,0253	1,52	ns	8,2	1	8,2	3,08	ns
FRAG x COND	0,173	3	0,058	5,8	***	2,1286	3	0,7095	42,55	***	3,7	3	1,2	0,47	ns
FRAG x SEXO	0,071	3	0,024	2,4	ns	0,1335	3	0,0445	2,67	*	2,2	3	0,7	0,28	ns
COND x SEXO	0,059	1	0,059	5,9	*	0,1930	1	0,1930	11,58	***	0,4	1	0,4	0,15	ns
FRAG x COND x SEX	0,145	3	0,048	4,9	**	0,2699	3	0,0900	5,40	**	10,8	3	3,6	1,37	ns
ERRO	4,755	478	0,010			7,9701	478	0,0167			1265,1	478	2,6		
Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo															

Tabela 8: Resultados da ANOVA three-way para os traços analisados da espécie *D. simulans*. Foi utilizada a porcentagem de variação explicada por cada fator ou suas relações. Fragmento (P8, P9, G7, G8), condição (moscas recém-coletadas e isolinhagens de laboratório) e sexo (fêmea e macho). Df = graus de liberdade, W = comprimento da asa, T = comprimento do tórax, t = largura do tórax, STP = número total de cerdas esternopleurais.

Fatores	df	W	T	t	W / T	T / t	STP
Fragmento	3	13,32 ^{***}	5,00 ^{***}	10,99 ^{***}	3,21 ^{***}	4,65 ^{***}	6,32 ^{***}
Condição	1	10,05 ^{***}	1,86 ^{***}	8,90 ^{***}	4,95 ^{***}	4,52 ^{***}	7,62 ^{***}
Sexo	1	22,19 ^{***}	26,45 ^{***}	13,88 ^{***}	1,66 ^{***}	1,46 ^{***}	7,32 ^{***}
Fragmento x Condição	3	1,90 ^{***}	6,38 ^{***}	2,86 ^{***}	12,87 ^{***}	1,47 ^{**}	4,65 ^{***}
Fragmento x Sexo	3	2,70 ^{***}	2,13 ^{***}	2,22 ^{***}	1,97 ^{***}	0,35 ^{ns}	2,28 ^{***}
Condição x Sexo	1	1,16 ^{***}	1,05 ^{***}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,68 ^{***}	0,07 ^{ns}
Fragmento x Condição x Sexo	3	0,37 ^{ns}	0,64 [*]	1,05 ^{**}	0,09 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Erro	759	48,30	56,49	60,09	75,23	85,66	71,02

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela 9: Resultados da ANOVA three-way para os traços analisados da espécie *Z. indianus*. Foi utilizada a porcentagem de variação explicada por cada fator ou suas relações. Fragmento (P8, P9, G7, G8), condição (moscas recém-coletadas e isolinhagens de laboratório) e sexo (fêmea e macho). Df = graus de liberdade, W = comprimento da asa, T = comprimento do tórax, t = largura do tórax, STP = número total de cerdas esternopleurais.

Fontes de Variação	DF	W	T	t	W / T	T / t	STP
Fragmento	1	3,61 ^{***}	5,00 ^{***}	10,99 ^{***}	14,69 ^{***}	11,73 ^{***}	12,47 ^{***}
Condição	3	20,76 ^{***}	1,86 ^{***}	8,90 ^{***}	1,06 [*]	4,85 ^{***}	2,12 ^{***}
Sexo	1	0,53 [*]	26,45 ^{***}	13,88 ^{***}	1,08 [*]	0,19	0,54
Fragmento x Condição	1	8,02 ^{***}	6,38 ^{***}	2,86 ^{***}	2,88 ^{***}	16,37 ^{***}	0,24
Fragmento x Sexo	3	0,86	2,13 ^{***}	2,22 ^{***}	1,19	1,03 [*]	0,15
Condição x Sexo	3	1,15 ^{**}	1,05 ^{***}	0,01	0,98 [*]	1,48 ^{***}	0,03
Fragmento x Condição x Sexo	1	1,39 [*]	0,64 [*]	1,05 [*]	2,42 ^{**}	2,08 ^{**}	0,72
Erro	3	63,67	56,49	60,09	79,25	61,31	83,73

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05.

Tabela 11: Valores do coeficiente de variação para as duas espécies estudadas nos quatro fragmentos florestais. W = comprimento da asa; T = comprimento do tórax; t = largura do tórax.

Espécies	Traços	Sexo	P8		P9		G7		G8	
			RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB	RC	LAB
<i>D. simulans</i>	W	F	0,07	0,06	0,08	0,04	0,08	0,03	0,09	0,03
		M	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05	0,05	0,06
	T	F	0,06	0,08	0,09	0,04	0,08	0,05	0,09	0,09
		M	0,08	0,11	0,08	0,07	0,09	0,06	0,06	0,09
	t	F	0,11	0,12	0,08	0,05	0,09	0,05	0,10	0,09
		M	0,10	0,09	0,10	0,09	0,08	0,06	0,08	0,05
	STP	F	0,09	0,07	0,08	0,05	0,07	0,05	0,08	0,09
		M	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05	0,09	0,09
<i>Z. indianus</i>	W	F	0,08	0,03	0,05	0,02	0,05	0,04	0,05	0,03
		M	0,06	0,04	0,06	0,03	0,05	0,03	0,07	0,03
	T	F	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
		M	0,06	0,06	0,08	0,05	0,07	0,04	0,10	0,05
	t	F	0,05	0,10	0,08	0,03	0,07	0,06	0,05	0,04
		M	0,06	0,09	0,11	0,05	0,07	0,04	0,06	0,06
	STP	F	0,08	0,08	0,14	0,04	0,08	0,06	0,09	0,10
		M	0,09	0,08	0,13	0,06	0,10	0,07	0,10	0,11

Tabela 12: Resultados da ANOVA three-way para os coeficientes de variação (CVs) de comprimento da asa (W), comprimento do tórax (T) e largura do tórax (t) para a espécie *D. simulans*.

FONTES DE VARIAÇÃO	W			T			t								
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P					
FRAGMENTO	42231	3	14077	69,8	***	3837	3	1279	22,4	***	3573	3	1191	46,29	***
CONDIÇÃO	31847	1	31847	157,9	***	1432	1	1432	25,1	***	2893	1	2893	112,44	***
SEXO	70347	1	70347	348,8	***	20311	1	20311	355,4	***	4510	1	4510	175,29	***
FRAG x COND	6009	3	2003	9,9	***	4896	3	1632	28,6	***	928	3	309	12,03	***
FRAG x SEXO	8566	3	2855	14,2	***	1636	3	545	9,5	***	722	3	241	9,36	***
COND x SEXO	3692	1	3692	18,3	***	810	1	810	14,2	***	3	1	3	0,10	ns
FRAG x COND x SEX	1167	3	389	1,9	ns	495	3	165	2,9	*	343	3	114	4,44	**
ERRO	153091	759	202			43375	759	57			19527	759	26		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela 13: Resultados da ANOVA three-way para os coeficiente de variação (CVs) das relações entre comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) e entre comprimento e largura do tórax (T / t) e para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP), para a espécie *D. simulans*.

FONTES DE VARIAÇÃO	Df	W / T				T / t				STP			
		SS	MS	F	P	SS	MS	F	P	SS	MS	F	P
FRAGMENTO	3	0,658	0,219	10,8	***	0,965	0,322	13,74	***	166,6	55,5	22,5	***
CONDIÇÃO	1	1,014	1,014	49,9	***	0,939	0,939	40,07	***	200,8	200,8	81,5	***
SEXO	1	0,341	0,341	16,8	***	0,304	0,304	12,98	***	192,9	192,9	78,2	***
FRAG x COND	3	2,636	0,879	43,3	***	0,305	0,102	4,34	**	122,6	40,9	16,6	***
FRAG x SEXO	3	0,404	0,135	6,6	***	0,073	0,024	1,04	ns	59,9	20,0	8,1	***
COND x SEXO	1	0,004	0,004	0,2	ns	0,349	0,349	14,90	***	1,9	1,9	0,8	ns
FRAG x COND x SEX	3	0,018	0,006	0,3	ns	0,041	0,014	0,59	ns	18,8	6,3	2,5	ns
ERRO	759	15,409	0,020			17,778	0,023			1871,2	2,5		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela 14: Resultados da ANOVA three-way para os coeficientes de variação (CVs) das medidas de comprimento da asa (W), comprimento do tórax (T) e largura do tórax (t) para a espécie *Z. indianus*.

FONTES DE VARIAÇÃO	W			T			t								
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P					
FRAGMENTO	3571	3	1190	9,0	***	6312	3	2104	38,1	***	1919	3	640	25,67	***
CONDIÇÃO	20516	1	20516	155,9	***	7030	1	7030	127,4	***	78	1	78	3,13	ns
SEXO	528	1	528	4,0	*	756	1	756	13,7	***	91	1	91	3,64	ns
FRAG x COND	7922	3	2641	20,1	***	4171	3	1390	25,2	***	1967	3	656	26,31	***
FRAG x SEXO	854	3	285	2,2	ns	309	3	103	1,9	ns	214	3	71	2,87	*
COND x SEXO	1139	1	1139	8,7	**	1122	1	1122	20,3	***	1	1	1	0,02	ns
FRAG x COND x SEX	1371	3	457	3,5	*	1310	3	437	7,9	***	146	3	49	1,95	ns
ERRO	62915	478	132			26387	478	55			11915	478	25		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela 15: Resultados da ANOVA three-way para os coeficientes de variação (CVs) das relações entre os traços comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) e comprimento e largura do tórax (T / t) e para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP) para a espécie *Z. indianus*.

FONTES DE VARIAÇÃO	W / T					T / t					STP				
	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P	SS	Df	MS	F	P
FRAGMENTO	0,882	3	0,294	29,5	***	1,5244	3	0,5081	30,47	***	188,4	3	62,8	23,73	***
CONDIÇÃO	0,064	1	0,064	6,4	*	0,6300	1	0,6300	37,79	***	32,0	1	32,0	12,10	***
SEXO	0,065	1	0,065	6,5	*	0,0253	1	0,0253	1,52	ns	8,2	1	8,2	3,08	ns
FRAG x COND	0,173	3	0,058	5,8	***	2,1286	3	0,7095	42,55	***	3,7	3	1,2	0,47	ns
FRAG x SEXO	0,071	3	0,024	2,4	ns	0,1335	3	0,0445	2,67	*	2,2	3	0,7	0,28	ns
COND x SEXO	0,059	1	0,059	5,9	*	0,1930	1	0,1930	11,58	***	0,4	1	0,4	0,15	ns
FRAG x COND x SEX	0,145	3	0,048	4,9	**	0,2699	3	0,0900	5,40	**	10,8	3	3,6	1,37	ns
ERRO	4,755	478	0,010			7,9701	478	0,0167			1265,1	478	2,6		

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05; ns: não significativo

Tabela16: Resultados da ANOVA three-way para os coeficientes de variação (CVs) dos traços e das relações entre eles para a espécie *D. simulans*. Foi utilizada a porcentagem de variação explicada por cada fator ou suas relações. Fragmento (P8, P9, G7, G8), condição (moscas recém-coletadas e isolinhagens de laboratório) e sexo (fêmea e macho). Df = graus de liberdade, W = comprimento da asa, T = comprimento do tórax, t = largura do tórax, STP = número total de cerdas esternopleurais.

Fontes de Variação	DF	W	T	t	W / T	T / t	STP
Fragmento	3	13,32 ^{***}	5,00 ^{***}	10,99 ^{***}	3,21 ^{***}	4,65 ^{***}	6,32 ^{***}
Condição	1	10,05 ^{***}	1,86 ^{***}	8,90 ^{***}	4,95 ^{***}	4,52 ^{***}	7,62 ^{***}
Sexo	1	22,19 ^{***}	26,45 ^{***}	13,88 ^{***}	1,66 ^{***}	1,46 ^{***}	7,32 ^{***}
Fragmento x Condição	3	1,90 ^{***}	6,38 ^{***}	2,86 ^{***}	12,87 ^{***}	1,47 ^{**}	4,65 ^{***}
Fragmento x Sexo	3	2,70 ^{***}	2,13 ^{***}	2,22 ^{***}	1,97 ^{***}	0,35	2,28 ^{***}
Condição x Sexo	1	1,16 ^{***}	1,05 ^{***}	0,01	0,02	1,68 ^{***}	0,07
Fragmento x Condição x Sexo	3	0,37	0,64 [*]	1,05 ^{**}	0,09	0,20	0,71
Erro	759	48,30	56,49	60,09	75,23	85,66	71,02

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05.

Tabela 17: Resultados da ANOVA three-way para os coeficientes de variação (CVs) dos traços e das relações entre eles para a espécie *Z. indianus*. Foi utilizada a porcentagem de variação explicada por cada fator ou suas relações. Fragmento (P8, P9, G7, G8), condição (moscas recém-coletadas e isolinhagens de laboratório) e sexo (fêmea e macho). Df = graus de liberdade, W = comprimento da asa, T = comprimento do tórax, t = largura do tórax, STP = número total de cerdas esternopleurais.

Fontes de Variação	DF	W	T	t	W / T	T / t	STP
Fragmento	3	3,61 ^{***}	13,32 ^{***}	11,75 ^{***}	14,19 ^{***}	11,84 ^{***}	12,47 ^{***}
Condição	1	20,76 ^{***}	14,83 ^{***}	0,48	1,03 [*]	4,89 ^{***}	2,12 ^{***}
Sexo	1	0,53 [*]	1,60 ^{***}	0,56	1,04 [*]	0,20	0,54
Fragmento x Condição	3	8,02 ^{***}	8,80 ^{***}	12,05 ^{***}	2,78 ^{***}	16,53 ^{***}	0,24
Fragmento x Sexo	3	0,86	0,65	1,31 [*]	1,15	1,04 [*]	0,15
Condição x Sexo	1	1,15 ^{**}	2,37 ^{***}	0,00	0,95 [*]	1,50 ^{***}	0,03
Fragmento x Condição x Sexo	3	1,39 [*]	2,76 ^{***}	0,89	2,34 ^{**}	2,10 ^{**}	0,72
Erro	478	63,67	55,67	72,96	76,53	61,90	83,73

Nível de significância: *** < 0,001; ** < 0,005; * < 0,05.

Tabela 18: Valores de Correlação de Pearson (r) e de p entre as medidas de comprimento da asa (W) e de comprimento de tórax (T) e entre as medidas de comprimento de tórax (T) e de largura do tórax (t), nos quatro fragmentos florestais (P8, P9, G7 e G8), em linhagens recém-coletadas (RC) e de laboratório (ISO), para a espécie *D. simulans*.

W x T									
Sexo	Linhagem	P8		P9		G7		G8	
		r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p
Fêmeas	RC	0,6184	****	0,7766	****	0,4814	***	0,5555	****
	ISO	0,7477	****	0,5267	****	0,4558	***	0,5996	****
Machos	RC	0,5166	***	0,8469	****	0,1605	ns	0,4522	**
	ISO	0,8308	****	0,7428	****	0,6791	****	0,3956	***

T x t									
Sexo	Linhagem	P8		P9		G7		G8	
		r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p
Fêmeas	RC	0,1382	ns	0,4361	***	0,1658	ns	0,6166	****
	ISO	0,2480	ns	0,1225	ns	0,4229	**	0,7063	****
Machos	RC	0,2451	ns	0,5915	****	0,5400	***	0,4178	***
	ISO	0,7556	****	0,7795	****	0,2637	ns	0,4288	***

Nível de significância: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$; ns: não significativo.

Tabela 19: Valores de Correlação de Pearson (r) e de p entre as medidas de comprimento da asa (W) e de comprimento de tórax (T) e entre as medidas de comprimento de tórax (T) e de largura do tórax (t), nos quatro fragmentos florestais (P8, P9, G7 e G8), em linhagens recém-coletadas (RC) e de laboratório (ISO), para a espécie *Z. indianus*.

W x T									
Sexo	Linhagem	P8		P9		G7		G8	
		r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p
Fêmeas	RC	0,5171	ns	- 0,8577	ns	0,1707	ns	0,8495	ns
	ISO	0,5345	ns	0,9230	*	0,6246	ns	0	ns
Machos	RC	0,6820	*	0,4539	ns	0,9718	****	- 0,5675	ns
	ISO	0,3174	ns	0,7900	**	0,8294	**	- 0,4879	ns

T x t									
Sexo	Linhagem	P8		P9		G7		G8	
		r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p	r (Pearson)	p
Fêmeas	RC	0,1378	ns	0,1141	ns	- 0,1667	ns	0,6628	ns
	ISO	0,1166	ns	0,2986	ns	0,4180	*	0,4570	*
Machos	RC	- 0,0180	ns	0,5926	ns	0,7975	**	0,4032	ns
	ISO	0,8695	***	0,5560	ns	- 0,1662	ns	0,4832	ns

Nível de significância: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; **** $p < 0,0001$; ns: não significativo.

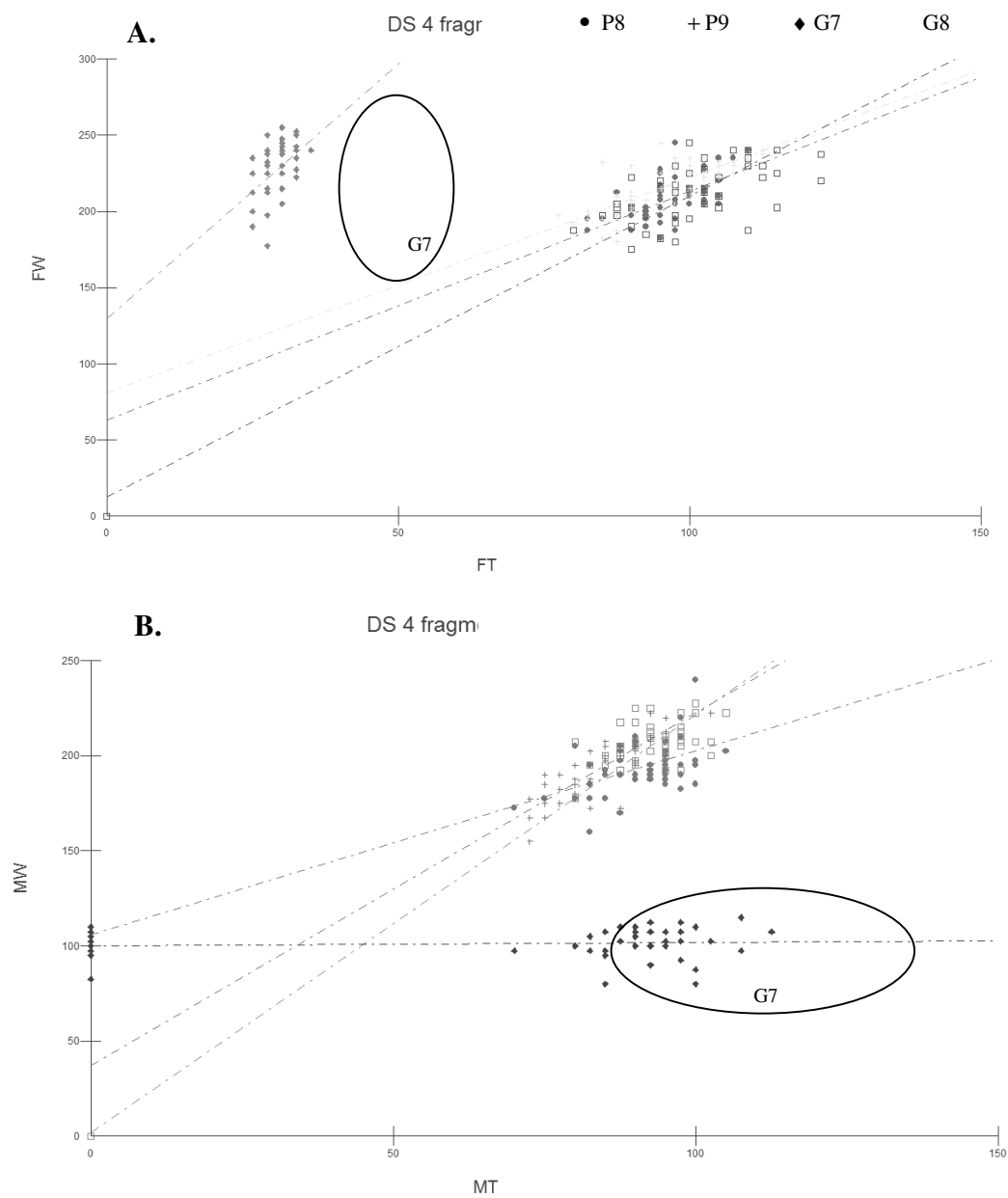


Figura 2A-B: Diagramas de dispersão da espécie *D. simulans*, em populações recém-coletadas de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de asa (W) e comprimento de tórax (T).

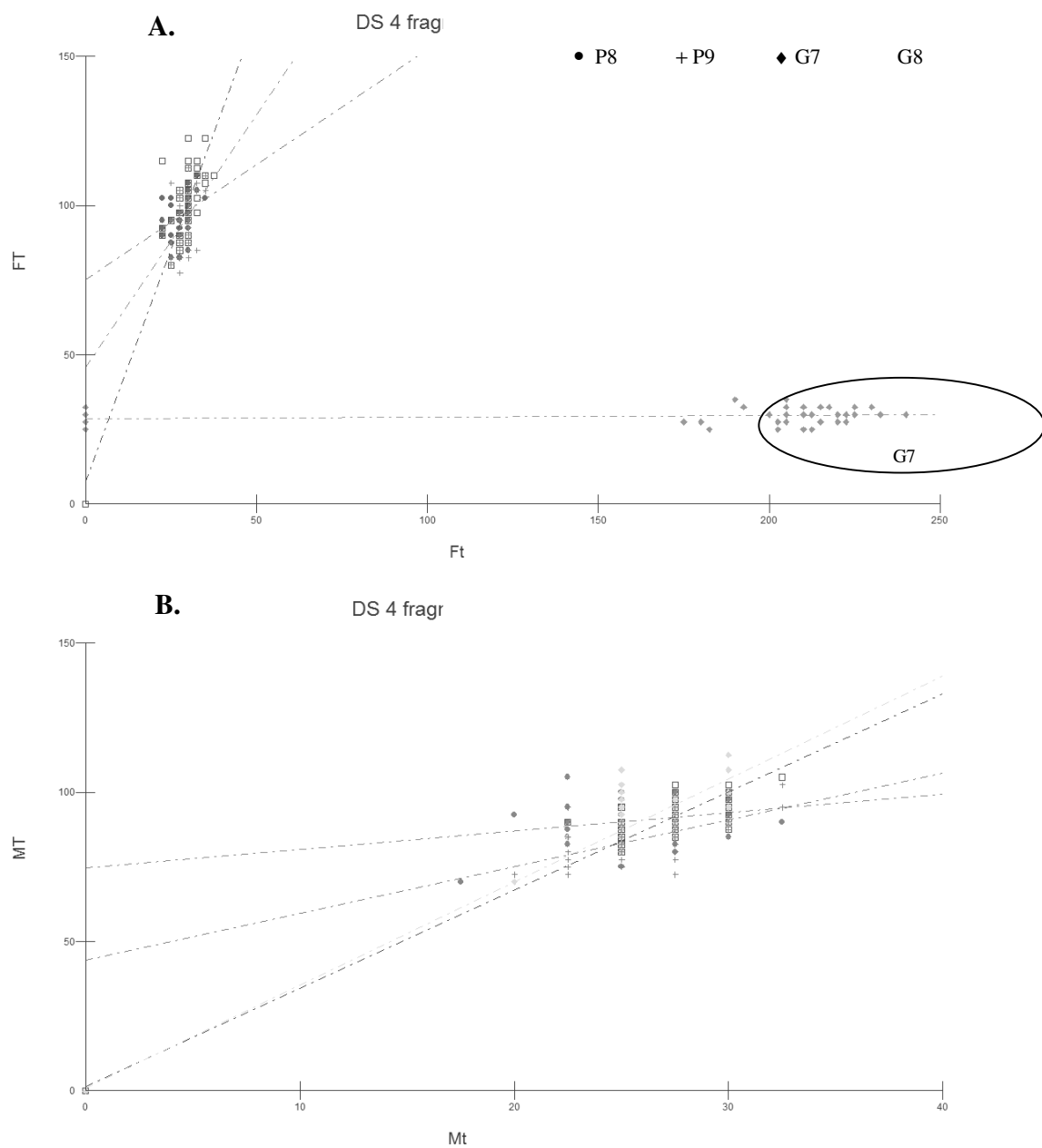


Figura 3A-B: Diagramas de dispersão da espécie *D. simulans*, em populações recém-coletadas de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de tórax (T) e largura de tórax (t).

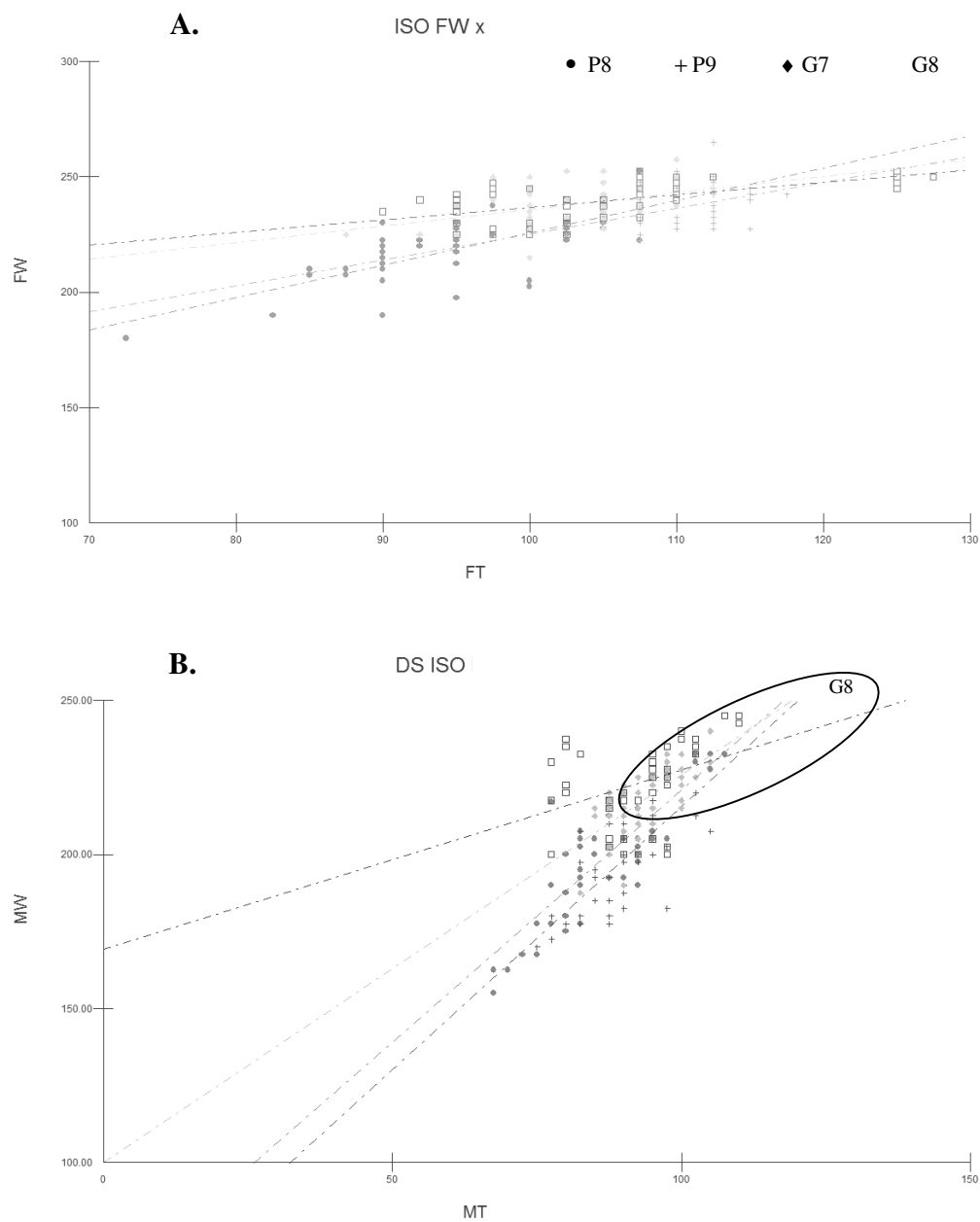


Figura 4A-B: Diagramas de dispersão da espécie *D. simulans*, em populações emergidas em laboratório de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de asa (W) e comprimento de tórax (T).

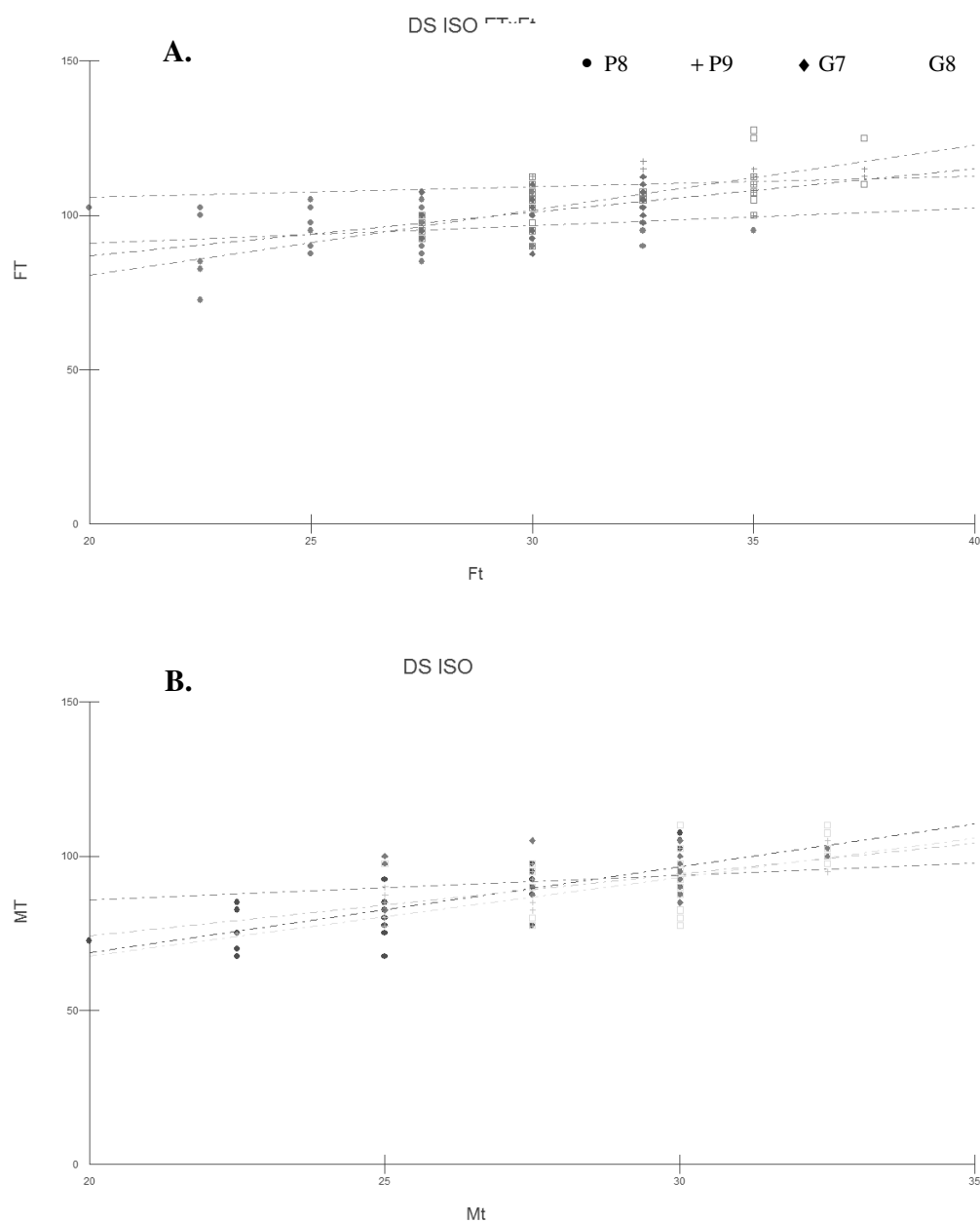


Figura 5A-B: Diagramas de dispersão da espécie *D. simulans*, em populações emergidas em laboratório de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de tórax (T) e largura de tórax (t).

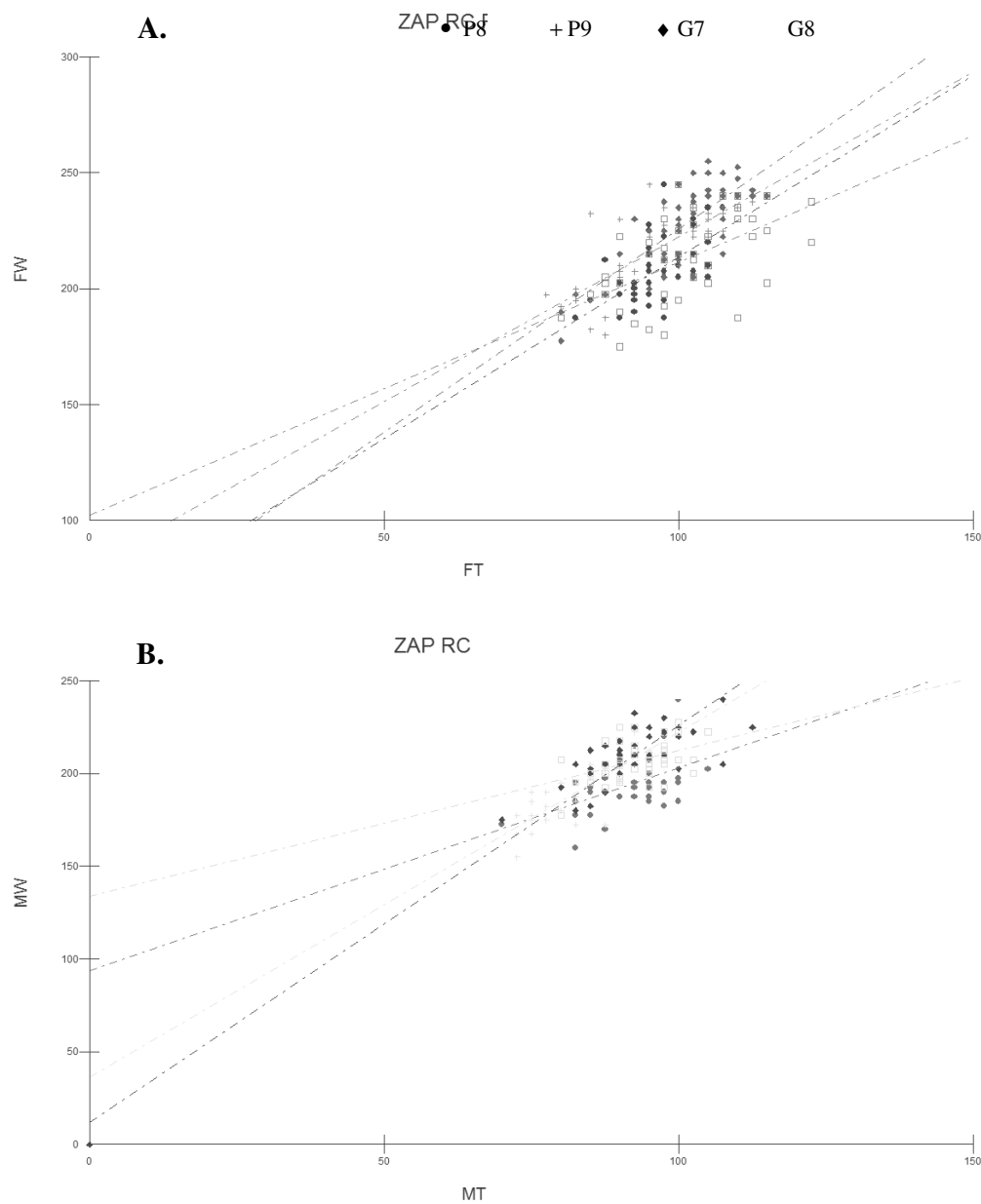


Figura 6A-B: Diagramas de dispersão da espécie *Z. indianus*, em populações recém-coletadas de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de asa (W) e comprimento de tórax (T).

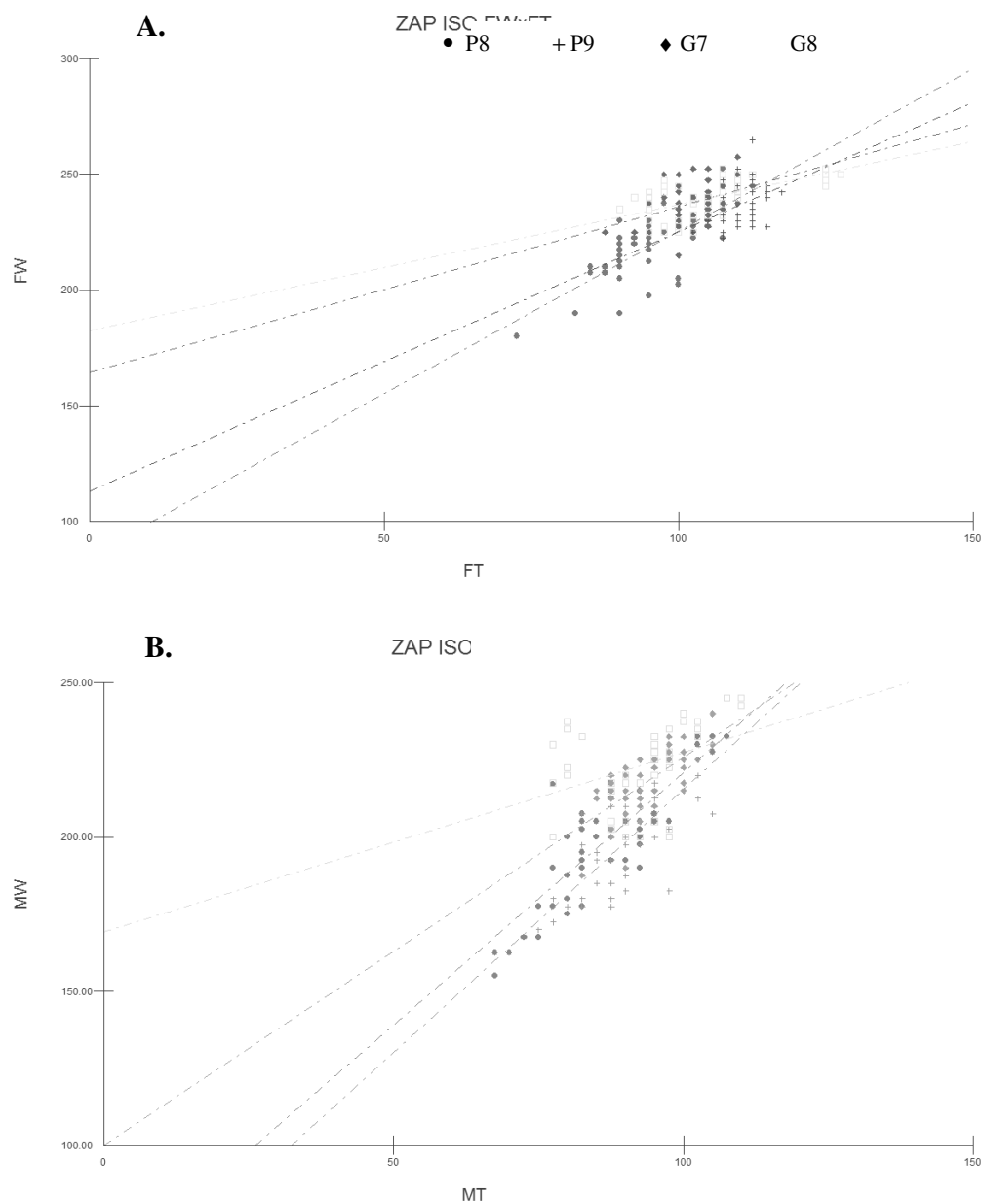


Figura 7A-B: Diagramas de dispersão da espécie *Z. indianus*, em populações recém-coletadas de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de tórax (T) e largura de tórax (t).

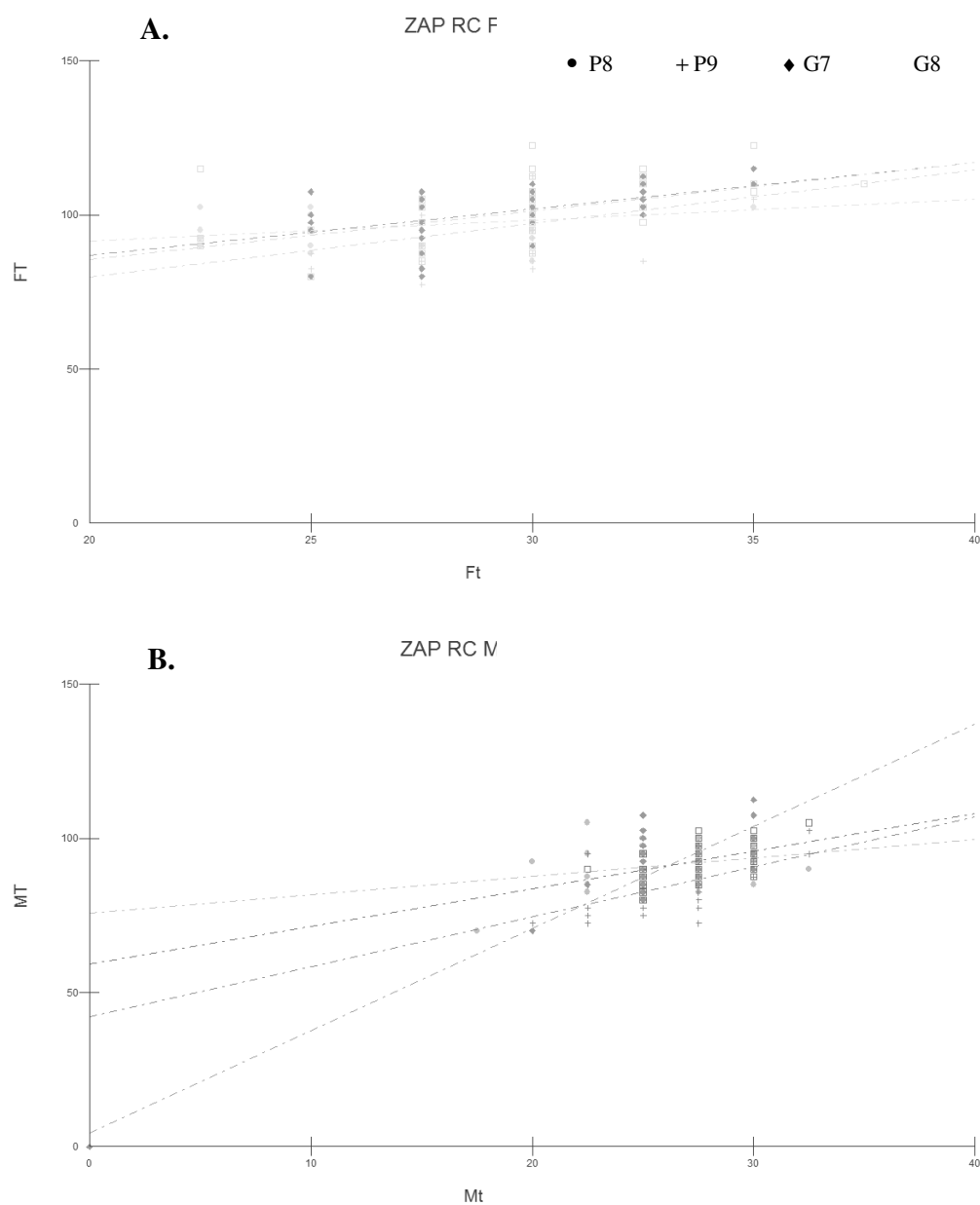


Figura 8A-B: Diagramas de dispersão da espécie *Z. indianus*, em populações emergidas em laboratório de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de asa (W) e comprimento de tórax (T).

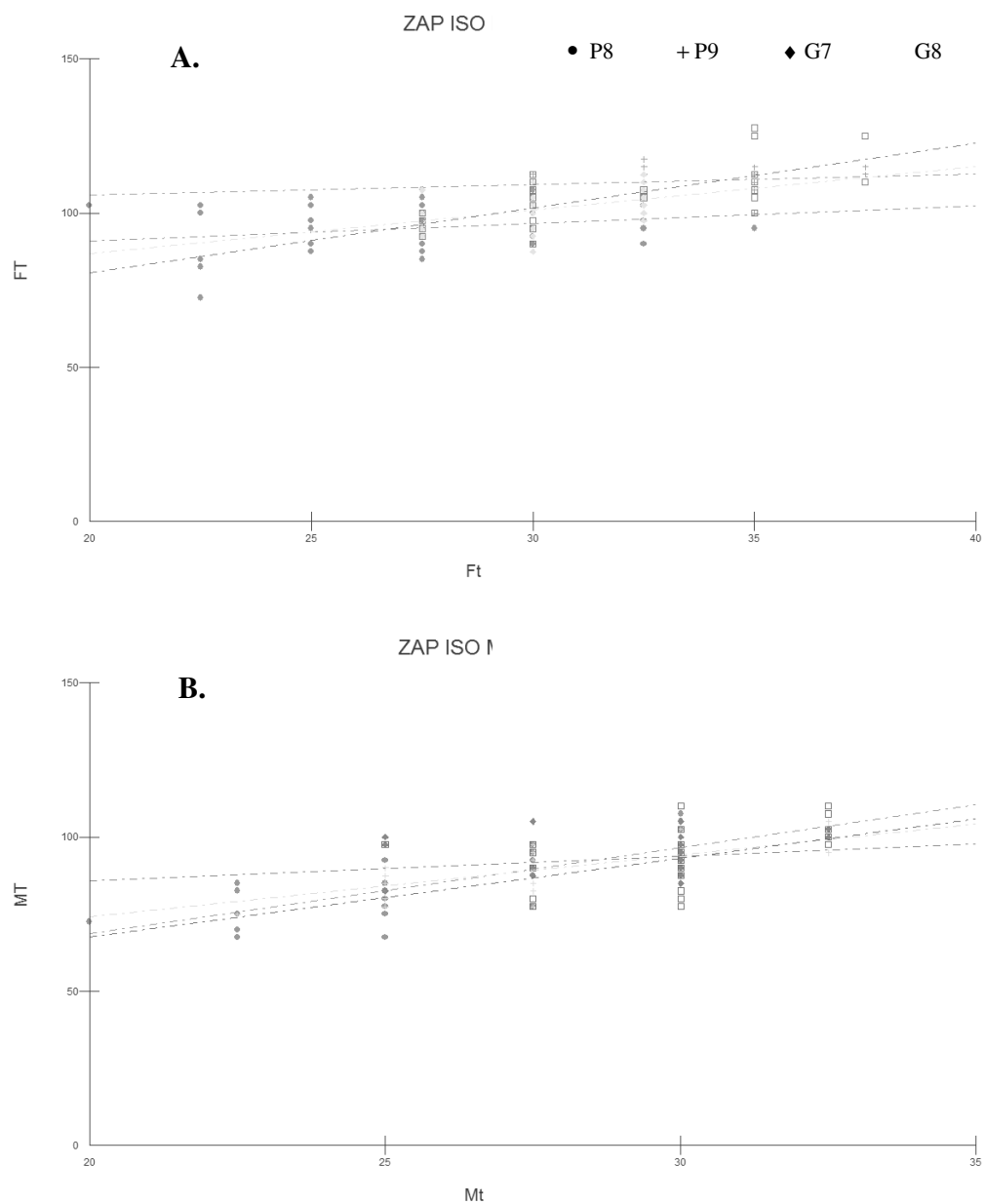


Figura 9A-B: Diagramas de dispersão da espécie *Z. indianus*, em populações emergidas em laboratório de fêmeas (F) e de machos (M), relacionando os traços de comprimento de tórax (T) e largura de tórax (t).

Referências

- AMARAL, O. **Biodiversidade e sazonalidade de drosofilídeos na estação ecológica de Paulo de Faria/SP**. 2004. 119 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.
- ASHBURNER, M. et al. ***Drosophila: a laboratory handbook***. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York, 2005.
- BALANYA, J.; OLLER, J. M.; HUEY, R. B.; GILCHRIST, G. W.; SERRA, L. Global genetic change tracks global climate warming in *Drosophila subobscura*. **Science**, v. 313, n. 5794, p. 1773-1775, 2006.
- BERGLAND, A. O.; GENISSEL, A. et al. Quantitative trait loci affecting phenotypic plasticity and the allometric relationship of ovariole number and thorax length in *Drosophila melanogaster*. **Genetics**, v. 180, p. 567-582, 2008.
- BITNER-MATHÉ, B. C.; KLACZKO, L. B. Variation and heritability of arisal morphology in a natural population of *Drosophila mediopunctata*. **Hereditas**, v. 128, p. 67-71, 1998.
- BITNER-MATHÉ, B. C.; PEIXOTO, A. A.; KLACZKO, L. B. Morphological variation in a natural population of *Drosophila mediopunctata*: altitudinal cline, temporal changes and influence of chromosome inversions. **Heredity**, v. 75, p. 54-61, 1995.
- BUBLIY, O. A.; LOESCHCKE, V. Variation of life-history and morphometrical traits in *Drosophila buzzatii* and *Drosophila simulans* collected along an altitudinal gradient from a Canary island. **Biol. J. Lin. Soc.**, v. 84, p. 119-136, 2005.
- CASTRO, F. L.; VALENTE, V. L. S. *Zaprionus indianus* is invading Drosophilid communities in the southern Brazilian city of Porto Alegre. **Dros. Inf. Serv.**, v. 84, p. 15-16, 2001.

- CAPY, P.; PLA, E.; DAVID, J. R. Phenotypic and genetic variability of morphometrical traits in natural populations of *Drosophila melanogaster* and *Drosophila Simulans*. II. Within-population variability. **Genet Sel. Evol.**, v. 26, p. 15-28, 1994.
- CHAKIR, M.; MORETEAU, B. et al. Phenotypic variability of wild living and laboratory grown *Drosophila*: consequences of nutritional and thermal heterogeneity in growth conditions. **Journal of Thermal Biology**, v. 32, p. 1 – 11, 2007.
- CHASSAGNARD, M. T.; TSACAS, L. Le sous-genre *Zaprionus* s. str. Définition de groupes d'espèces et révision du sousgoup *vittiger* (Diptera: Drosophilidae). **Annales Société Entomologique de France**, v. 29, p. 173-194, 1993.
- COYNE, J. A.; BEECHAM, E. Heritability of two morphological characters within and among natural populations of *Drosophila melanogaster*. **Genetics**, v. 117, p. 727-737, 1987.
- DAVID, J. R.; CAPY, P. Genetic variation of *Drosophila melanogaster* natural populations. **Trends in Genetics**, v. 4, p. 106-11, 1988.
- DAVID, J. R.; COHET, Y. et al. Phenotypic variability of wild collected *Drosophila*: an approach toward understanding selective pressures in natural populations. **Egypt. J. Genet. Cytol.**, v. 9, p. 51-66, 1988.
- DAVID, J. R. et al. Genetic variability of sexual size dimorphism in a natural population of *Drosophila melanogaster*: an isofemale line approach. **Journal of Genetics**, v. 82, p. 79-88, 2003.
- DAVID, J. R.; GIBERT, P. et al. Isofemale lines in *Drosophila*: an empirical approach to quantitative trait analysis in natural populations. **Heredity**, v. 94, p. 3-12, 2005.
- DAVID, J. R.; ARARIPE, L. O. et al. Sexual dimorphism of body size and sternopleural bristle number: a comparison of geographic populations of an invasive cosmopolitan drosophilid. **Genetica**, v. 128, p. 109-122, 2006.

- FERREIRA, L. B.; TIDON, R. Colonizing potential of Drosophilidae (Insecta, Diptera) in environments with different grades of urbanization. **Biodiversity and Conservation**, v. 14, p. 1809-1821, 2005.
- FOOTE, D.; CARSON, H. L. *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> 2004.
- GIBERT, P.; MORETEAU, B. et al. Genetic variability in quantitative traits in *Drosophila melanogaster* (fruit fly) natural populations: analysis of wild-living flies and of several laboratory generations. **Heredity**, v. 80, p. 326-335, 1998.
- GIBERT, P.; CAPY, P. et al. Comparative analysis of morphological traits among *Drosophila melanogaster* and *D. simulans*: genetic variability, clines and phenotypic plasticity. **Genetica**, v. 120, p. 165-179, 2000.
- HOFFMANN, A. A.; RATNA, E. et al. Antagonistic selection between adult thorax and wing size in field released *Drosophila melanogaster* independent of termal conditions. **J. Evol. Biol.**, v. 20, p. 2219-2227, 2007.
- HOCHMÜLER, C. J. C. et al. The drosophilid fauna (dipteral, drosophilidae) of the transition between the Pampa and the Atlantic Forest biomes in the state of Rio Grande do Sul, southern Brazil: first records. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 50, n. 19, p. 285-295, 2010.
- IMASHEVA, A. G.; BUBLI, O. A.; LAZEBNY, O. E. Variation in wing length in Eurasian natural populations of *Drosophila melanogaster*. **Heredity**, v. 72, p. 508-514, 1994.
- IMASHEVA, A. G.; BOSENKO, D. V.; BUBLI, O. A. Variation in morphological traits of *Drosophila melanogaster* (fruit fly) under nutritional stress. **Heredity**, v. 82, p. 187-192, 1999.

- JENKINS, N. L.; HOFFMANN, A. A. Variation in morphological traits and trait asymmetry in field *Drosophila serrata* from marginal populations. **J. Evolut. Biol.**, v. 13, p. 113-130, 2000.
- KARI, J. S.; HUEY, R. B. Size and seasonal temperature in free-ranging *Drosophila subobscura*. **Journal of Thermal Biology**, v. 25, p. 267-272, 2000.
- MATA, R. A.; MC GEOCH, M.; TIDON, R. Drosophilid assemblages as a bioindicator system of human disturbance in the Brazilian Savanna. **Biodivers. Conserv.**, v. 17, p. 2899-2916, 2008.
- MATEUS, R. P.; BUSCHINI, M. L.; SENE, F. M. The *Drosophila* community in xerophytic vegetations of the repper Paraná-Paraguay river basin. **Braz. J. Biol.**, v. 66, n. 2B, p. 719-729, 2006.
- MEDEIROS, H. F. 2000. Assembléia de espécies de *Drosophila* (Díptera; Drosophilidae) e efeitos de curso d'água sobre suas distribuições em duas Matas de São Paulo. 177 f. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- MORETEAU, B.; CAPY, P. et al. Genetic characterization of geographic populations using morphometrical traits in *Drosophila melanogaster*: isogroups versus isofemales lines. **Genetica**, v. 96, p. 207-215, 1995.
- NOLL, F. B., et al. Características da região noroeste do estado de São Paulo e dos fragmentos florestais remanescentes estudados. In. NECCHI, O. J. (Ed) **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**. Holos Editora, 2012. P. 181-196.
- ORENGO, D. J.; PREVOSTI, A. Wing shape heritability in a natural population of *Drosophila subobscura*. **Heredity**, v. 82, p. 100-106, 1999.
- PARSONS, P. A. Biodiversity conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 1, n. 3, p. 77-83, 1991.

- PENARIOL, L. 2007. **Assembléia de drosofilídeos na borda e no interior de um fragmento de floresta estacional no noroeste do Estado de São Paulo**. 91 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2007.
- PENARIOL, L.; BICUDO, H.E.M.C.; MADI-RAVAZZI, L. On the use of open or closed traps in the capture of drosophilids. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n2/pt/abstract?article+bn00408022008>. 2008.
- PERONDINI, A. L. P.; SENE, F. M.; MORI, L. The pattern and polymorphism of some *Drosophila simulans* esterases in Brazil. **Egypt. J. Genet. Cytol.**, v. 8, p. 263-268, 1979.
- PROUT, T.; BARKER, J. S. F. Ecological aspects of the heritability of body size in *Drosophila buzzatii*. **Genetics**, v. 123, p. 803-813, 1989.
- RISKA, B. et al. Laboratory estimates of heritability of body size in *Drosophila buzzatii*. **Genetics**, v. 123, p. 803-813, 1989.
- RAMBALDI, D. M., OLIVEIRA, D. A. S. 2003. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeito sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. MMA, Brasília.
- ROFF, D. A.; MOUSSEAU, T. A. Quantitative genetics and fitness: lessons from *Drosophila*. **Heredity**, v. 58, p. 103-118, 1987.
- SAAVEDRA, C. C. R.; CALLEGARI-JACQUES, S. M.; NAPP M.; VALENTE, V. L. S. A descriptive and analytical study of four neotropical drosophilids communities. **Zool. System. Evol. Research J.**, v. 33, p. 62-74, 1995.
- SENE, F. M.; VAL, F. C.; VILELA, C. R.; PEREIRA, M. A. Q. R. Preliminary data on the geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, n. 22, p. 315-326, 1980.

- SILVA, N. M.; FANTINEL, C. C.; VALENTE, V. L. S.; VALIATI, V. H. Population dynamics of the invasive species *Zaprionus indianus* (Gupta) (Diptera, Drosophilidae) in communities of drosophilids of Porto Alegre city, Southern of Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 363-374, 2005.
- SMA/IF (Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal). 2005. Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo.
- TANTAWY, A. O. Studies on natural populations of *Drosophila*. III. Morphological and genetic differences of wing length in *Drosophila melanogaster* and *D. simulans* in relation to season. **Evolution**, v. 18, p. 560-570, 1965.
- TIDON-SKLORZ, R.; SENE, F. M. Vertical and temporal distribution of *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae) species in a wooded area in the state of São Paulo, Brazil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 52, p. 311-317, 1992.
- TIDON, R.; LEITE, D. F.; LEAO, B. F. D. Impact of the colonisation of *Zaprionus* (Diptera, Drosophilidae) in different ecosystems of the neotropical region: 2 years after the invasion. **Biological Conservation**, v. 112, p. 299-305, 2003.
- TIDON, R. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 87, p. 233-247, 2006.
- TIDON, R.; CHAVES, N. B. Biogeographical aspects of drosophilids (Diptera, Drosophilidae) of the Brazilian savanna. **Rev. Brasil. Entomol.**, v. 52, p. 340-348, 2008.
- TONI, D. C.; HOFMANN, P. R. P.; VALENTE, V. L. S. First register of *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae) in the state of Santa Catarina. **Biotemas**, v. 14, p. 71-85, 2001.

- TORRES, F. R.; MADI-RAVAZZI, L. Seasonal variation in natural populations of *Drosophila* spp (Diptera) in two woodlond in the state of São Paulo, Brazil. **Iheringia, Sér. Zool.**, v. 96, n. 4, p. 437-444, 2006.
- VILELA, C. R. Is *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 (Diptera, Drosophilidae) currently colonizing the Neotropical region? **Drosophila Information Service**, v. 82, p. 37-39, 1999.
- VILELA, C. R.; TEIXEIRA, E. P.; STEIN, C. P. Mosca-africana-do-figo, *Zaprionus indianus* (Diptera, Drosophilidae). In VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Orgs). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2001. p. 48-52.
- WOODS, R. E.; HERCUS, M. J.; HOFFMANN, A. A. Estimating the heritability of fluctuation asymmetry in field *Drosophila*. **Evolution**, v. 52, p. 816-824, 1998.
- YASSIN, A.; ABOU-YOUSSEF, A. Y. et al. Developmental stress in wild-living drosophilids inferred from biometry: metric and meristic traits react differently to heterogeneous environmental condition. **Ecological entomology**, v. 32, p. 698-706, 2007.
- YASSIN, A.; DAVID, J. R.; BITNER-MATHÉ, B. C. Phenotypic variability of natural populations of an invasive drosophilid, *Zaprionus indianus*, on different continents: comparison of wild-living and laboratory-grown flies. **C. R. Biologies**, v. 332, p. 898-908, 2009.
- YASSIN, A. et al. Realized evolvability: quantifying phenotypic evolution in a *Drosophila* clade. **J. Zool. Syst. Evol. Res.**, v. 49, n. 1, p. 32-43, 2010.

III Conclusões Gerais

1. As assembleias de drosofilídeos diferem, principalmente, em relação à abundância das espécies, entre fragmentos de floresta estacional semidecidual de diferentes tamanhos;
2. Para o fragmento de maior extensão (Matão) foi detectado que os efeitos de borda atingem a comunidade de drosofilídeos até 60 metros em direção ao interior;
3. Foi detectada uma associação das espécies com a posição no fragmento (borda ou interior) e não com o tamanho das áreas. Esse achado alerta para a valorização dos fragmentos pequenos, como abrigo de diversidade de espécies
4. As espécies exóticas, principalmente *Z. indianus* e *D. simulans* foram associadas em maior abundância com a borda e as espécies nativas, em maior número *D. willistoni*, com o interior dos fragmentos
5. Para *D. simulans* os valores médios dos traços morfométricos foram maiores para as fêmeas e para as populações de laboratório;
6. Para *D. simulans* ocorreu relação positiva entre o tamanho dos fragmentos e as maiores médias dos traços. Já para *Z. indianus*, outros fatores, como a composição vegetal foi mais importante;
7. *Z. indianus* apresentou valores de CV total menores do que *D. simulans*, principalmente para as populações de laboratório. Esse achado pode indicar a maior eficiência de *Z. indianus* em explorar os recursos ambientais;
8. O coeficiente de relação, em geral, foi maior para as populações recém-coletadas do que para as moscas de laboratório. Entretanto, não foi observado um padrão entre os valores obtidos para cada fragmento.

IV APÊNDICE

APÊNDICE 1

Tabela 1: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8) e condição (RC: recém-coleta e LAB: isolinhagens de laboratório) em relação aos valores médios de comprimento da asa (W) para a espécie *D.simulans*.

W	P8RC	P8LAB	P9RC	P9LAB	G7RC	G7LAB	G8RC	G8LAB
Fragmento x	200,78	208,95	204,53	218,07	220,82	227,50	209,68	231,33
Condição								
P8RC		X			X		X	
P8LAB				X		X		X
P9RC				X	X			
P9LAB						X		X
G7RC						X	X	
G7LAB								
G8RC								X

APÊNDICE 2

Tabela 2: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento e sexo (FE: fêmeas e MA: machos) em relação aos valores médios de comprimento da asa (W) para a espécie *D.simulans*.

W								
Fragmento x	P8FE	P8MA	P9FE	P9MA	G7FE	G7MA	G8FE	G8MA
Sexo	213,63	196,10	225,92	196,67	233,08	214,49	226,16	215,97
P8FE		X	X		X		X	
P8MA						X		X
P9FE				X	X			
P9MA						X		X
G7FE						X	X	
G7MA								
G8FE								

Tabela 3: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8), condição (RC e LAB) e sexo (FE e MA) em relação aos valores médios de comprimento do tórax (T) para a espécie *D.simulans*.

T	P8RC FE	P8RC MA	P8LAB FE	P8LAB MA	P9RC FE	P9RC MA	P9LAB FE	P9LAB MA	G7RC FE	G7RC MA	G7LAB FE	G7LAB MA	G8RC FE	G8RC MA	G8LAB FE	G8LAB MA
Fragmento x Condição x Sexo	96,55	90,55	95,40	86,45	94,95	84,40	110,25	90,70	101,45	92,63	102,30	93,30	100,59	93,06	104,70	92,90
P8RCFE	X															
P8RCMA	X															
P8LABFE	X															
P8LABMA	X															
P9RCFE	X															
P9RCMA	X															
P9LABFE	X															
P9LABMA	X															
G7RCFE	X															
G7RCMA	X															
G7LABFE	X															
G7LABMA	X															
G8RCFE	X															
G8RCMA	X															

Fragmento x Condição x Sexo

[illegible]

APÊNDICE 5

Tabela 5: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8) e condição (RC e LAB) para os valores médios da relação entre comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) para a espécie *D.simulans*.

W / T	P8RC	P8LAB	P9RC	P9LAB	G7RC	G7LAB	G8RC	G8LAB
Fragmento x Condição	2,15	2,30	2,29	2,17	2,27	2,33	2,17	2,36
P8RC		X	X		X			
P8LAB				X				
P9RC				X			X	
P9LAB						X		X
G7RC						X	X	
G7LAB								
G8RC								X

APÊNDICE 6

Tabela 6: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8) e sexo (FE e MA) para os valores médios da relação entre comprimento da asa e comprimento do tórax (W / T) para a espécie *D.simulans*.

W / T	P8FE	P8MA	PAFE	P9MA	G7FE	G7MA	G8FE	G8MA
Fragmento x Sexo	2,23	2,22	2,21	2,25	2,29	2,31	2,21	2,34
P8FE								
P8MA						X		X
P9FE					X			
P9MA								X
G7FE							X	
G7MA								
G8FE								X

APÊNDICE 7

Tabela 7: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento P8, P9, G7 e G8) e condição (RC e LAB) para os valores médios da relação entre o comprimento e a largura do tórax (T / t) para a espécie *D.simulans*.

T / t	P8RC	P8LAB	P9RC	P9LAB	G7RC	G7LAB	G8RC	G8LAB
Fragmento x Condição	1,77	1,69	1,64	1,63	1,74	1,62	1,70	1,61
P8RC		X		X			X	
P8LAB						X		X
P9RC					X			
P9LAB								
G7RC						X		
G7LAB								
G8RC								X

APÊNDICE 8

Tabela 8: Interação resultante do teste de Tukey entre os fatores condição (RC e LAB) e sexo (FE e MA) para os valores médios da relação entre os traços comprimento e largura do tórax (T / t) para a espécie *D.simulans*.

T / t	RCFE	RCMA	LABFE	LABMA
Condição x Sexo	1,71	1,71	1,68	1,60
RCFE				
RCMA				X
LABFE				X

APÊNDICE 9

Tabela 9: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8) e condição (RC e LAB) em relação aos valores médios do número total de cerdas esternopleurais (STP) para a espécie *D.simulans*.

STP	P8RC	P8LAB	P9RC	P9LAB	G7RC	G7LAB	G8RC	G8LAB
Fragmento x Condição	18,56	18,31	18,48	20,35	19,10	20,14	18,82	20,14
P8RC								
P8LAB			X	X		X		X
P9RC				X				X
P9LAB								
G7RC						X		
G7LAB								
G8RC								X

APÊNDICE 10

Tabela 10: Interações resultantes do teste de Tukey entre os fatores fragmento (P8, P9, G7 e G8) e sexo (FE e MA) em relação aos valores médios do número total de cerdas esternopleurais (STP) para a espécie *D.simulans*.

STP	P8FE	P8MA	P9FE	P9MA	G7FE	G7MA	G8FE	G8MA
Fragmento x Sexo	18,69	18,18	20,38	18,45	20,01	19,25	19,83	19,19
P8FE			X		X		X	
P8MA						X		X
P9FE				X				
P9MA						X		X
G7FE						X		
G7MA								
G8FE								

APÊNDICE 14

Tabela 14: Resultados do teste de Tukey para a relação entre as medidas de comprimento da asa e de comprimento de tórax (W / T) para a espécie *Z. indianus*.

Fragmento x Condição x Sexo W / T	P8RC FE 2,03	P8RC MA 2,05	P8LAB FE 1,92	P8LAB MA 1,99	P9RC FE 2,05	P9RC MA 2,13	P9LAB FE 2,10	P9LAB MA 2,14	G7RC FE 2,07	G7RC MA 2,07	G7LAB FE 2,07	G7LAB MA 2,06	G8RC FE 2,22	G8RC MA 2,12	G8LAB FE 2,07	G8LAB MA 2,18
P8RCFE		ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
P8RCMA	ns		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
P8LABFE	*	*		ns	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
P8LABMA	ns	ns	ns		ns	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*
P9RCFE	ns	ns	*	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
P9RCMA	ns	ns	*	*	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P9LABFE	ns	ns	*	*	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
P9LABMA	*	ns	*	*	ns	ns	ns		*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
G7RCFE	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*		ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
G7RCMA	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	*
G7LABFE	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns		ns	ns	ns	ns	*
G7LABMA	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns		*	ns	ns	*
G8RCFE	*	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*		ns	ns	ns
G8RCMA	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns
G8LABFE	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		*
G8LABMA	*	*	*	*	*	ns	*	ns	*	*	*	*	ns	ns	*	

APÊNDICE 15

Tabela 15: Resultados do teste de Tukey para a relação entre as medidas de comprimento e de largura de tórax (T / t) para a espécie *Z. indianus*.

Fragmento x Condição x Sexo T / t	P8RC FE 2,03	P8RC MA 2,05	P8LAB FE 1,92	P8LAB MA 1,99	P9RC FE 2,05	P9RC MA 2,13	P9LAB FE 2,10	P9LAB MA 2,14	G7RC FE 2,07	G7RC MA 2,07	G7LAB FE 2,07	G7LAB MA 2,06	G8RC FE 2,22	G8RC MA 2,12	G8LAB FE 2,07	G8LAB MA 2,18
P8RCFE		ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns
P8RCMA	ns		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
P8LABFE	*	*		ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*	*	ns	*
P8LABMA	*	ns	ns		ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*
P9RCFE	ns	ns	ns	ns		ns	*	*	*	ns	*	ns	*	*	ns	*
P9RCMA	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
P9LABFE	ns	ns	*	*	*	ns		ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns
P9LABMA	ns	ns	*	*	*	ns	ns		ns	ns	ns	ns	*	*	*	ns
G7RCFE	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns		ns	ns	ns	*	*	*	ns
G7RCMA	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns		ns	ns	*	*	*	ns
G7LABFE	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns		ns	*	*	*	ns
G7LABMA	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		*	*	*	ns
G8RCFE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		ns	*	*
G8RCMA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	ns		*	*
G8LABFE	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	*		*
G8LABMA	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*	

APÊNDICE 16

Tabela 16 Resultados do teste de Tukey para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP) entre os fragmentos amostrados para a espécie *Z. indianus*.

Fragmentos	P8	P9	G7	G8
STP	19,81	17,95	18,32	19,25
P8		*	*	ns
P9	*		ns	*
G7	*	ns		*
G8	ns	*	*	

Tabela 17: Resultados do teste de Tukey para o traço merístico número total de cerdas esternopleurais (STP) para o fator condição moscas recém-coletadas (RC) e isolinhagens de laboratório (LAB) para a espécie *Z. indianus*.

Condição	RC	LAB
STP	18,32	18,91
RC		*
LAB	*	