



Pós-Graduação  
**ZOOLOGIA**  
MPEG/UFPA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA**  
**CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA**

**EFEITO DA TOPOGRAFIA E ESTRATOS DA FLORESTA SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE DROSOPHILIDAE (DIPTERA).**

**Rosângela Barreto Amador**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia, Curso de Mestrado, Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra. Marlúcia Bonifácio Martins

**BELÉM – PARÁ**

**2011**

**ROSÂNGELA BARRETO AMADOR**

**EFEITO DA TOPOGRAFIA E ESTRATOS DA FLORESTA SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE DROSOPHILIDAE (DIPTERA).**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zoologia, Curso de Mestrado, Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Zoologia.

Orientadora: Dra. Marlúcia Bonifácio Martins

**BELÉM – PARÁ**

**2011**

**ROSÂNGELA BARRETO AMADOR**

**EFEITO DA TOPOGRAFIA E ESTRATOS DA FLORESTA SOBRE A  
DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE DROSOPHILIDAE (DIPTERA).**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no curso de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, pela comissão formada pelos professores:

**Orientadora:**

Prof. Dra. Marlúcia Bonifácio Martins

Museu Paraense Emílio Goeldi - Coordenação de Zoologia

Banca Examinadora:

**Dr. Paulo de Marco Junior**- Titular

Universidade Federal de Goiás- Departamento de Biologia Geral

**Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag** - Titular

Universidade Federal do Pará- Instituto de Ciências Biológicas

**Dr. José Henrique Cattanio** - Titular

Universidade Federal do Pará- Faculdade de Meteorologia

**Dra. Rosana Tidon** - Titular

Universidade de Brasília- - Instituto de Ciências Biológicas

**Dr. Marco Silva Gottschalk** - Titular

Universidade Federal do Rio Grande- Instituto de Ciências Biológicas.

**BELÉM-PA**

**2011**

**DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho ao meu avô **Antonio Barreto**, que se foi e nos deixou. Muito obrigado pelos ensinamentos durante sua vida terrena, que Deus possa lhe recompensar, sempre lhe amarei.

## AGRADECIMENTOS

À minha Orientadora, Dra. Marlúcia Bonifácio Martins, pela convivência sempre agradável, confiança, dedicação e incansável orientação que precedem a realização desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi;

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação em Zoologia UFPA/MPEG;

Ào CNPQ pela concessão da bolsa de estudo durante todo o curso;

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio) pelo apoio financeiro e logístico concedido para realização das coletas através do Projeto CENÁRIOS: Uso da terra, Biodiversidade e Clima.

Ao Projeto Universal-CNPq (Processo – 472112/2007-4) pelo financiamento dos aparelhos de medição de temperatura e umidade relativa do ar utilizados.

À Moises Mourão Jr., pesquisador da EMPRAPA Amazônia Oriental, Pela ajuda em parte das Análises estatísticas.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Invertebrados, minha segunda família: Catarina, Isabela, Ana Luiza, Felipe, Milena, Adriene, Hermes, Juliana, Rosângela Santa Brígida, Alesandra Lopes, Dona Luza, Pena, Natinho pela amizade e incentivo principalmente nos momentos de mais dificuldades. Um agradecimento especial à Ivaneide, pela fundamental ajuda nas coletas de campo sem a qual esse trabalho não poderia ser concluído.

Aos amigos de minha turma do mestrado;

Aos meus pais (Rosaria e Antonio) pelo incentivo aos estudos e dedicação. Na incansável ajuda com meus filhos.

À minha irmã, mais que especial, Mica que por muitas tardes assumiu a responsabilidade de cuidar dos meus filhos para que eu pudesse escrever a dissertação;

À minha avó, querida Lulu. Pelas orações e palavras de incentivo!

À José Guimarães, meu parceiro e companheiro de todas as horas, qualquer agradecimento ainda é pouco, mas mesmo assim meu muito Obrigado!

Aos meus filhos. Tudo é por eles! Pedro Paulo e Maria Luiza, minha vida com vocês tem mais sentido, tem mais amor. Minha vida por vocês!

Aos meus sogros (D. Josélia e seu Chico) por sempre me receberem de braços abertos e me incentivarem em todos os momentos.

Ao Luis e Néia, meus cunhados, meu muito obrigado!

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERENCIAS.....	8
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>12</b>
Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Zoologia.....	13
ABSTRACT.....	14
RESUMO.....	15
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
Área de estudo.....	18
Coleta de dados.....	19
Análise dos dados.....	21
RESULTADOS.....	22
Descrição geral e padrão de abundância da comunidade.....	22
Riqueza de espécies nos estratos da vegetação e perfis topográficos.....	25
DISCUSSÃO.....	35
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>45</b>
Artigo a ser submetido à Revista Ecological Entomology.....	46
ABSTRACT.....	47

RESUMO.....	47
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	53
Área de estudo.....	53
Coleta de dados.....	53
Análise dos dados.....	55
RESULTADOS.....	56
Descrição geral da Comunidade.....	56
Comparação da abundância entre os estratos da vegetação e perfis topográficos.....	58
Riqueza de espécies nos estratos da vegetação e perfis topográficos.....	58
Comparação entre as variáveis ambientais nas diferentes frações do ambiente.....	60
Efeito das variáveis ambientais sobre a distribuição das espécies entre as frações do hábitat .....	66
DISCUSSÃO.....	68
CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	71

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1. Localização da área de estudo na Floresta Nacional de Caxiuanã, municípios de Melgaço/Portel (PA).....	19
Figura 2. Valores de cotas topográficas nos transectos da área de estudo na FLONA de Caxiuanã. a) Trilha A; b) Trilha G. As setas representam os pontos de amostragem em cada trilha.....	20
Figura 3. Abundância de indivíduos da Família Drosophilidae na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço/Portel (PA). a) ranking de abundância para os perfis topográficos; b) ranking de abundância para os estratos verticais da vegetação.....	23
Figura 4. Riqueza total das espécies da Família Drosophilidae estimada pelo Jackknife no sítio de amostragem na FLONA de Caxiuanã-PA. ....	25
Figura 5. Curvas de acumulação de espécies pelo estimador Jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã. a) Estrato inferior b) Estrato superior .....	26
Figura 6. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã-PA.....	27
Figura 7. Curvas de acumulação de espécies pelo estimador Jackknife de primeira ordem para os perfis topográficos na FLONA de Caxiuanã-PA a) baixio; b) intermediário e c) platô.....	28
Figura 8. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos perfis topográficos na FLONA Caxiuanã-PA. ....	29

Figura 9. Abundância das onze espécies de <i>Drosophila</i> , analisadas nos estratos da vegetação na FLONA de Caxiuanã (PA).....	31
Figura 10. Abundância das onze espécies <i>Drosophila</i> analisadas para os perfis topográficos no sítio de amostragem do PPBio- Caxiuanã-PA. ....	32
Figura 11. Ordenação das espécies entre as frações de habitat amostradas (perfis de topografia e estratos da vegetação) através do escalonamento multidimensional não – métrico.....	33
Figura 12. Cluster hierárquico dos ambientes amostrados nos dois períodos de coleta na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).....	34
Figura 13. Cluster hierárquico para o agrupamento das espécies na Floresta Nacional de caxiuanã (PA).....	35
<b>CAPÍTULO 2</b>	
Figura 1. Localização do sítio de amostragem do PPBio na Floresta Nacional de Caxiuanã, município de Melgaço/Portel-Pará.....	54
Figura 2. Abundância de drosofilídeos nos estratos da vegetação e perfis topográficos na FLONA Caxiuanã-PA; a) Estratos da vegetação e b) Perfis topográficos.....	58
Figura 3. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã-PA.....	59
Figura 4. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos perfis topográficos na FLONA Caxiuanã (PA) .....	60
Figura 5. Comparação dos valores de temperatura média entre os estratos da vegetação amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).....	61

Figura 6. Comparação dos valores de temperatura média entre os perfis topográficos amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).....	61
Figura 7. Comparação dos valores de umidade relativa do ar entre os estratos da vegetação amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).....	62
Figura 8. Comparação dos valores de umidade relativa do ar entre os perfis topográficos amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).....	63
Figura 9. Índice de densidade do sub-bosque e abertura de dossel nos diferentes perfis topográficos analisados a FLONA de Caxiuanã (PA). a) Densidade do sub-bosque e b) Abertura de dossel.....	65
Figura10. Precipitação pluviométrica nos dois períodos em que as coletas foram realizadas na FLONA de Caxiuanã (PA).....	66
Figura 11. Análise de co-inércia para relacionar as variáveis ambientais e a distribuição das espécies na FLONA de Caxiuanã.....	67

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO 1**

Tabela 1. Ajuste aos modelos de distribuição de abundância para o total de indivíduos das espécies capturadas na Floresta Nacional de Caxiuanã, nos perfis topográficos e nos estratos da vegetação. ( $k$ ,  $\alpha$  e  $\mu$  = parâmetros de distribuição;  $\chi^2$  = qui-quadrado;  $p^*$ = diferença não significativa) .....24

**CAPÍTULO 2**

Tabela 1. Abundância total de drosofilideos na Floresta Nacional de Caxiuanã Melgaço/Portel (PA).....57

Tabela 2. Valores médios das variáveis ambientais mensuradas n FLONA de Caxiuanã nos meses amostrados, perfis topográficos e estratos da vegetação (1= estrato inferior; 20= estrato superior); Ab. dossel= Abertura do dossel. ....64

## RESUMO

Um dos temas centrais em Ecologia é o estudo das comunidades biológicas, que podem ser definidas como um conjunto de espécies que interagem entre si e com o meio natural. As espécies vivem em uma complexa rede de interações que podem explicar o comportamento e a estrutura de uma comunidade natural no espaço e no tempo. A distribuição das espécies da família Drosophilidae associadas a frutos, foi testada para duas dimensões da floresta: estratos da vegetação e perfis topográficos, relacionando os dados de riqueza e abundância com as variações microclimáticas e dados de estrutura do hábitat (abertura de dossel, densidade do sub-bosque). As coletas foram realizadas em março e junho de 2010 no sítio do Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia (PPBio) na Floresta Nacional de Caxiuanã. A captura dos insetos foi realizada com a utilização de armadilhas com isca de banana fermentada em porções de 100g. Foram identificados 49.139 indivíduos da família Drosophilidae distribuídos em 29 espécies sendo duas delas não descritas, *Drosophila b09007* e *Drosophila ac10001*. As espécies foram seletivas na ocupação de ambientes, sendo que, nas análises por espécie, o componente vertical foi mais evidente que os perfis topográficos. As espécies do subgrupo *willistoni* (*Drosophila willistoni*, *Drosophila paulistorum* e *Drosophila equinoxialis*) ocuparam preferencialmente o estrato inferior da floresta, enquanto que as do grupo *saltans* o estrato superior a 20 m do solo; exceto *Drosophila subsaltans* capturada principalmente a 1m de altura. As espécies comuns no estrato inferior da floresta responderam negativamente a valores altos de precipitação, temperatura e abertura de dossel enquanto que as espécies mais comuns a 20 metros são menos sensíveis a esses fatores. A heterogeneidade ambiental influencia a distribuição das espécies e as condições abióticas da floresta contribuem efetivamente na estruturação dessas comunidades. Efeitos globais que atuam sobre a estrutura da floresta e a constituição do microclima podem alterar drasticamente a distribuição e sobrevivência dessas espécies.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drosophilidae, estratificação vertical, perfis topográficos, microclima, riqueza, diversidade.

## INTRODUÇÃO GERAL

Um dos temas centrais em Ecologia é o estudo das comunidades biológicas, que podem ser definidas como um conjunto de espécies que interagem entre si e com o meio natural (Cody & Diamond, 1975; Strong *et al.*, 1984). As espécies vivem em uma complexa rede de interações que podem explicar o comportamento e a estrutura de uma comunidade natural no espaço e no tempo (Leibold, 1995). Não há um consenso quanto à importância relativa dos fatores bióticos e abióticos na composição das comunidades, assumindo-se que diferenças no uso de nicho permitem a coexistência em determinado hábitat (Hérault, 2007).

Nicho tem sido definido de muitos modos, o mais aceito determina-o como sendo um hipervolume n-dimensional, no qual cada dimensão corresponde a uma condição biótica ou abiótica que indica as necessidades biológicas das espécies e o limite de sobrevivência das mesmas, onde podem persistir e manter populações viáveis (Hutchinson, 1957; Hérault, 2007). Este é propriamente o conceito de nicho fundamental, que determina as propriedades ecológicas de uma espécie. Hutchinson (1957) definiu também o nicho realizado de uma espécie como sendo um subconjunto do nicho fundamental, condicionado pelas condições ambientais e interações presentes.

O conceito de nicho evoluiu com o passar do tempo como uma implicação do princípio da exclusão competitiva de Gause (1934) com o objetivo de descrever a proporção do espaço de nicho que deveria ser ocupada por cada espécie para garantir o sucesso de sua perpetuação e a coexistência com outras espécies frente à competição (Norris, 2003). Segundo Caswell (1976) a porção de nicho ocupada é em parte determinada por características abióticas do ambiente atuando sobre os requerimentos dos

organismos, mas uma parte considerável é definida pelas interações com outros membros da comunidade.

A estrutura de comunidades pode se dar tanto por fatores determinísticos quanto por fatores historicamente contingentes. No primeiro, o efeito das interações nas comunidades é determinado pelas condições ambientais e interações, e as regras de nicho nas assembléias são mais importantes que a dispersão das espécies. Por outro lado, quando a variação é historicamente contingente a estrutura de comunidade será influenciada por dispersão randômica e extinção estocástica (Hubbell, 2001). Desta maneira, os padrões de composição e a coexistência das espécies em comunidades ecológicas podem ser explicados por duas vertentes teóricas que se complementam quanto a seus pressupostos, a teoria de nicho e a teoria neutra. Segundo a teoria de nicho as variáveis ambientais têm papel fundamental para a distribuição das espécies no ambiente e é esperado que a convergência na história de vida resulte em uma perda de espécies por exclusão competitiva (Horn, 1974). A teoria Neutra da biodiversidade (TNB), construída sob o enfoque da teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur & Wilson (1967), tem como um de seus pressupostos centrais a equivalência funcional das espécies, onde os organismos apresentam as mesmas propriedades demográficas e os padrões observados na natureza estão baseados na dispersão dos indivíduos (Hubbell, 2001; Cassemiro, 2008).

A coexistência entre as espécies de comunidades biológicas pode ser explicada também pela heterogeneidade ambiental que engloba tanto a heterogeneidade espacial quanto a temporal onde as interações tendem a ter um papel menos preponderante devido às variações nos ambientes (Cornell & Lawton, 1992).

O que não é facilmente explicado é o papel que a competição exerce na estruturação das comunidades biológicas. A teoria de competição tem se concentrado nas

condições gerais que permitem a coexistência entre duas espécies que co-ocorrem. Para tal, algum tipo de refúgio é normalmente exigido, principalmente para espécies com menor habilidade competitiva (Shorrocks & Bingley, 1994). Quando um recurso está presente em manchas, vários tipos de refúgios são possíveis. Dessa maneira, a coexistência será permitida se houver um balanço entre a habilidade competitiva e o mecanismo de dispersão para outras manchas (Shorrocks, 1990). Além disso, as espécies podem inibir seu próprio crescimento em relação ao crescimento das espécies competidoras e se um recurso for suficientemente heterogêneo as espécies podem utilizar diferentes porções do mesmo, diminuindo a probabilidade de competição.

Existe uma grande variedade de guildas entre os drosofilídeos que segundo Townsend *et al.* (2006) são grupos de espécies que exploram de maneira similar as mesmas classes de recursos. Segundo Wagner (1949) os drosofilídeos estão associados a frutos, fungos, flores e cactos em decomposição como parte essencial para sua alimentação, utilizando as leveduras e bactérias provenientes da fermentação da matéria orgânica. Dentro de uma determinada guilda a competição também ocorrerá só que a competição intraespecífica será maior que a interespecífica, nesse caso as respostas das espécies será no sentido de como cada uma utiliza o recurso disponível, o que vai conferir vantagem sobre as demais.

A guilda associada a frutos é, notadamente, composta pela maioria das espécies conhecidas de drosofilídeos neotropicais, onde 90% das espécies pertencem ao gênero *Drosophila*. Em estudo realizado em um remanescente urbano de Floresta Amazônica, foram observadas 33 espécies pertencentes à Família Drosophilidae associadas a frutos de *Parahancornia amapa* (Huber) Ducke (Apocynaceae) (Martins, 1996). Trabalhos relatando as guildas associadas a frutos foram realizados também por Carson em 1971 e Atkinson & Shorrocks em 1977. Carson (1971) estudou várias espécies da família

Drosophilidae relacionadas a diversos tipos de recursos, entre eles os frutos, e sugeriu que a maior especificidade ecológica de *Drosophila* refere-se ao nicho em que a fêmea deposita seus ovos. Atkinson & Shorrocks (1977) registraram seis espécies comuns em ambientes urbanos e uma espécie comum em florestas que utilizam frutos como sítios de criação.

As moscas da família Drosophilidae têm sido utilizadas como modelo para compreensão de estudos em comunidades naturais, pois são insetos facilmente coletadas e com respostas rápidas em termos de sua organização no ambiente. A família Drosophilidae é composta atualmente por 4119 espécies (Bäechli, 2011). Gottschalk *et al.* (2008) verificaram que o Brasil apresenta um número expressivo de espécies da família, 304 espécies distribuídas em 18 gêneros. A organização de sua distribuição nos ambientes em função das variáveis abióticas é um tema que busca entender como a mudança na estrutura do hábitat de florestas pode influenciar a composição e estrutura da comunidade deste grupo de espécies.

A distribuição espacial é considerada uma questão primordial em estudos de populações, pois fornece uma melhor compreensão da distribuição de populações naturais. O padrão de distribuição espacial, com especial referência a estratificação vertical da vegetação, tem sido estudado com dificuldades devido o acesso a amostras nos estratos superiores da floresta e pela complexidade dos organismos existentes nestas áreas. A distribuição vertical em artrópodes foi pesquisada por De Vries *et al.*, (1997) com borboletas, Sorensen (2003) com estratificação em aranhas, Brhul *et al.*(1998) com formigas, Basset *et al.* (1992, 1999) com alguns insetos herbívoros e por Tidon-Sklorz & Sene (1992) com drosófilas. Como contribuição, esses trabalhos demonstraram que existe estratificação vertical em termos de abundância e riqueza de espécies principalmente na copa e no solo de florestas. Estes trabalhos ainda apontam que a distribuição vertical dos

organismos está intimamente relacionada aos fatores ambientais existentes nas florestas e aos ciclos contínuos de produtividade desses ambientes (Battirola *et al.* 2007). Em florestas que apresentam dossel relativamente denso, processos como floração, frutificação, perda de folhas e fotossíntese resultam em um ambiente verticalmente heterogêneo com estratos que levam a uma seleção de microhabitats pelas espécies (Tanabe, 2002). Em outras palavras, as espécies não se distribuem apenas na dimensão do plano, de forma horizontal, mas sim em n-dimensões da floresta (Tanabe *et al.*, 2001).

Na região neotropical, o principal estudo realizado foi de Tidon-Sklorz & Sene (1992) onde foi pesquisada a distribuição vertical e temporal de espécies de *Drosophila* e foi demonstrado que as populações deste gênero se distribuem em agregados que variam em tamanho e localização na floresta. Em ambientes de clima temperado, os principais trabalhos realizados são os de Tanabe *et al.* (2001); Tanabe (2002) e Toda (1992). Nesses trabalhos foi estudado o papel da estrutura da floresta na organização de comunidades de Drosophilidae em relação às condições do ambiente. Tanabe *et al.* (2001) mostraram que houve uma associação positiva entre a complexidade da floresta e a maior diversidade de espécies, como havia sido proposto por MacArthur & MacArthur (1961). Tanabe (2002) sugeriu que a complexidade vertical da estrutura da folhagem na floresta afeta a prevalência da estratificação vertical das espécies. Segundo Toda (1992) há uma correlação positiva entre a diversidade da folhagem e o alto grau de segregação vertical do habitat com a distribuição das espécies de drosophilídeos.

Com referência a outros grupos de artrópodes, alguns trabalhos foram realizados com insetos herbívoros e a maioria testou a qualidade nutricional dos recursos disponíveis nas dimensões da floresta. Segundo Rowe & Potter (1996) o dossel das florestas tropicais apresenta uma considerável quantidade de espécies, pois a diversidade de microhabitats é

grande, fato relacionado à alta complexidade ambiental e a uma diversidade e abundância de recursos encontrados no dossel.

Entre os fatores que determinam a distribuição da biodiversidade, o clima pode ser considerado um dos mais importantes (Dias *et al.*, 2007). A distribuição das espécies no ambiente está intimamente relacionada às variações no meio físico; essas variações influenciam atividades essenciais como a reprodução, nascimento e desenvolvimento dos indivíduos (Wolda, 1988).

Assumindo-se um cenário de mudanças climáticas globais o aumento na magnitude e frequência de perturbações ambientais extremas, levará a um desequilíbrio das interações espécie-meio. As perturbações ocasionadas causam uma variedade de efeitos, como variações de temperatura, mudanças nos ciclos de chuva, alteração da concentração do dióxido de carbono causada pelo aquecimento global e efeito estufa (Fearnside, 1999).

As variações climáticas podem ser consideradas como um evento natural, mas tendem a um acelerado aumento devido às atividades humanas (Primack & Rodrigues, 2001). Os fenômenos climáticos El Niño e La Niña são fases distintas (quente e fria) de um movimento resultante da interação entre o oceano e a atmosfera que com o decorrer dos anos tem trazido impacto evidente em termos de alteração sobre a temperatura e precipitação nas florestas (Fearnside, 2009).

Os sistemas biológicos podem ser fortemente afetados nestas situações de alto *stress* climático (Parsons, 1991), pois determinam o limite de sobrevivência das espécies (Parsons, 1990).

Segundo Srivastava & Singh (1998) a temperatura e a umidade são duas importantes variáveis que afetam o desenvolvimento em espécies do gênero *Drosophila*, principalmente em aspectos de eficácia reprodutiva como a oviposição, onde os

organismos perdem sua capacidade fisiológica em temperaturas muito baixas e perdem água por desidratação em ambientes muito secos.

Fatores como a topografia também tem um papel fundamental na determinação da diversidade dos organismos, como em Drosophilidae, pois a distribuição das espécies será explicada pela variabilidade de ambientes que poderão explorar (Megías *et al.*, 2007; Tanabe *et al.*, 2001).

Neste sentido este trabalho teve como objetivo testar se a distribuição das espécies de drosophilideos em diferentes frações do ambiente, especificamente, estratos da vegetação e perfis topográficos está relacionada às variações microclimáticas e de estrutura do hábitat em escala local. Como variáveis microclimáticas foram consideradas: temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica (mm) entre os períodos de coleta e como variáveis de estrutura do hábitat foram consideradas a abertura de dossel e densidade do sub-bosque.

Para uma melhor compreensão das diversas informações geradas, este trabalho foi subdividido em dois capítulos:

O **capítulo 1** Tem como objetivo identificar o padrão de distribuição de abundância dos indivíduos da família Drosophilidae e a descrição de riqueza nas diferentes frações do ambiente amostradas.

O **capítulo 2** investiga os padrões microclimáticos e de estrutura do habitat nos diferentes estratos e perfis da floresta relacionando à abundância e riqueza das espécies.

## REFERÊNCIAS

- Atkinson, W. & Shorrocks, B. 1977. Breeding site specificity in the domestic species of *Drosophila*. **Oecologia** **29**: 223-232.
- Basset, Y. 1999. Influence of leaf traits on the spatial distribution of arboreal arthropods within an overstorey rainforest tree. **Ecological Entomology** **17**: 8–16.
- Basset, Y., Aberlenc, H.P. & Delvare, G. 1992. Abundance and stratification of foliage arthropods in a lowland rainforest of Cameroon. **Ecological Entomology** **17**: 310–318.
- Bäechli, G. 2011. TaxoDros. The database on Taxonomy of Drosophilidae. Disponível em: <http://www.taxodros.unizh.ch>.( acessado em 02 de 06 de 2011).
- Battirola, L.D.; Adis, J.; Marques, M. & Silva, F.H.O. 2007. Comunidade de Artrópodes Associada à Copa de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae) durante o Período de Cheia no Pantanal de Poconé, MT. **Neotropical Entomology** **6**: 640-651.
- Bruhl, C.A., Gunsalam, G., Linsenmair, K.E. 1998. Stratification of ants (Hymenoptera, Formicidae) in a primary rain forest in Sabah, Borneo. **Journal of Tropical Ecology** **14** : 285-297.
- Caswell, H. 1976. Community Structure: a neutral model analysis. **Ecological Monographs** **46**: (3) 327-354.
- Carson, H.L. 1971. The ecology of *Drosophila* breeding sites. **University of Hawaii**. **2**: 1-27
- Cassemiro, F.A.S. & Padial, A.A. 2008. Teoria neutra da biodiversidade e Biogeografia: Aspectos teóricos, impactos na literatura e perspectivas. **Oecologia Brasiliensis** **12** (4): 706-719.
- Cody, M.L & Diamond, J.M. 1975. **Ecology and Evolution of Communities**. Cambridge, MA: Belknap Press, Harvard University Press. pp. 342–444.
- Cornell, H.V. & Lawton, J.H. 1992. Species interactions, local and regional processes, and limits to the richness of ecological communities: a theoretical perspective. **Journal of Animal Ecology** **61**: 1-12.
- De Vries, P.J; Murray, D. & Lande, R. 1997. Species diversity in vertical, horizontal and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. **Biological Journal of the Linnean Society**. **62**: 343-364.

- Dias, B.; Diáz, S. & McGlone, M. 2007. Mudança de clima e biodiversidade: Impactos observados e projetados. In: MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas**. pág. 219.
- Fearnside, P.M. 2009. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis** 13: (4) 609-618.
- Fearnside, P.M. 1999. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade** 1: 113-123.
- Gause, G.F. 1934. *The struggle for existence*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
- Gottschalk, M.S.; Hofmann, P.R.P.; Valente, V.L.S. 2008. Diptera, Drosophilidae: historical occurrence in Brasil. **Check list 4**: 485-518
- Hérault, B. 2007. Reconciling niche and neutrality through the Emergent Group approach. **Evolution and Systematics** 9:71-78
- Horn, H. S. 1974. The ecology of secondary succession. **Annual Review of Ecology and Systematics** 5: 25-37.
- Hubbell, S.P. 2001. **"The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography**. Princeton University Press. New Jersey. 396 p.
- Hutchinson, G.E. 1957. "Concluding remarks". *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 (2): 415–427.
- Leibold, M.A. 1995. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. **Ecology** 76:1371-1382
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- MacArthur, R.H. & MacArthur J .W. 1961. On bird species diversity. **Ecology** 42: 594-598.
- Martins, M. B. 1996. Drosófilas e outros insetos associados a frutos de *Parahancornia amapa* dispersos sobre o solo da floresta. Tese de doutorado, Universidade estadual de Campinas.
- Megías, A.D.; Gómez, J.M. & Piñero, F.S. 2007. Diversity- hábitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. **Ecography** 30:31-41.
- Norris, S. 2003. Neutral Theory: a new unified model for ecology. **BioScience** 53: 124–129.

- Parsons, P.A. 1991. Biodiversity Conservation under global climatic change: the insect *Drosophila* as a biological indicator? **Global Ecology and Biogeography Letters** 1: 77-83.
- Parsons, P.A. 1990. The metabolic cost of multiple environmental stresses: implications for climatic change and conservation. **Trends in Ecology & Evolution** 5: 315-317.
- Primack, R.B. & Rodrigues, E. 2001. **Biologia da Conservação**. Londrina, 328p.
- Rowe, W.J. & Potter, D.A. 1996. Vertical stratification of feeding by Japanese beetles within linden tree canopies: selective foraging or height per se. **Oecologia** 108: 459-466
- Shorrocks, B. & Bingley, M. 1994. Priority effects and species coexistence: experiments with fungal breeding *Drosophila*. **Journal of Animal Ecology** 63: 799-806.
- Shorrocks, B. 1990. Coexistence in a patchy environment, p. 91-106. *In*: Shorrocks, B. & Swingland, I. R. (Eds.). **Living in a patchy environment**. Oxford, Oxford University Press, 246 p.
- Sorensen, L.L. 2003. Stratification of the spider fauna in a Tanzanian forest. Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy. **Cambridge University Press**, p. 92–101.
- Srivastava, K. & Singh, R.N. 1998. A model for temperature variations in sedimentary basins due to random radiogenic heat sources. **Geophys. J. Int.** 135:727-730.
- Strong, D.R.; Simberloff, D.; Abele, L.G. & Thistle, A.B. 1984. **Ecological communities, conceptual issues and the evidence**. Princeton University Press 613p.
- Tanabe, S. 2002. Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. **Ecological Entomology**. 27: 720-731.
- Tanabe, S.I.; Toda, M.J. & Vinokurova, A.V. 2001. Tree Shape, forest structure and diversity of Drosophilid communities. Comparasion between boreal and temperate birch. **Ecological Research** 16: 369-385.
- Tidon-Sklorz, R & Sene, F. M. 1992. *Drosophila*. *In*: Brandão & Canello, E. M. (eds.), **Invertebrados Terrestres, Biodiversidade**. p. 254-261.
- Toda, M.J.. 1992. Dimensional dispersion of drosophilid flies in a cool temperate forest of northern Japan. **Ecological Research** 7: 283- 295.
- Towsend, C.R; Begon, M. & Harper, J.L. 2006. **Fundamentos em Ecologia**. 2ª Edição. Artmed. 592 p.

Wagner, R. P. 1949. Nutritional differences in the mulleri group. University Texas Publications 4920: 39-41.

Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? **Annual Review of ecology and systematics** 19: 1-18.

# **CAPÍTULO 1**

[Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Zoologia]

**ABUNDÂNCIA E RIQUEZA DE DROSOPHILIDAE (DIPTERA) EM FLORESTA  
TROPICAL**

Rosângela B. Amador <sup>1</sup>& Marlúcia B. Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral, 1001, Terra Firme, CEP: 66017-970, Belém-PA, Brasil. E-mail: [rgbio2003@yahoo.com.br](mailto:rgbio2003@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia de Invertebrados, Departamento de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral 1001, Terra Firme, CEP: 66017-970, Belém-PA, Brasil. E-mail: [marlucia@museu-goeldi.br](mailto:marlucia@museu-goeldi.br)

**ABSTRACT**

The distribution of species of the family Drosophilidae associated with fruits, was tested for two dimensions of the forest: strata of vegetation and topographic profiles. Samples were collected in March and June 2010 in the National Forest Caxiuanã. The capture of the insects was performed with the use of traps baited with fermented banana. We identified 49,139 individuals in the family Drosophilidae, distributed in 29 species, two undescribed: *Drosophila* b09007 belonging to the *tripunctata* group and *D.* ac10001 included in the *saltans* group. This work makes the first record in the *Zaprionus indianus* National Forest Caxiuanã, but its frequency was below 1% of total individuals. The pattern of distribution of general abundance and habitat of most of the fractions tested followed the log normal model that features the best preserved areas with interactive communities, relatively rich in species and with certain homogeneity in the distribution and abundance is an indicator of biological integrity and stability natural environments. The species were selective in the occupation of environments and in the analysis by species, the stratum of the vegetation was more evident than the topographic profiles. The most abundant species was *D. sturtevanti* (*Saltans* group) who occupied the upper strata of the forest, followed by *D. fulvimacula* (*Replete* group) that did not change in the occupation of environments and *D. willistoni* (subgroup *Willistoni*) captured abundantly in the lower stratum. It was possible to observe the contribution of each fraction of the environment and the period of collections to increase the total richness; the month of June, the height to 20 feet above the ground in the intermediate topographic profile had the highest estimated wealth show that environmental heterogeneity influences the distribution contributing species in structuring these communities.

**KEYWORD:** topographic profiles, strata of vegetation, community structure, diversity, lognormal model.

## RESUMO

A distribuição das espécies da família Drosophilidae associadas a frutos, foi testada para duas dimensões da floresta: estratos da vegetação e perfis topográficos. As coletas foram realizadas em março e junho de 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã. A captura dos insetos foi realizada com a utilização de armadilhas com isca de banana fermentada. Foram identificados 49.139 indivíduos da família Drosophilidae, distribuídos em 29 espécies, sendo duas não descritas: *Drosophila* b09007 pertencente ao grupo *tripunctata* e *D. ac10001* incluída no grupo *saltans*. Este trabalho fez o primeiro registro de *Zaprionus indianus* na Floresta Nacional de Caxiuanã, mas sua frequência ficou abaixo de 1% do total de indivíduos coletados. O padrão de distribuição de abundância geral e da maioria das frações de hábitat testadas seguiu o modelo log normal que caracteriza áreas mais preservadas com comunidades interativas, relativamente ricas em espécies e com certa homogeneidade na distribuição de abundância e é um indicativo de integridade biológica e estabilidade dos ambientes naturais. As espécies foram seletivas na ocupação de ambientes, sendo que, nas análises por espécie, o estrato da vegetação foi mais evidente que os perfis topográficos. A espécie mais abundante foi *D. sturtevanti* (grupo *Saltans*) que ocupou o estrato superior da floresta, seguida de *D. fulvimacula* (grupo *Repleta*) que não apresentou variação na ocupação dos ambientes e *D. willistoni* (subgrupo *willistoni*) capturada abundantemente no estrato inferior. Foi possível observar a contribuição de cada fração do ambiente e o período das coletas para o aumento da riqueza total; o mês de junho, na altura a 20 metros do solo no perfil topográfico intermediário apresentou a maior riqueza estimada mostrando que a heterogeneidade ambiental influencia a distribuição das espécies contribuindo na estruturação dessas comunidades.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perfis topográficos, Estratos da vegetação, Estrutura da comunidade, diversidade, modelo lognormal.

## INTRODUÇÃO

Os modelos de distribuição de abundância assim com a riqueza de espécies fornecem importantes informações sobre a estrutura das comunidades biológicas no espaço e no tempo (Magurran, 1988). Quatro modelos de distribuição de abundância podem ser definidos, aqueles com alta dominância de poucas espécies (Série geométrica), modelos com distribuição de abundâncias mais equitativas (log série, log normal) e modelos sem dominância das espécies (broken stick) (Pielou, 1975).

Em geral comunidades biológicas de Florestas tropicais apresentam uma alta diversidade e são influenciadas por uma gama de interações ecológicas, logo é esperado que a abundância siga o modelo lognormal, que corresponde a uma distribuição de abundância de espécies, funcionalmente heterogêneas e de comunidades interativas cuja abundância é controlada por muitos fatores ecológicos independentes. (May, 1975). A partir disso foi formalizada a idéia de que o ajuste à distribuição lognormal poderia indicar o equilíbrio ou a integridade biológica de sistemas naturais (Preston, 1980; 1962; 1948; Ugland & Gray, 1982; Kevan *et al.*, 1997).

A distribuição espacial é considerada uma questão primordial em Ecologia, pois fornece uma melhor compreensão de fenômenos em comunidades naturais. Os trabalhos pioneiros para esse tema com espécies da família Drosophilidae (Burla, et al., 1950; Dobzhansky & Pavan, 1950; Pavan, 1959) detectaram alguns padrões quanto a distribuição desses animais em seu ambiente, mas a distribuição com referência a estratificação vertical da vegetação, tem sido estudada com dificuldades devido o acesso a amostras nos estratos superiores da floresta e pela complexidade dos organismos existentes nestas áreas (Nadkar & Parker 1994).

Na região neotropical, o principal estudo realizado foi de Tidon-Sklorz & Sene (1992) onde foi pesquisada a distribuição vertical e temporal de espécies de *Drosophila* e

foi demonstrado que as populações deste gênero se distribuem em agregados que variam em tamanho e localização na floresta.

A abordagem em diferentes frações do hábitat sugere uma maior complexidade ambiental. Ambientes heterogêneos, como os estratos superiores das florestas e áreas de perfis topográficos de platô, possibilitam a coexistência de um maior número de espécies por disponibilizar maior número de microhábitats (Houston, 1994).

A heterogeneidade ambiental tem sido considerada como uma das melhores explicações para a variação e aumento da riqueza de espécies, pois pode determinar um mosaico de associações entre as mesmas (Houston, 1994; Shorrocks & Sevenster, 1995) bem como o aumento da partilha espacial devido o aumento da capacidade de suporte desses ambientes (McArthur & Levins, 1967). As comunidades de Drosophilidae são regidas nesse sentido, pela teoria de competição, que tem se concentrado nas condições gerais que permitem a coexistência entre duas espécies que co-ocorrem. Para tal, algum tipo de refúgio é normalmente exigido, principalmente para espécies com menor habilidade competitiva (Shorrocks & Bingley, 1994). A coexistência será permitida se houver um balanço entre a habilidade competitiva e o mecanismo de dispersão para outras manchas (Shorrocks, 1990). Esses ambientes podem dessa forma funcionar como um refúgio para as espécies que estão “fugindo” da competição.

Por outro lado ambientes próximos ao dossel da Floresta tendem a apresentar grandes variações de microclima que pode levar a um *stress* não suportável por comunidades de insetos, devido sua sensibilidade a essas flutuações ambientais, fazendo com que a abundância e o número de espécies nesses ambientes diminuam.

Assim o objetivo deste trabalho foi testar: 1) Se o modelo de distribuição de abundância que rege a comunidade de Drosophilidae é o modelo matemático lognormal. 2) Se a riqueza de espécies diminui com o aumento dos estratos da vegetação e perfis

topográficos, levando em consideração que esses ambientes apresentam uma alta variação nas condições ambientais em escala local o que levaria os insetos a não ocuparem esses habitats pela sensibilidade que a apresentam frente às mudanças no ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### **Área de Estudo**

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional de Caxiuanã localizada nos municípios de Portel/Melgaço estado do Pará, Brasil (1° 42'30" S 51° 31'45" W) (Figura 1). A fitofisionomia é de Floresta ombrófila densa de Terra firme com clima tropical quente e úmido, do subtipo climático "Am", segundo a classificação de Koppen (Moraes *et al.*, 1997). Com estação seca entre agosto e novembro e com chuvas durante dezembro a junho. As temperaturas médias mais baixas ocorrem de janeiro a março, enquanto que os meses mais quentes vão de outubro a dezembro, com temperatura média em torno de 27°C, a umidade relativa média anual é de aproximadamente 80%. Os valores de cota topográfica da área (elevação do terreno) variam entre 19 e 47 metros, verificando-se que está é considerada uma região de terras baixas (PPBio, 2011).

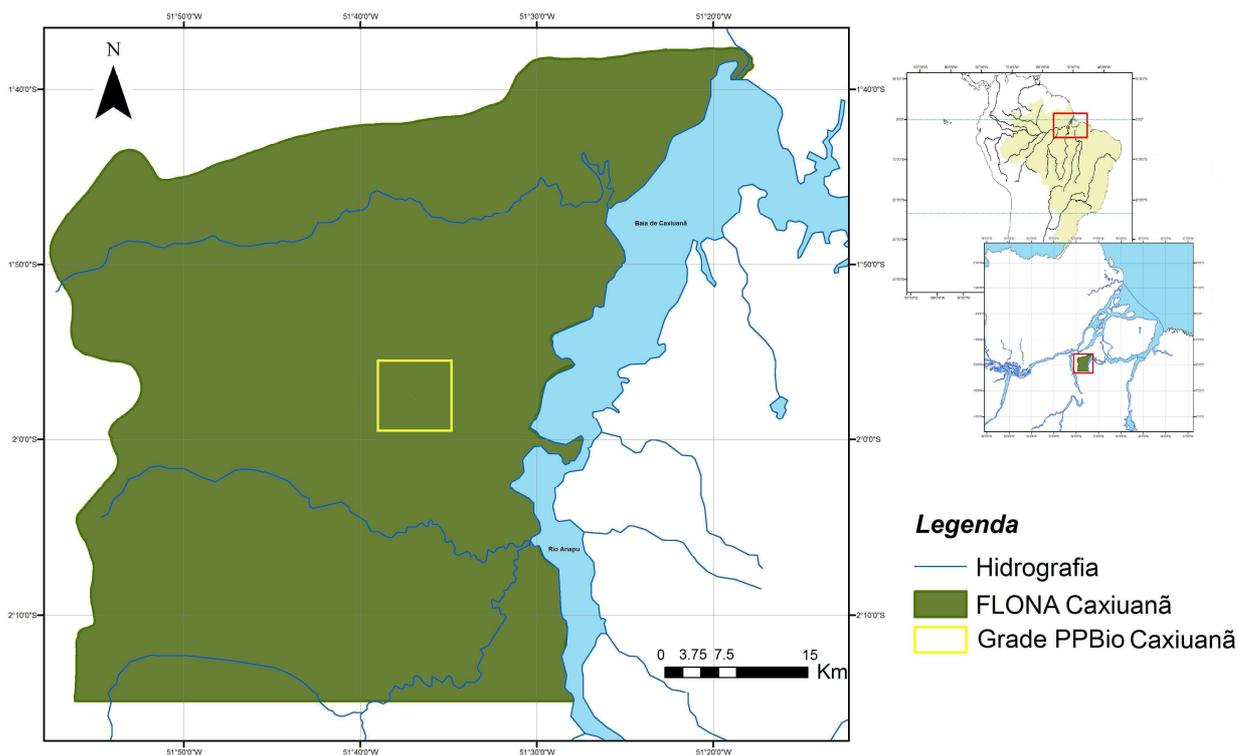


Figura 1. Localização da área de estudo na Floresta Nacional de Caxiuanã, municípios de Melgaço/Portel (PA).

### Coleta de dados

As coletas foram realizadas em março e junho de 2010, períodos com maior frutificação na área, fator importante para sobrevivência de Drosophilidae. Os insetos foram capturados com a utilização de armadilhas com isca de banana fermentada em porções de 100g (Martins *et al.*, 2008). As armadilhas foram distribuídas em dois transectos ao longo de 200m: linha A no Km 4000 (A), com cota topográfica que variou de 21 a 38 m e linha G no Km 2000 (G1) com cota topográfica que variou de 22 a 34 m e no km 3800 (G2), com cota que variou de 21 a 40 m. Os dados foram analisados com base nos valores de cota topográfica, mas na apresentação dos mesmos foram utilizadas as denominações de perfis topográficos (baixio, intermediário e platô) de acordo com os valores numéricos para cada perfil. Esses dois transectos foram escolhidos para as coletas por apresentarem as maiores variações de topografia da área e estão representadas na Figura 2.

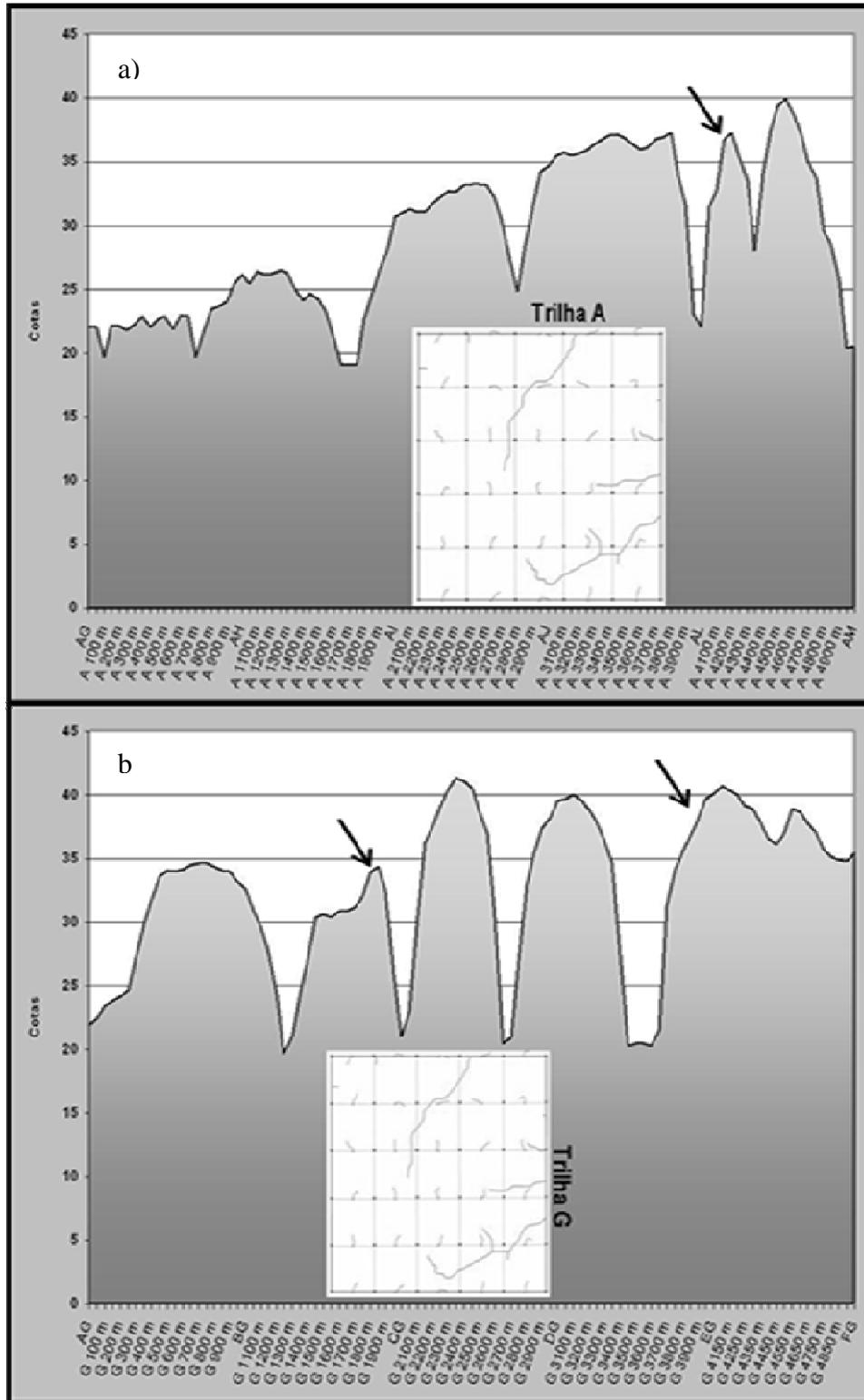


Figura 2. Valores de cotas topográficas nos transectos da área de estudo na FLONA de Caxiuana. a) Trilha A; b) Trilha G. As setas representam os pontos de amostragem em cada trilha.

Em cada trecho das linhas (A, G1 e G2) foram selecionadas 30 árvores, 10 em cada área do perfil: baixio, intermediário e platô, totalizando 90 árvores. A distância mínima entre as árvores foi de 20m, em cada árvore foram fixadas duas armadilhas, uma no estrato inferior a 1m do solo e outra no estrato superior a 20m, totalizando 360 amostras .

### **Análise dos dados**

O padrão de distribuição dos drosophilídeos foi observado com a utilização do pacote estatístico Primer 5 (Clarke & Gorley, 2001) para verificar qual modelo que a distribuição dos dados se ajustou. (log normal, log série ou série geométrica).

As curvas de riqueza de espécies da família Drosophilidae foram obtidas através do uso do procedimento Jackknife de primeira ordem de acordo com Heltshe & Forrester (1983) com a utilização do programa EstimateS desenvolvido por Colwell (2009). Foram construídos intervalos de confiança a 95% associados ao valor estimado pelo Jackknife e em seguida no programa Statistica 7.0 foram obtidos os gráficos para comparar a riqueza entre os estratos da vegetação e os diferentes perfis topográficos amostrados. Com os valores do intervalo de confiança foi possível comparar os ambientes, através da visualização gráfica. Nos ambientes considerados iguais o limite do intervalo de confiança de um alcança o valor central da estimativa do outro.

Análises por espécies com abundância acima de 40 indivíduos foram realizadas para testar o efeito dos estratos da vegetação e perfis topográficos sobre a distribuição das espécies utilizando os testes Mann-Whitney e Kruskal-Wallis respectivamente, pois os dados não apresentaram distribuição normal de suas abundâncias, mesmo depois de transformados.

Com a utilização do programa Primer 5 foi feita a análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para determinar a ordenação dos diferentes

ambientes amostrados (perfis topográficos e estratos da vegetação) e explicar as similaridades ou dissimilaridades entre as variáveis ambientais e as espécies.

Foi feito um cluster hierárquico para a formação dos grupos mais similares entre as espécies com o índice de similaridade de Bray-Curtis.

## RESULTADOS

**Descrição geral e padrão de abundância da comunidade** - Foram contabilizados 49.139 insetos pertencentes à família Drosophilidae, distribuídos em 29 espécies sendo duas não descritas: *Drosophila* ac10001 e *D.* b09007. A primeira está em processo de descrição e pertence ao grupo *saltans* e a segunda pertence ao grupo *tripunctata*. As espécies mais abundantes foram *D. surtevantii* Duda, 1927; *D. fulvimacula* Patterson & Mainland, 1944; *D. willistoni* Sturtevant, 1916; *D. paulistorum* Dobzhansky & Pavan *in* Burla *et al.*, 1949 e *D. malerkotliana* Parshad & Paika, 1964. Este trabalho fez o primeiro registro da espécie invasora *Zaprionus indianus* Gupta, 1970 para a FLONA de Caxiuanã.

A figura 3 apresenta o ranking de abundância total dos indivíduos e nas distintas frações de hábitat analisados (perfis topográficos e estratos da vegetação) e a Tabela 2 os testes de ajustes aos diferentes modelos de distribuição para cada um deles. O padrão de distribuição geral das espécies e da maioria das frações de hábitat testadas segue o modelo log normal de abundância.

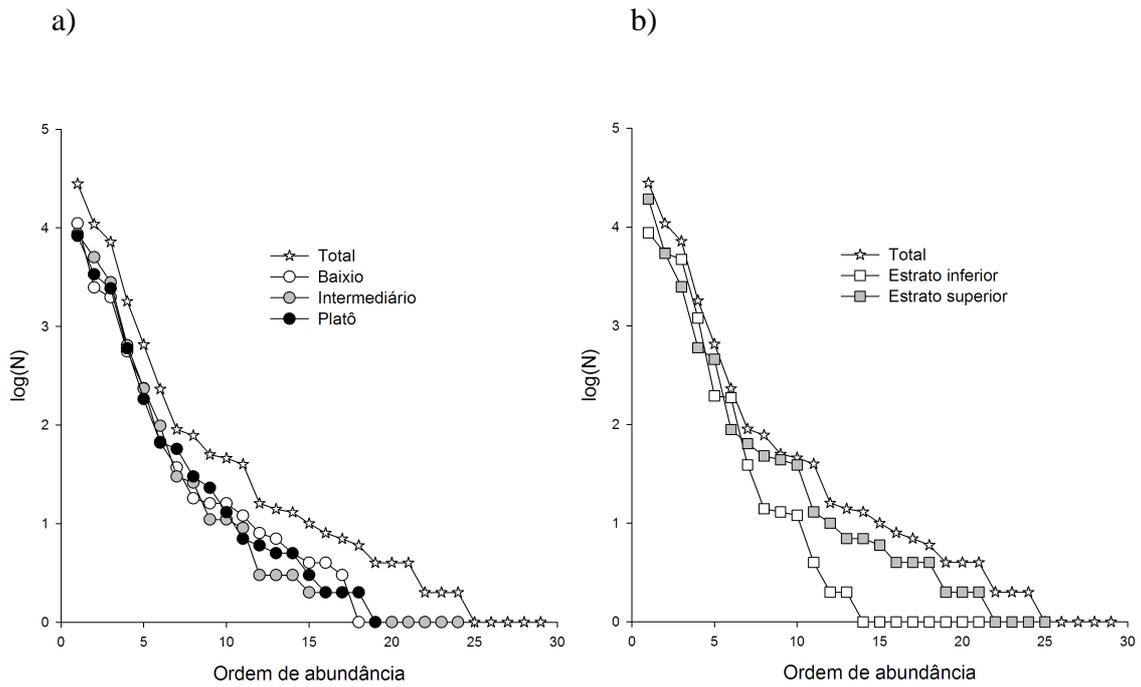


Figura 3. Abundância de indivíduos da Família Drosophilidae na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço/Portel (PA). a) ranking de abundância para os perfis topográficos; b) ranking de abundância para os estratos verticais da vegetação.

Tabela 1. Ajuste aos modelos de distribuição de abundância para o total de indivíduos das espécies capturadas na Floresta Nacional de Caxiuanã, nos perfis topográficos e nos estratos da vegetação. ( $k$ ,  $\alpha$  e  $\mu$  = parâmetros de distribuição;  $\chi^2$  = qui-quadrado;  $p^*$  = diferença não significativa)

	Série Geométrica			$\alpha$	Série logarítmica			$\mu$	Lognormal			
	$k$	$\chi^2$	$p$		$x$	$\chi^2$	$p$		$\sigma^2$	$\chi^2$	$P$	
Total	0.28	362	0,00	2.85	0.99	137	0,00	-0.19	4.35	3.23	*0.51	
Baixio	0.34	688	0,00	2.36	0.99	519	0,00	0.08	3.48	2.24	*0.32	
Intermediário	0.31	983	0,00	2.72	0.99	431	0,00	-8.55	15.3	5.69	*0.05	
Platô	0.37	275	0,00	2.14	0.99	230	0,00	0.67	2.82	4.21	0.04	
Estrato inferior	0.36	785	0,00	2.43	0.99	483	0,00	1.14	1.95	21.5	0.002	
Estrato superior	0.30	219	0,00	2.68	0.99	116	0,00	-0.42	4.31	5.83	*0.12	

### Riqueza de espécies nos estratos da vegetação e perfis topográficos

A riqueza total observada foi de 29 espécies. É possível verificar a contribuição de cada fração do ambiente e o período das coletas para o aumento da riqueza total; o mês de junho, na altura a 20 metros do solo e perfil intermediário apresentou a maior riqueza estimada (figura 4).

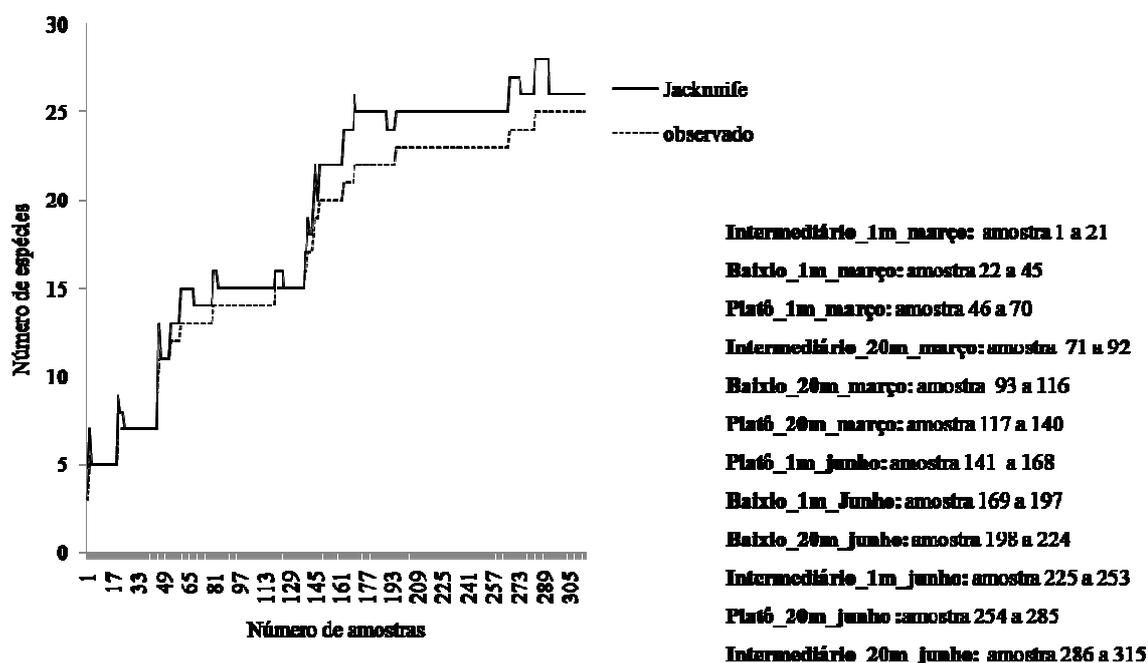


Figura 4. Riqueza total das espécies da Família Drosophilidae estimada pelo Jackknife no sítio de amostragem na FLONA de Caxiuanã-PA.

O estrato inferior da floresta, a 1 m do solo, apresentou riqueza estimada de 23 espécies e o estrato superior de 30 espécies (Figura 5).

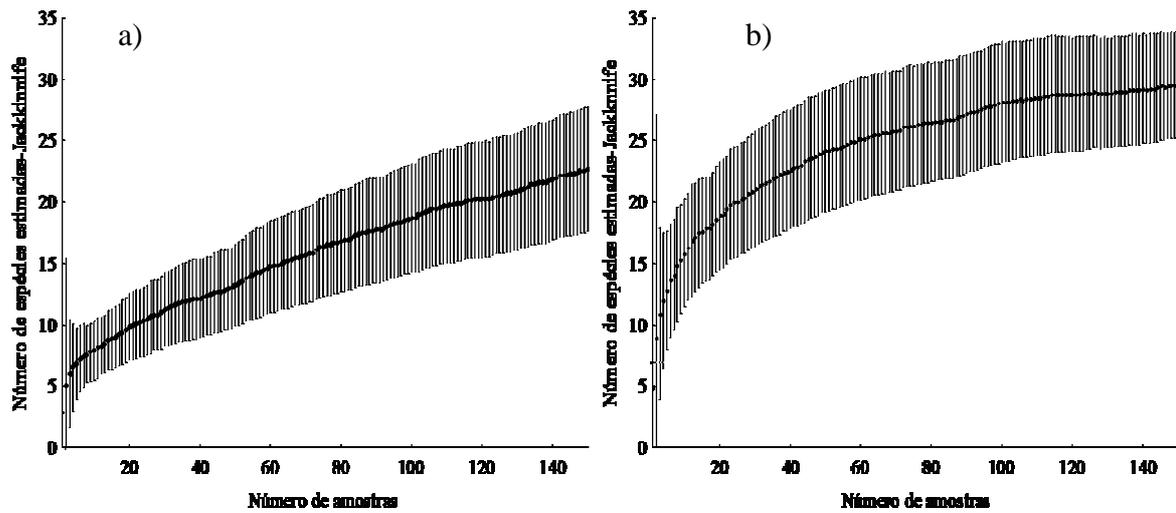


Figura 5. Curvas de acumulação de espécies pelo estimador Jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã. a) Estrato inferior b) Estrato superior

A comparação entre as estimativas baseada nos intervalos de confiança mostra que a riqueza estimada é diferente entre os dois estratos amostrados (Figura 6). O estrato superior (IC= 2,2; SD= 4,3) apresentou mais espécies que o estrato inferior (IC= 5,1; SD= 2,6).

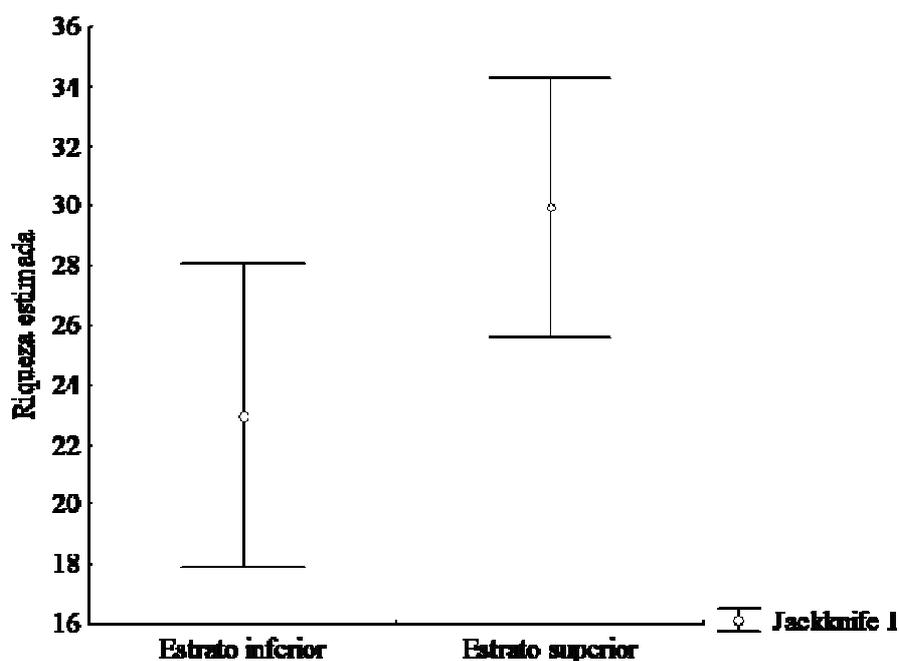


Figura 6. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã-PA.

Considerando os perfis topográficos foi observado que o perfil intermediário apresentou a maior riqueza estimada, com 30 espécies, seguida do baixio com 27 espécies e o platô com 20 espécies (Figura 7).

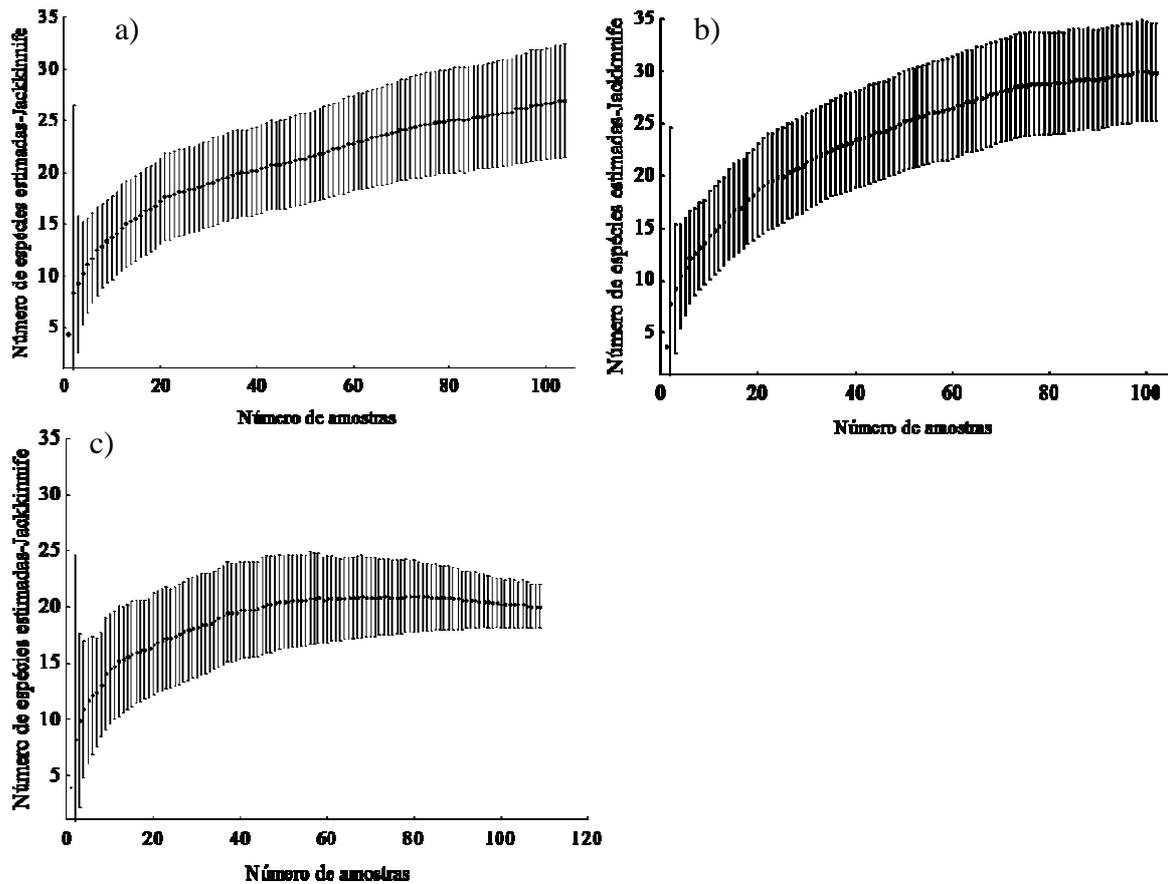


Figura 7. Curvas de acumulação de espécies pelo estimador Jackknife de primeira ordem para os perfis topográficos na FLONA de Caxiuanã-PA a) baixio; b) intermediário e c) platô.

A comparação utilizando os valores do intervalo de confiança mostra que a riqueza estimada na área de platô (IC= 2,8; SD= 5,5) é diferente das áreas com perfil intermediário (IC= 2,4; SD= 4,7) e baixio (IC= 1; SD= 2) não variando entre o perfil intermediário e baixio (Figura 8).

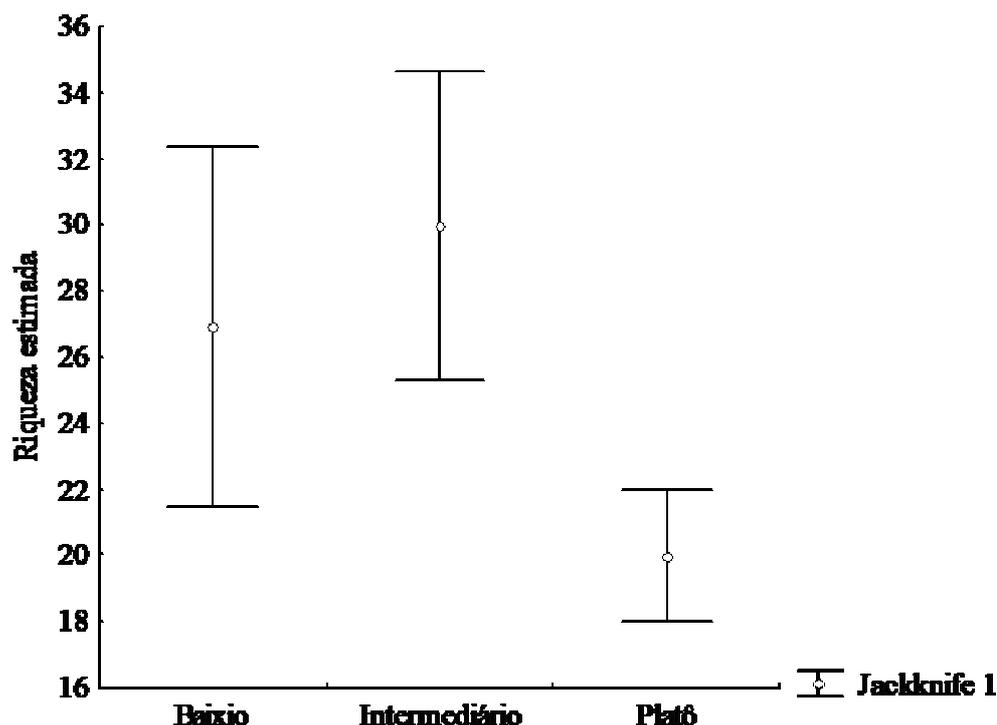


Figura 8. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos perfis topográficos na FLONA Caxiuanã-PA.

Na análise por espécies, foi possível observar uma variação na resposta das espécies às frações do ambiente amostradas. As espécies do subgrupo *willistoni* (*Drosophila willistoni*, *D. paulistorum*, e *D. equinoxialis*), ocuparam o estrato inferior da floresta. (Figuras 9 a; 9 b e 9 c). Já na comparação entre os perfis topográficos, não houve preferência destas espécies por um nível específico, mostrando que no plano horizontal elas sobrevivem com abundância semelhante em qualquer fração do hábitat (Figuras 10 a; 10b e 10c).

As espécies *D. sturtevanti*, *neocordata*, *prosaltans*, *subsaltans* e *ac10001* do grupo *saltans* de *Drosophila* se agruparam por altura distribuindo-se no estrato superior da floresta, a 20m do solo (Figuras 9 d a 9 h). *Drosophila subsaltans* e *D. ac10001* foram as únicas coletadas nas duas dimensões amostradas (estratos da vegetação e perfis topográficos). *Drosophila subsaltans* foi capturada mais abundantemente no baixo

(Figura 10 g) e no estrato superior (Figura 9 g) não sendo capturados indivíduos no platô. *Drosophila ac10001* foi capturada em maior abundância no platô da floresta (Figura 10 h) e estrato superior (Figura 9 h). *Drosophila fulvimacula* do grupo *repleta*, foi a segunda espécie mais abundante nas coletas, mas não apresentou variação em sua distribuição de indivíduos por estratos da floresta (Figura 9 i) ou perfis topográficos (Figura 10 i). Já *Drosophila malerkotliana* (grupo *melanogaster*) e *Drosophila polymorpha* (grupo *cardini*) se distribuíram preferencialmente no estrato superior (Figuras 9 j e 9 l) não apresentando variação na distribuição dessas espécies para os perfis topográficos (Figuras 10 j e 10 l).

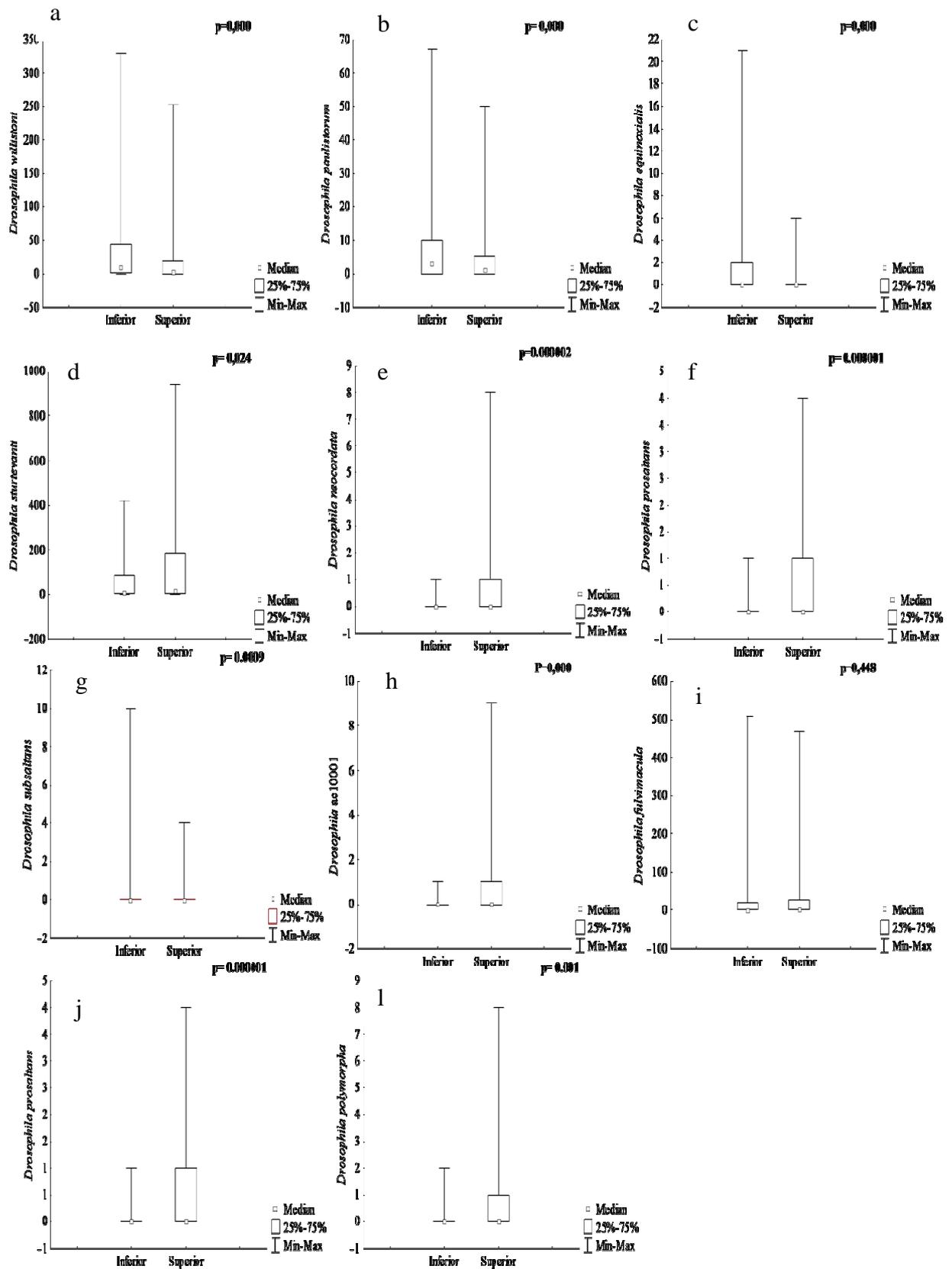


Figura 9. Abundância das onze espécies de *Drosophila*, analisadas nos estratos da vegetação na FLONA de Caxiuanã (PA).

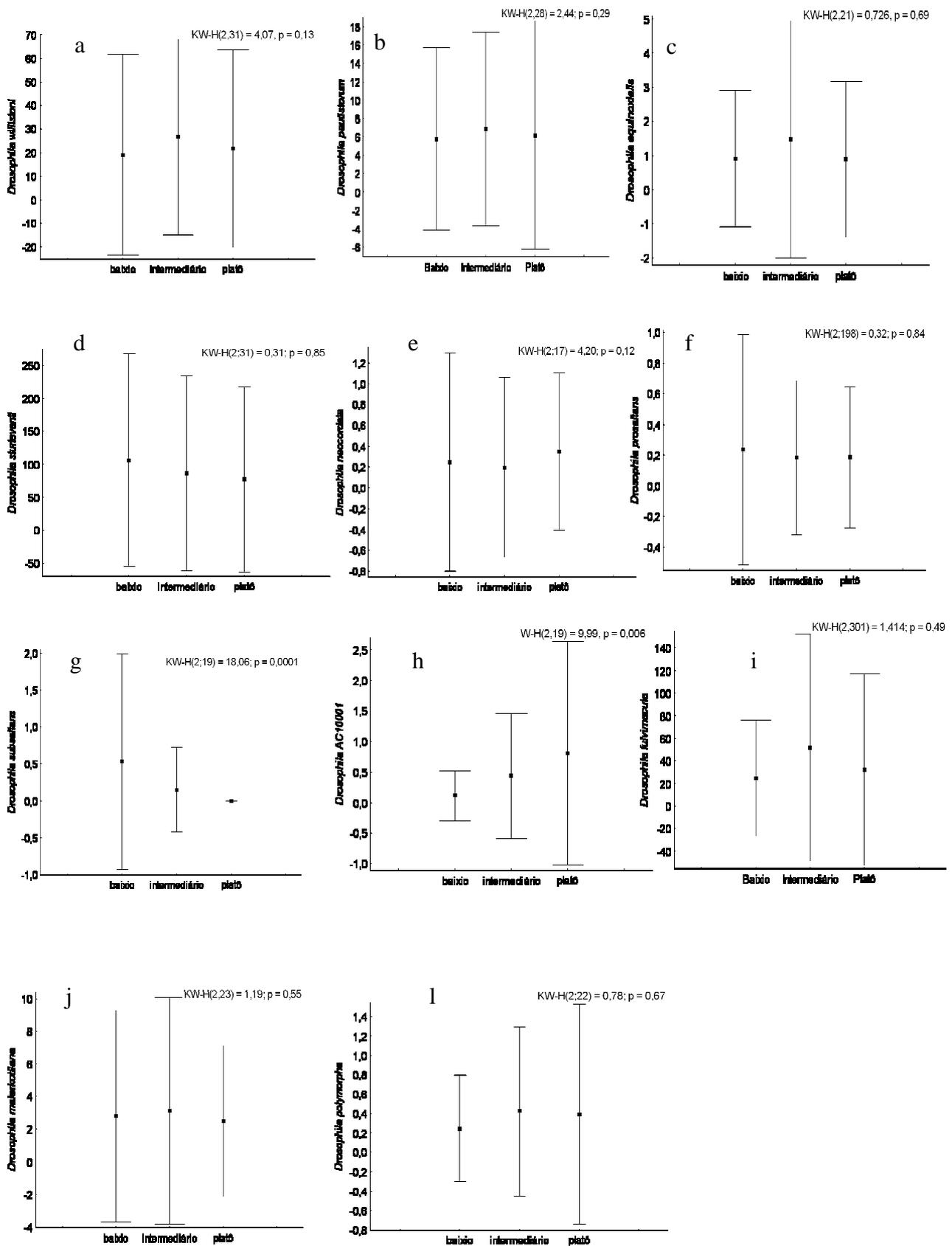


Figura 10. Abundância das onze espécies *Drosophila* analisadas para os perfis topográficos no sítio de amostragem do PPBio- Caxiuana-PA.

A análise de Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) evidencia com acurácia a variabilidade entre as respostas das espécies às diferentes frações do ambiente. O que se pode observar a partir desta análise é que houve uma ordenação das espécies principalmente por estratos da vegetação separando o estrato inferior a 1m de altura do estrato superior a 20 m do solo. ( $R= 0,719$   $p= 0,001$ ). Já os perfis topográficos não foram evidentes para a ordenação ( $R=0,062$   $p= 0,019$ ) (Figura 11).

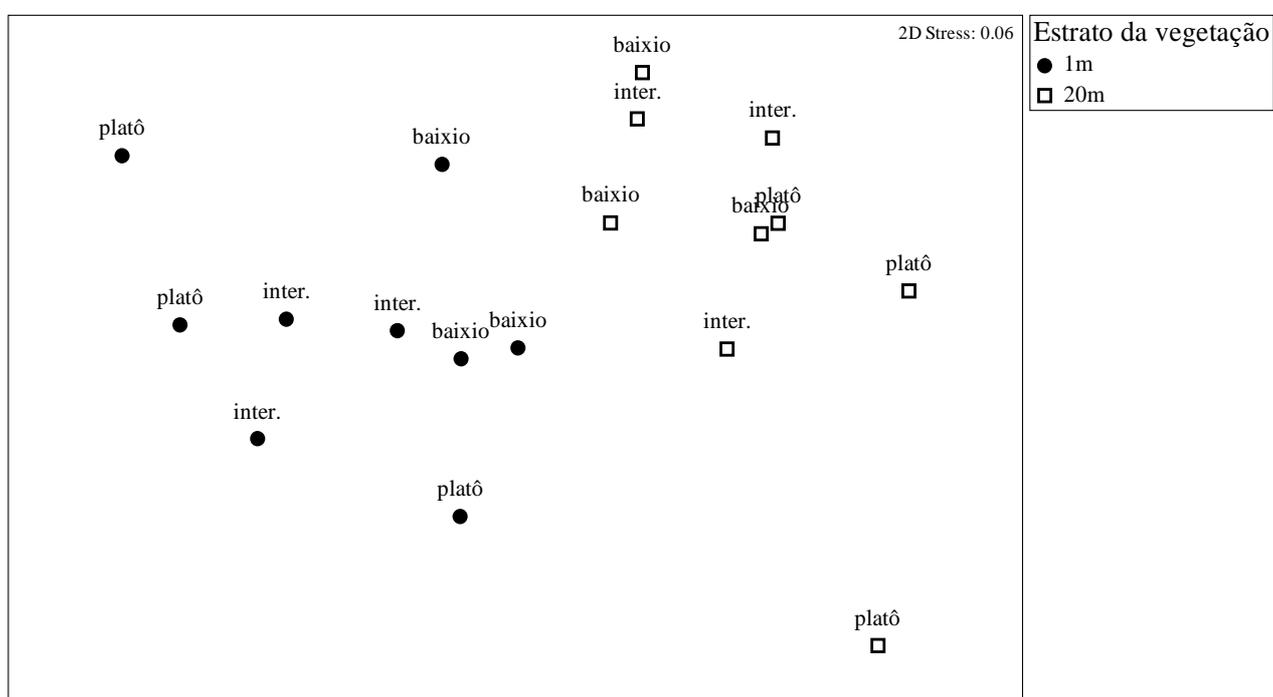


Figura 11. Ordenação das espécies entre as frações de habitat amostradas (perfis de topografia e estratos da vegetação) através do escalonamento multidimensional não – métrico.

A análise de agrupamento hierárquico utilizando o processo de agrupamento pareado (“paired group”) distinguiu os períodos de coleta com evidente ordenação e ordenou os ambientes (estratos da vegetação e perfis topográfico) amostrados agrupando principalmente os estratos da vegetação, os perfis topográficos não mostraram-se distintos entre si (Figura 12).

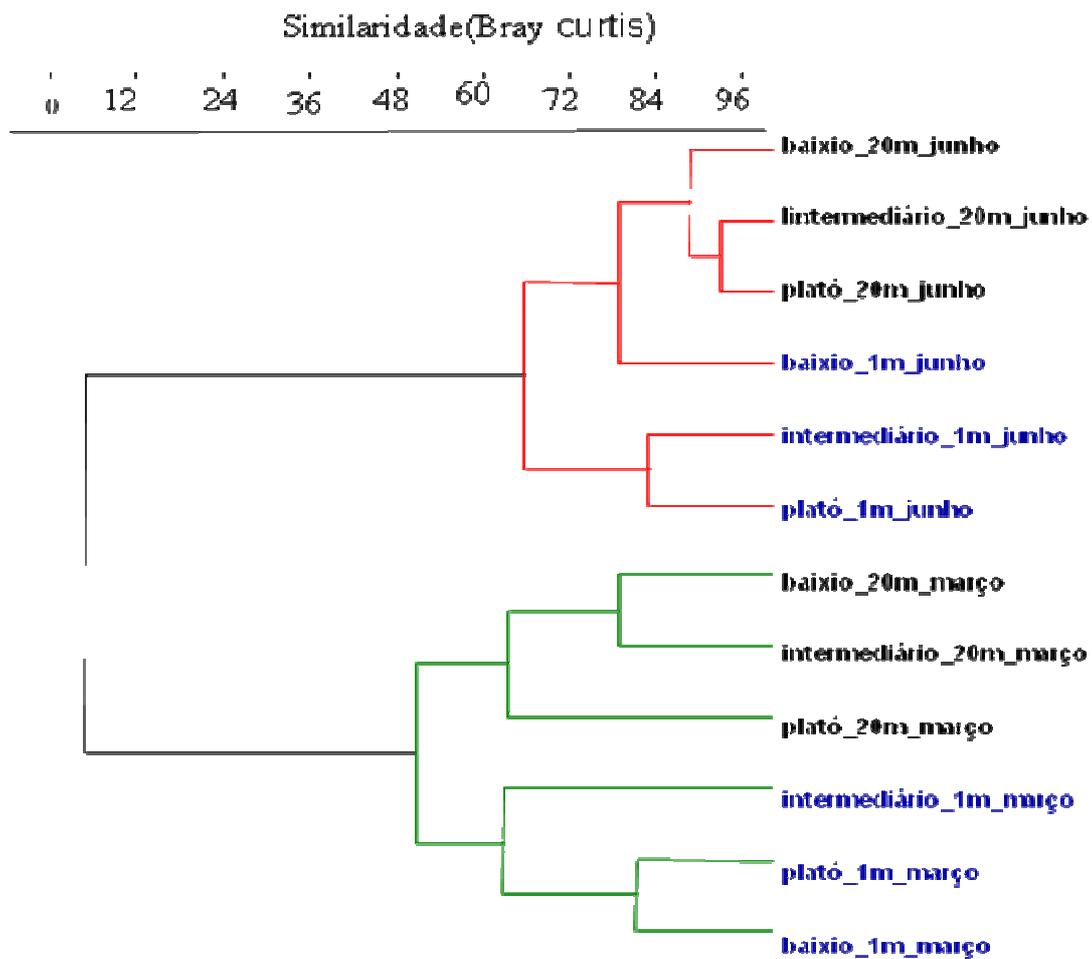


Figura 12. Cluster hierárquico dos ambientes amostrados nos dois períodos de coleta na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).

Na análise de cluster para as espécies foi possível observar uma alta similaridade entre as espécies do subgrupo *willistoni* analisadas (*D. willistoni*, *D. paulistorum* e *D. equinoxialis*). Os pares de espécies *D. polymorpha* e *D. sturtevanti*; *D. malerkotliana* e *D. prosaltans*; *D. neocordata* e *ac10001* apresentaram alta similaridade entre si (Figura 13).

As espécies do subgrupo *willistoni* foram capturadas principalmente no estrato inferior da vegetação a 1m do solo, já as demais espécies foram coletadas no estrato superior a 20 m de altura, confirmando que a variável que está agrupando essas espécies é a altura.

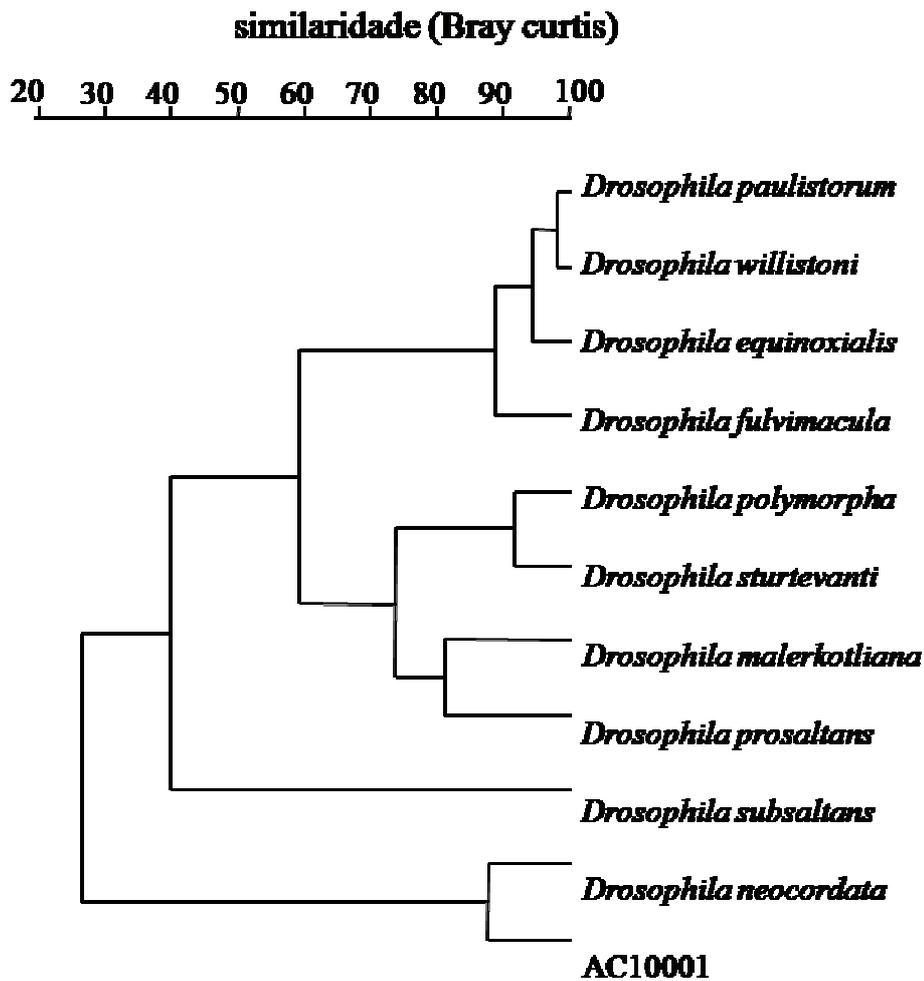


Figura 13. Cluster hierárquico para o agrupamento das espécies na Floresta Nacional de caxiuanã (PA).

## DISCUSSÃO

As observações sobre o padrão de abundância encontrado para a área corroboram a hipótese inicial do trabalho pela própria definição do que caracteriza o modelo log normal de distribuição. A FLONA de Caxiuanã apresenta um alto nível de conservação ambiental principalmente pela restrição de populações humanas no entorno e dentro dessas áreas de proteção (Smith, 2002).

O modelo lognormal descrito por Preston (1948) reflete as complexas interações entre a comunidade e seu meio abiótico e indica áreas que são mais preservadas e que apresentam comunidades interativas, relativamente ricas em espécies e com certa homogeneidade na distribuição de abundância (Pielou, 1975; May, 1975). O ajuste dos dados à distribuição lognormal pode ser considerado como um indicativo de integridade biológica (Kevan *et al.*, 1997) e estabilidade dos ambientes naturais (Ugland & Gray, 1982).

Em um estudo feito por Praxedes & Martins (submetido) na Floresta Nacional de Caxiuanã a 30 km do sitio utilizado no presente trabalho, foi observado que o padrão geral de abundância das espécies seguiu a distribuição log série, que caracteriza maior dominância do que na log normal. Neste estudo, as espécies mais abundantes foram as mesmas em todos os pontos de amostragem, todos estabelecidos em áreas de platô. Aqui tanto a área de platô como as coletas a 1 metro, não se ajustaram a nenhum dos modelos de distribuição testados.

A riqueza total registrada para o presente estudo foi menor quando comparada ao trabalho de Praxedes & Martins (submetido) que encontraram 35 espécies contra as 29 observadas aqui. Porém, considerando-se que este trabalho analisa apenas um sítio de coleta, sua riqueza é superior a qualquer um dos sítios estudados pelas autoras. Esta maior riqueza deve-se principalmente à contribuição das espécies encontradas no estrato superior da floresta.

As observações sobre a riqueza de espécies refutam a hipótese de diminuição da riqueza com o aumento dos estratos da vegetação, pois houve um incremento da riqueza com o aumento dos estratos. A heterogeneidade ambiental tem sido reconhecida como uma das melhores explicações para a diversidade de espécies. (Krijger, 2000; Shorrocks & Sevenster, 1995). Ambientes mais heterogêneos possibilitam a coexistência de um maior

número de espécies do que ambientes homogêneos, por disponibilizar maior número de microhabitats afetando diretamente a estrutura das comunidades (Tanabe *et al.*, 2001; Tanabe, 2002). No presente trabalho foi possível observar um aumento na riqueza em ambientes considerados mais heterogêneos como o estrato superior da floresta e o perfil topográfico intermediário. O estrato superior apresenta características peculiares que possibilitam a maior coexistência de espécies, entre eles a oferta de recursos no acúmulo de serapilheira sobre emaranhados de trepadeiras, epífitas e ramos de árvores que formam um tapete onde frutos e outros tipos de recursos podem estar disponíveis para as espécies (Longino & Nadkarni, 1990).

A confirmação da hipótese de que o efeito da topografia seria evidente em termos de riqueza de espécies sugere uma seletividade das espécies em termos de perfis topográficos, que pode ser traduzida pela proximidade de igarapés que cortam as trilhas nas áreas de baixo e intermediário. Para Omena-Júnior & Martins (2007) a proximidade de corpos d'água e igarapés permitem a existência de ambientes mais estáveis em termos de variações de características climáticas. Segundo Medeiros *et al.* (2004) a distribuição das espécies de *Drosophila* se dá em resposta ao gradiente de proximidade de igarapés, onde as espécies mais abundantes próximo aos corpos d' água, são aquelas que também apresentam maior restrição à floresta. Está é uma estratégia de controle dos insetos à perda de água que pode ser explicada por características fisiológicas como a estrutura cerosa de seu exoesqueleto, a capacidade de absorção e reabsorção de água pelo reto e diretamente da atmosfera. Segundo Hoffman *et al.* (2003) um dos fatores que explicam a distribuição geográfica dos insetos é a resistência à dessecação; espécies de florestas tropicais tendem a ter menor resistência à dessecação, pois se encontram em ambientes que apresentam taxas elevadas de umidade e as mudanças microclimáticas podem ter efeito mais severo sobre estas espécies.

A alta dominância de *D. sturtevanti* em todas as frações do hábitat é um fato incomum, pois esta espécie tem sido capturada em floresta amazônica com frequências sempre abaixo das espécies do subgrupo *willistoni* (Dobzhansky & Pavan, 1950; Martins, 2001), consideradas dominantes neste ambiente.

A ocorrência em baixíssima frequência de *Zaprionus indianus* (0,001%) reafirma o alto grau de preservação da área, pois está é uma espécie exótica que facilmente alcança altas abundâncias nos sítios onde ocorre, tornando-se muitos casos a espécie dominante (Tidon, 2006). No entanto a Floresta Amazônica parece funcionar, de certa forma, como barreira à expansão desta espécie, conforme já reportado para outras espécies de drosofilídeos invasores cuja abundância só é incrementada em circunstâncias de perturbação florestal (Martins, 2001).

A alta frequência e dominância de *Drosophila fulvamacula* foram observadas pela primeira vez. Esta espécie tem sido coletada em áreas de Floresta Amazônica, porém sempre em baixa frequência (Dobzhansky & Pavan, 1950; Martins, 2001). A espécie foi descrita por Patterson & Mainland em 1944, com base em material do México e uma subespécie *D. fulvamacula flavorepleta* foi designada a partir de material coletado em Belém, Pará, em 1975 (Vilela, 1983). Martins & Santos (2007) reportam a emergência de *D. fulvamacula* a partir de frutos de *Parahncornia amapa* (Apocynaceae), com 0,78% de frequência relativa.

Há evidências que ocorre escolha de hábitat em espécies de *Drosophila* (Shorrocks & Nigro, 1981). Em termos de comparação entre as dimensões amostradas no presente estudo, pode-se afirmar que tanto a estratificação vertical quanto os perfis topográficos foram marcantes, em termos de influenciar a distribuição de espécies. O efeito da estratificação vertical foi mais evidente que o componente topográfico, confirmando as observações feitas por Shorrocks, 1975 em suas investigações sobre estratificação vertical

de drosofilídeos na Inglaterra. Das 11 espécies analisadas individualmente, somente *D. fulvimacula* não apresentou variação na ocupação de hábitat.

As espécies do subgrupo *willistoni* compõem um complexo de espécies que engloba *D. paulistorum*, *D. willistoni*, *D. equinoxialis* e *D. tropicalis*. Elas são espécies crípticas que compartilham os mesmos requerimentos ecológicos, ocorrendo nas mesmas armadilhas e emergindo dos mesmos frutos (Martins & Santos 2007; Praxedes & Martins, no prelo). A dominância do subgrupo *willistoni* em ambientes florestais é bem conhecida. (Dobzhansky & Pavan 1950; Sene *et al.*, 1980; Brncic & Valente, 1978; Araújo & Valente, 1981; Pereira *et al.*, 1983; Valente & Araujo, 1986; Bonorino & Valente 1989; Martins, 1989; Valente & Araujo, 1991; Rohde & Valente, 1996; Vilela, 2001).

O grupo *Saltans* de *Drosophila*, que foi o dominante neste estudo, é constituído por espécies aparentemente mais resistentes a pequenas variações ambientais e o efeito dessas variações são tolerados com mais facilidade por elas. Além disso, *Drosophila sturtevanti* e *Drosophila prosaltans* são espécies versáteis e com facilidade de ocupar vários ambientes, consideradas por alguns autores como típicas de formações abertas (Sene *et al.*, 1980; Bizzo & Sene, 1982; Val & Kaneshiro, 1988). Este estudo demonstrou que elas podem também ocupar com sucesso os ambientes florestais prístinos.

O fato de *D. malerkotliana* (grupo *Melanogaster*) usar os dois estratos da floresta, mas ocupar em maior abundância os estratos superiores pode parcialmente explicar o aumento de abundância desta espécie verificada nos estratos inferiores de florestas secundárias ou que sofreram algum tipo de perturbação como reportado por Martins (2001).

## **CONCLUSÃO**

A distribuição de abundância das espécies seguiu o modelo matemático lognormal que é frequentemente encontrado em comunidades de Florestas tropicais.

A heterogeneidade ambiental influencia a distribuição das espécies. Os ambientes mais heterogêneos abrigaram maior riqueza. Ambos os componentes da heterogeneidade ambiental avaliados: perfis topográficos e estratos da vegetação mostraram efeito evidente na organização das espécies no ambiente; sendo o estrato vertical da vegetação o componente mais marcante para o agrupamento dessas espécies, principalmente o estrato superior.

## REFERÊNCIAS

- Bizzo, N. M. V. & Sene, F. M. 1982. Studies on the natural populations of *Drosophila* from Peruíbe (SP), Brazil (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Biologia** 42 (3): 539-544.
- Burla, H., Cunha, A.B., Cavalcanti, A.G.L., Pavan, C. & Dobzhansky, T. 1950. Population density and dispersal rates in Brazilian *Drosophila willistoni*. *Ecology* 31:393-404.
- Clarke, K. R., and R. N. Gorley. 2001. PRIMER 5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Colwell, R. K. 2009. *EstimateS*, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).
- Dobzhansky, T. & Pavan, C. 1950. **Local and seasonal variations in relative frequencies of species of drosophila in Brazil**. Columbia University, New York, and the University of São Paulo, Brazil 19: 2-13.
- Heltsh, J.F. & N.E. Forrester. 1983. Estimating species richness using the Jackknife procedure. **Biometrics** 39:1-11.
- Hoffmann, A.A., Hallas, R.J., Dean, J.A. & Schiffer, M. 2003. Low potential for climatic stress adaptation in a rainforest *Drosophila* species. *Science* 301: 100–102.
- Kevan, P.G., Greco, C.F. & Belaoussoff, S. 1997 Log-normality of biodiversity and abundance in diagnosis and measuring of ecosystemic health: pesticide stress on pollinators on blueberry heaths. *Journal of Applied Ecology*, **34**, 1122- 1136.
- Krijger, C.L.2000. Spatio-temporal heterogeneity and local insect diversity. A case study on neotropical *Drosophila* communities. Proefschrift Universiteit Leiden, Leiden . 171p.
- Longino, J.T. & Nadkarni, N.M. 1990. A comparison of ground and canopy leaf litter ants (Hymenoptera: Formicidae) in a neotropical montane forest. **Psyche** 97 : 81-93.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University, 179p.
- MacArthur R. H & Levins R 1967. The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist*, 101: 377-385.
- Martins, M.B. 2001. Drosophilid fruit-fly guilds in Forest fragments. **In:** Bierregaard Jr, R.O.; Gascon, C.; Lovejoy, T.E. & Mesquita, R. (Eds.). **Lessons From Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest**. New Haven, Yale University p. 175-186.
- Martins, M. & Santos, R.C. 2007. Sítios de criação de *Drosophila* na Reserva Mocambo, Belém, Pará. **In: Mocambo: Diversidade e Dinâmica Biológica da Área de Pesquisa Ecológica do Guamá (APEG)**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: Embrapa Amazônia Oriental. 317-331 pp.

Martins, M.B.; Pena, J.A.N.; Bittencourt, R. N. 2008. Traps for tropical drosophilids survey. **Drosophila Information Service** **91**: 91-91.

May, R.M. (1975) Patterns of species abundance and diversity. *Ecology and Evolution of Communities* (ed. by M.L.Cody and J.M.C.P.Diamond), pp. 81- 120. Harvard University Press VL -.

Medeiros, H.F. & Klaczko, L.B. 2004. Relações entre características bionômicas e fisiológicas de espécies de *Drosophila* e a distribuição de suas abundâncias na natureza. Tese de Doutorado. UNICAMP.

Moraes J.C.; Costa J.P.R.; Rocha E.J.P.; Silva I.M.O. 1997. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém**, **3**: 85-95.

Nadkarni, M. & J.T. Longino. 1990. Invertebrates in canopy and ground organic matter in a neotropical montane forest, Costa Rica. *Biotropica* **22** (3): 286-289.

Omena Júnior, R.S. & Martins, C. 2007. Comportamento reprodutivo e caracterização de sítios de reprodução de galos-da-serra (*Rupicola rupicola*) no Amazonas. **Revista Brasileira de Ornitologia** **15**(1):35 - 38.

Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Amazônia, 2011. <http://www.museu-goeldi.br/ppbio/>.

Pavan, C. 1959. Relações entre populações naturais de *Drosophila* e o meio ambiente. *Boletim Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo*, **221** (11):1-81.

Pielou, E.C. 1975. **Ecological diversity**. New York: John Wiley. 165 p

Preston, F.W. 1948. The commonness and rarity of species. **Ecology**, **29**, 254-283.

Preston, F.W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity. **Ecology**, **43**, 185-215.

Preston, F.W. 1980. Noncanonical distributions of commonness and rarity. **Ecology**, **61**, 88-97.

Smith, N. J. H. 2002. Dinâmica do uso da terra no estuário do Amazonas, p 25-33. In: P. L. B. LISBOA (org.). Caxiuanã: Populações tradicionais, meio físico e diversidade biológica, **Museu Paraense Emílio Goeldi**. Belém-Pará. 734p

Shorrocks, B. 1975. The distribution and abundance of Woodland of British *Drosophila* (Diptera: Drosophilidae). **Journal of Animal Ecology** **44**: 851-864.

- Shorrocks, B. & Nigro, L. 1981. Microdistribution and hábitat selection in *Drosophila subobscura*. **Biological Journal of the Linnean Society** 16:293–301.
- Sene, F.M., F.C. Val, C.R. Vilela & M.A.Q.R. Pereira. 1980. Preliminary data of geographical distribution of *Drosophila* species within morphoclimatic domains of Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia** 33: 315-326.
- Brncic, D. J. & V.L.S. Valente, 1978. Dinâmica das Comunidades de *Drosophila* que se estabelecem em frutos silvestres no Rio grande do Sul. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 30(9): 1104-1111.
- Araújo, A. M. & V. L. S. Valente. 1981. Observações sobre alguns lepidópteros e drosofilídeos do Parque do Turvo, RS. **Ciência e Cultura** 33(11): 1485-1490.
- Pereira, M.A.Q.R.; Vilela, C.R. & Sene, F.M. 1983. Notes on breeding and feeding sites of some species of the *repleta* group of the Genus *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Ciência e Cultura**. São Paulo, 35:1313-1319.
- Valente, V.L.S. & Araújo, A.M. 1986. Comments on breeding sites of *Drosophila willistoni* Sturtevant (Diptera, Drosophilidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, 30: 281-286.
- Bonorino, C. B. C. & Valente, V. L. S. 1989. Studies on wild and urban populations and breeding sites of *Drosophila nebulosa*. **Revista Brasileira de Biologia** 49(3): 771-776.
- Martins, M.B. 1989. Invasão de fragmentos florestais por espécies oportunistas de *Drosophila* (Diptera, Drosophilidae). **Acta Amazônica** 19: 265-271.
- Valente, V. L. & A. M. Araújo. 1991. Ecological aspects of *Drosophila* species in two contrasting environments in southern Brazil (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 35(2): 237-253.
- Rohde, C. & Valente, V.L.S. 1996. Ecological characteristics of urban populations of *Drosophila polymorpha* Dobzhansky & Pavan and *Drosophila cardinoides* Dobzhansky & Pavan (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 40: 75-79.
- Vilela, C. R. 2001. Breeding sites of Neotropical Drosophilidae (Diptera). III. Rotting infructescences of *Philodendron bipinnatifidum* (Araceae). *Revista brasileira de entomologia*. 45: 339-344.
- Vilela, C. R. 1983. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 27(1): 1-114.
- Val, F.C. & Kaneshiro, K.Y. 1988. Drosophilidae (Diptera) from the Estação Biológica de Boracéia on the Coastal Range os the State of São Paulo, Brazil: Geographical Distribution. *In*: Vanzolini, P.E. & Heyer, WR. (eds.), *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*, p. 189-203.
- Shorrocks, B. & Sevenster, J.G. 1995. Explaining local diversity species. **Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences** 260: 305-309.

Shorrocks, B. & M. Bingley. 1994. Priority effects and species coexistence: experiments with fungal breeding *Drosophila*. **Journal of Animal Ecology**, London, **63**: 799-806.

Shorrocks, B. 1990. Coexistence in a patchy environment. Living in Patchy Environment. (eds B. Shorrocks & I. Swingland), pp. 91-106. Oxford University Press, Oxford.

Tanabe, S. 2002. Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. **Ecological Entomology**. **27**: 720-731.

Tanabe, S.I.; Toda, M.J & Vinokurova, A.V. 2001. Tree Shape, forest structure and diversity of Drosophilid communities. Comparasion between boreal and temperate birch. **Ecological Research** **16**: 369-385

Tidon, R. 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biological Journal of the Linnean Society** **87**: 233–247.

Tidon-Sklorz, R & Sene, F. M. 1992. *Drosophila*. In: Brandão & Canello, E. M. (eds.), **Invertebrados Terrestres, Biodiversidade**. p. 254-261.

Ugland, K.I. & Gray, J.S. 1982. Lognormal distributions and the concept of community equilibrium. **Oikos** **39**: 171-178.

Vilela, C. R. 1983. A revision of the *Drosophila repleta* species group (Diptera, Drosophilidae). **Revista Brasileira de Entomologia, São Paulo** **27**:1-114.

## **CAPÍTULO 2**

[Artigo a ser submetido à Revista Ecological Entomology]

**MICROCLIMA, ESTRUTURA DO HABITAT E COMUNIDADE DE  
DROSOFILÍDEOS.**

Rosângela B. Amador <sup>1</sup>& Marlúcia B. Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará/Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral, 1001, Terra Firme, CEP: 66017-970, Belém-PA, Brasil. E-mail: [rgbio2003@yahoo.com.br](mailto:rgbio2003@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Laboratório de Ecologia de Invertebrados, Departamento de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral 1001, Terra Firme, CEP: 66017-970, Belém-PA, Brasil. E-mail: [marlucia@museu-goeldi.br](mailto:marlucia@museu-goeldi.br)

## ABSTRACT

The distribution of species of the family Drosophilidae associated with fruits was tested in two strata of vegetation and topographic profiles, the data relating to wealth and abundance of species micrometeorological data (temperature, relative humidity and precipitation) and habitat structure (open canopy and understory density) obtained in the same collection of points. Samples were collected in March and June 2010 in the National Forest Caxiuanã. The capture of the insects was performed with the use of traps baited with fermented banana into chunks 100g. We identified 49,139 individuals, distributed in 29 species and two undescribed: b09007 *Drosophila* and *Drosophila* ac10001. Although the year 2010, the collection period of this study have responded to the La Nina weather phenomenon, which influences rainfall and temperature in the Northern and Northeastern Brazil, due to a cooling waters of the Pacific Ocean in none of the months studied the temperature behaved atypical. Comparing the mean temperature between the layers of vegetation and topographic profile was observed that there was no difference in this variable in the different sample sizes. Although there is a trend of increasing temperature toward the forest canopy. The relative humidity varied between different strata and topographic profiles of the vegetation. The lower layer showed values of moisture higher than the upper strata of the forest and lowland topographic profile is wetter than the others, possibly by the presence of creeks that cross the tracks by increasing the percentage of moisture. The topographic profile shoal had higher rates of understory density profile followed by intermediate and plateau. The values of canopy openness did not vary between environments, as well as the accumulated rainfall that did not show significant variation between months sampled. There was no change in the number of individuals in the strata of vegetation, or between the topographic profiles, since species richness showed variation among different fractions of the environment. The most common species in the lower strata of the forest responded negatively to high values of precipitation, temperature and canopy openness, whereas the most common species to 20 feet above the ground are less sensitive to these factors. The abiotic conditions influence the distribution of forest species and contribute effectively in structuring these communities. Global effects that act on forest structure and constitution of the microclimate can dramatically alter the distribution and survival of these species in the environment.

**KEYWORDS.** Drosophilidae, microclimate, vegetation strata, topographic profiles.

## **RESUMO**

A distribuição das espécies da família Drosophilidae associadas a frutos foi testada em dois estratos de vegetação e perfis topográficos, relacionando os dados de riqueza e abundância das espécies aos dados micrometeorológicos (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação) e de estrutura do habitat (abertura de dossel e densidade do sub-bosque) obtidos nos mesmos pontos das coletas. As coletas foram realizadas em março e junho de 2010 na Floresta Nacional de Caxiuanã. A captura dos insetos foi realizada com a utilização de armadilhas com isca de banana fermentada em porções de 100g. Foram identificados 49.139 indivíduos, distribuídos em 29 espécies sendo, duas não descritas: *Drosophila b09007* e *Drosophila ac10001*. Apesar do ano de 2010, período das coletas do presente estudo, ter correspondido ao do fenômeno climático La Niña, que influencia regimes de chuvas e de temperatura principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil, devido a um resfriamento nas águas do oceano pacífico, em nenhum dos meses estudados a temperatura se comportou de maneira atípica. Comparando os valores médios de temperatura entre os estratos da vegetação e perfil topográfico foi verificado que não houve diferença desta variável nas diferentes dimensões amostradas. Apesar de haver uma tendência de aumento de temperatura em direção ao dossel da floresta. A umidade relativa do ar variou entre os diferentes perfis topográficos e estratos da vegetação. O estrato inferior apresentou valores médios de umidade mais elevados que o estrato superior da floresta e o perfil topográfico baixo é mais úmido que o os demais, possivelmente pela presença dos igarapés que cortam as trilhas aumentando os percentuais de umidade. O perfil topográfico baixo apresentou maiores índices de densidade de sub-bosque seguidos

do perfil intermediário e platô. Já os valores de abertura de dossel não variaram entre os ambientes, assim como a precipitação pluviométrica acumulada que não apresentou variação significativa entre os meses amostrados. Não houve variação no número de indivíduos nos estratos da vegetação e nem entre os perfis topográficos, já a riqueza de espécies apresentou variação entre as diferentes frações do ambiente. As espécies mais comuns no estrato inferior da floresta responderam negativamente a altos valores de precipitação, temperatura e abertura de dossel, enquanto que as espécies mais comuns a 20 metros do solo são menos sensíveis a esses fatores. As condições abióticas da floresta influenciam a distribuição das espécies e contribuem efetivamente na estruturação dessas comunidades. Efeitos globais que atuem sobre a estrutura da floresta e a constituição do microclima podem alterar drasticamente a distribuição e sobrevivência dessas espécies no ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE.** Drosophilidae, microclima, estratos da vegetação, perfis topográficos.

## INTRODUÇÃO

As espécies vivem em uma complexa rede de interações que podem explicar o comportamento e a estrutura de uma comunidade natural no espaço e no tempo (Leibold, 1995). Não há um consenso quanto à importância relativa dos fatores bióticos e abióticos na composição das comunidades, assumindo-se que diferenças no uso de nicho permitem a coexistência em determinado hábitat (Héroult, 2007).

Nicho tem sido definido de muitos modos, o mais aceito determina-o como sendo um hipervolume n-dimensional, no qual cada dimensão corresponde a uma condição biótica ou abiótica que indica as necessidades biológicas das espécies e o limite de sobrevivência das mesmas, onde podem persistir e manter populações viáveis (Hutchinson, 1957; Héroult, 2007). Este é propriamente o conceito de nicho fundamental, que determina as propriedades ecológicas de uma espécie. Hutchinson (1957) definiu também o nicho realizado de uma espécie como sendo um subconjunto do nicho fundamental, condicionado pelas condições ambientais e interações presentes.

O conceito de nicho evoluiu com o passar do tempo como uma implicação do princípio da exclusão competitiva de Gause (1934) com o objetivo de descrever a proporção do espaço de nicho que deveria ser ocupada por cada espécie para garantir o sucesso de sua perpetuação e a coexistência com outras espécies frente à competição (Norris, 2003). Segundo Caswell (1976) a porção de nicho ocupada é em parte determinada por características abióticas do ambiente atuando sobre os requerimentos dos organismos, mas uma parte considerável é definida pelas interações com outros membros da comunidade.

A estrutura de comunidades pode se dar tanto por fatores determinísticos quanto por fatores historicamente contingentes. No primeiro, o efeito das interações nas

comunidades é determinado pelas condições ambientais e interações, e as regras de nicho nas assembléias são mais importantes que a dispersão das espécies. Por outro lado, quando a variação é historicamente contingente a estrutura de comunidade será influenciada por dispersão randômica e extinção estocástica (Hubbell, 2001). Desta maneira, os padrões de composição e a coexistência das espécies em comunidades ecológicas podem ser explicados por duas vertentes teóricas que se complementam quanto a seus pressupostos, a teoria de nicho e a teoria neutra. Segundo a teoria de nicho as variáveis ambientais têm papel fundamental para a distribuição das espécies no ambiente e é esperado que a convergência na história de vida resulte em uma perda de espécies por exclusão competitiva (Horn, 1974). A teoria Neutra da biodiversidade (TNB), construída sob o enfoque da teoria de biogeografia de ilhas de MacArthur & Wilson (1967), tem como um de seus pressupostos centrais a equivalência funcional das espécies, onde os organismos apresentam as mesmas propriedades demográficas e os padrões observados na natureza estão baseados na dispersão dos indivíduos (Hubbell, 2001; Cassemiro, 2008).

Entre os fatores que determinam a distribuição da biodiversidade, o clima pode ser considerado um dos mais importantes (Dias *et al.*, 2007). A distribuição das espécies no ambiente está intimamente relacionada às variações no meio físico; essas variações influenciam atividades essenciais como a reprodução, nascimento e desenvolvimento dos indivíduos (Wolda, 1988).

Assumindo-se um cenário de mudanças climáticas globais o aumento na magnitude e frequência de perturbações ambientais extremas, levará a um desequilíbrio das interações espécie-meio. As perturbações ocasionadas causam uma variedade de efeitos, como variações de temperatura, mudanças nos ciclos de chuva e de precipitação pluviométrica, alteração da concentração do dióxido de carbono causada pelo aquecimento global e efeito estufa (Fearnside, 1999).

As variações climáticas podem ser consideradas como um evento natural, mas tendem a um acelerado aumento devido às atividades humanas (Primack & Rodrigues, 2001). Os fenômenos climáticos El Niño e La Niña são fases distintas (quente e fria) de um movimento resultante da interação entre o oceano e a atmosfera que com o decorrer dos anos tem trazido impacto evidente em termos de alteração sobre a temperatura e precipitação nas florestas (Fearnside, 2009).

Os sistemas biológicos podem ser fortemente afetados nestas situações de alto *stress* climático (Parsons, 1991), pois determinam o limite de sobrevivência das espécies (Parsons, 1990). Segundo Srivastava & Singh (1998) a temperatura e a umidade são duas importantes variáveis que afetam o desenvolvimento em espécies do gênero *Drosophila*, principalmente em aspectos de eficácia reprodutiva como a oviposição, onde os organismos perdem sua capacidade fisiológica em temperaturas muito baixas e perdem água por desidratação em ambientes muito secos.

As variáveis microclimáticas também estão relacionadas à variáveis de estrutura da vegetação da floresta como os índices de abertura de dossel e densidade do sub-bosque. A abertura de dossel pode apresentar uma amplitude de variações que tende a formar um mosaico dentro da mata com áreas mais ou menos iluminadas e que geram condições ambientais distintas de temperatura e umidade para as espécies que habitam o sub-bosque (Kapos, 1989). Alguns estudos mostram que o aumento na abertura de dossel acentuou mudanças no microclima em função do aumento da temperatura e diminuição da umidade no sub – bosque (Kapos, 1989; Scariot, 2000; Vasconcelos & Luizão, 2004)

Fatores como a topografia também tem um papel fundamental na determinação da diversidade dos organismos, como em Drosophilidae, pois a distribuição das espécies será explicada pela variabilidade de ambientes que poderão explorar (Megías *et al.*, 2007; Tanabe *et al.*, 2001). Assim, considerando a importância das condições ambientais para a

sobrevivência e distribuição das espécies de Drosophilidae, nós testamos a seguinte predição: (1) A abundância de indivíduos e riqueza de espécies diminui com o aumento dos estratos da vegetação e perfis topográficos; Para isso testamos as variações climáticas e de estrutura do hábitat, para melhor caracterizar e validar os gradientes ambientais estudados (estratos verticais da vegetação e perfis topográficos)

As hipóteses geradas para as variáveis de microclima e estrutura do habitat foram: (1) a temperatura aumenta com o aumento dos estratos verticais da vegetação e perfis topográficos; (2) a umidade relativa do ar diminui com o aumento dos estratos verticais da vegetação e perfis topográficos; (3) a abertura de dossel e a densidade do sub-bosque aumentam com o aumento dos perfis topográficos; (5) Há uma diferença dos níveis de precipitação pluviométrica entre os períodos de coleta.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional de Caxiuanã localizada nos municípios de Portel/Melgaço estado do Pará, Brasil ( $1^{\circ} 42'30''$  S  $51^{\circ} 31'45''$  W) (Figura 1). A fitofisionomia é de Floresta ombrófila densa de Terra firme com clima tropical quente e úmido, do subtipo climático “Am”, segundo a classificação de Koppen (Moraes *et al.*, 1997). Com estação seca entre agosto e novembro e com chuvas durante dezembro a junho. As temperaturas médias mais baixas ocorrem de janeiro a março, enquanto que os meses mais quentes vão de outubro a dezembro, com temperatura média em torno de  $27^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa média anual é de aproximadamente 80%.

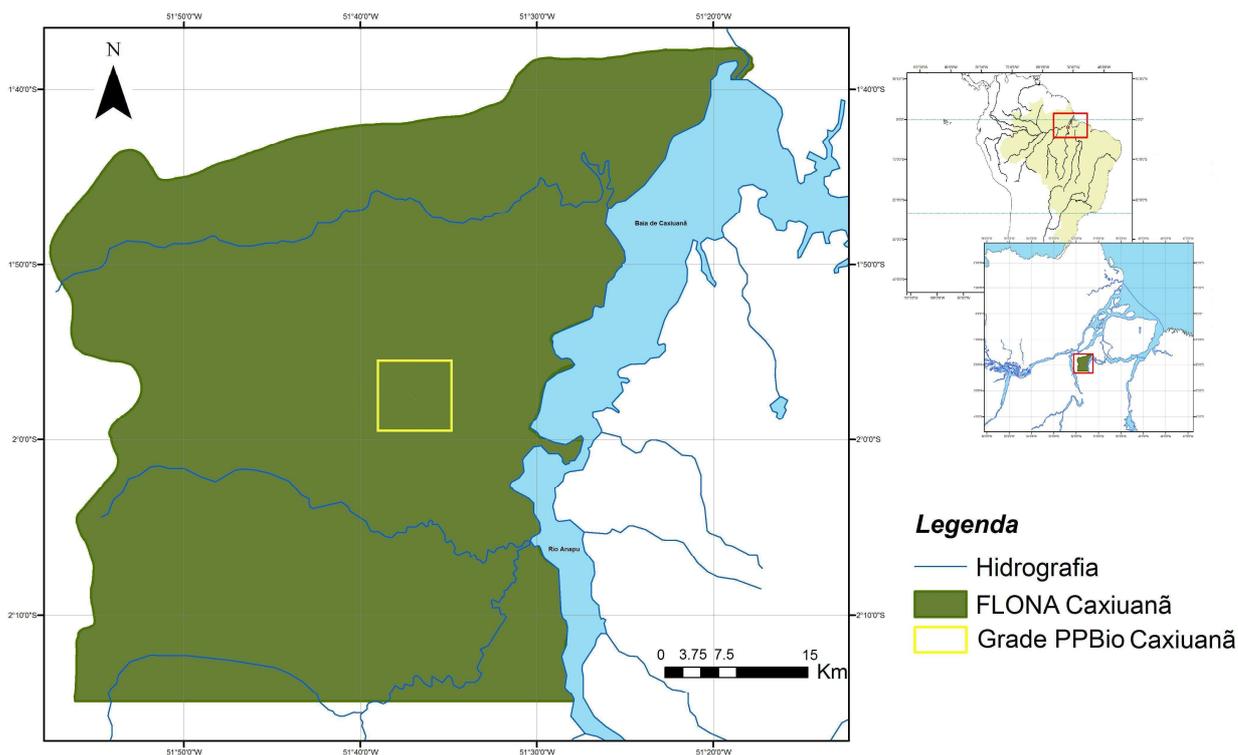


Figura 1. Localização do sítio de amostragem do PPBio na Floresta Nacional de Caxiuanã, município de Melgaço/Portel-Pará.

Alguns aspectos sobre a dinâmica climática em Caxiuanã foram abordados tais como as rajadas de vento, características dos regimes de umidade e temperatura potencial (Nogueira *et al.*, 2006; Cohen *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2010; Nunes *et al.*, 2009). Segundo Conceição *et al.* (2009) existe um gradiente horizontal de temperatura influenciado pela localização e a conformação da Baía de Caxiuanã em meio à floresta proporcionando um ambiente físico que favorece a influencia de circulações locais devido às superfícies existentes entre a floresta e a Baía em micro e mesoescala.

Os valores de cota topográfica da área (elevação do terreno) variam entre 19 e 47 metros, verificando-se que está é considerada uma região de terras baixas (PPBio, 2011).

### Coleta de dados

As coletas foram realizadas nos meses de março e junho de 2010. A captura dos insetos foi feita com a utilização de armadilhas com isca de banana fermentada em porções de 100g (Martins *et al.*, 2008). As armadilhas foram distribuídas ao longo de

aproximadamente 200m, em dois transectos que apresentam as maiores variações de topografia da área: linha A no Km 4000 (A), cujo perfil topográfico variou de 21 a 38 m e linha G no Km 2000 (G1) com perfil que variou de 22 a 34 m e no km 3800 (G2), com perfil que variou de 21 a 40 m.

Em cada trecho das linhas (A, G1 e G2) foram selecionadas 30 árvores com distância mínima de 20m, 10 em cada área de perfil: baixo, intermediário e platô, totalizando 90 árvores. Em cada árvore foram fixadas duas armadilhas, uma no estrato inferior a 1m do solo e outra no estrato superior a 20m de altura, totalizando 360 amostras. Os dados climatológicos foram obtidos através de sensores de temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar (“datalogger” Hobo Pro v2), coletando dados a cada 5 minutos, instalados pelo projeto Universal-CNPq (Processo – 472112/2007-4) nos mesmos pontos onde foram instaladas as armadilhas para coleta dos drosofilídeos. Na mesma área foram instalados três pluviômetros, que coletaram os dados de chuva sendo colocados no primeiro dia de coleta e lidos simultaneamente diariamente ao longo da expedição. A abertura de dossel foi medida com a utilização de um densiômetro e os dados de densidade do sub-bosque obtidos com o auxílio de uma vara marcada a cada dez centímetros. Ambas as medidas foram registradas a 1m do nível do solo.

### **Análise dos dados**

Considerando que os dados de abundância não apresentaram as premissas de um teste paramétrico, a hipótese de diminuição de abundância com o aumento dos estratos da vegetação e perfis topográficos foi testada através dos testes não paramétricos Mann-witney e Kruskal-wallis respectivamente.

A medida de riqueza usada aqui foi baseada no estimador não paramétrico jackknife de primeira ordem de acordo com Heltshe & Forrester, 1983, para a estimativa e comparação entre áreas.

Todos os dados das variáveis ambientais foram testados e apresentaram normalidade em sua distribuição, com exceção da precipitação pluviométrica. Para testar diferenças de temperatura e umidade relativa do ar nos estratos da vegetação foi usado o teste T e para os perfis topográficos a ANOVA One-way a 95%.

Para testar a hipótese de que a abertura de dossel e a densidade do sub-bosque aumentam com o aumento dos perfis topográficos foi feita também a análise de variância (ANOVA One-way a 95%). Os dados que apresentaram resultados significativos na ANOVA foram submetidos ao teste a posteriori (Tukey HSD).

Para verificar se houve variação da precipitação pluviométrica acumulada entre os períodos de coleta foi feito o teste não paramétrico Mann-Whitney.

A análise de co-inércia foi aplicada para identificar o efeito da abertura de dossel, densidade do sub-bosque, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica sobre cada espécie com abundância acima de 40 indivíduos. Para tal foi utilizado o programa estatístico R, versão 2.6.1 com a utilização do pacote estatístico ade4.

## **RESULTADOS**

### **Descrição geral da Comunidade**

Foram contabilizados 49.139 insetos pertencentes à família Drosophilidae, distribuídos em 29 espécies. As espécies mais abundantes foram *Drosophila sturtevanti* Duda, 1927; *Drosophila fulvimacula* Patterson & Mainland, 1944; *Drosophila willistoni* Sturtevant, 1916; *Drosophila paulistorum* Dobzhansky & Pavan in Burla *et al.*, 1949 e *Drosophila malerkotliana* Parshad & Paika, 1964 (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância total de drosophilídeos na Floresta Nacional de Caxiuanã Melgaço/Portel (PA).

<b>Espécies de Drosophilidae</b>	<b>Total</b>
<i>Drosophila sturtevanti</i> Duda, 1927	27997
<i>Drosophila fulvimacula</i> Patterson & Mainland, 1944	10867
<i>Drosophila willistoni</i> Sturtevant, 1916	7193
<i>Drosophila paulistorum</i> Dobzhansky & Pavan, em Burla et al., 1949	1798
<i>Drosophila malerkotliana</i> Parshad and Paika, 1964	653
<i>Drosophila equinoxialis</i> Dobzhansky, 1946	231
<i>Drosophila ac10001</i>	90
<i>Drosophila polymorpha</i> Dobzhansky and Pavan, 1943	78
<i>Drosophila neocordata</i> Magalhaes, 1956	50
<i>Drosophila subsaltans</i> Magalhaes, 1956	46
<i>Drosophila prosaltans</i> Duda, 1927	40
<i>Drosophila tropicalis</i> Burla & Cunha, 1949	16
<i>Drosophila b09007</i>	14
<i>Drosophila camargoi</i> Dobzhansky and Pavan in Pavan, 1950	13
<i>Drosophila querubimae</i> Vilela, 1983	10
<i>Drosophila araicas</i> Pavan and Nacur, 1950	8
<i>Drosophila ivai</i> Vilela, 1983	7
<i>Drosophila coffeata</i> Williston, 1896	6
<i>Drosophila austrosaltans</i> Spassky, 1957	4
<i>Drosophila canalinea</i> Patterson and Mainland, 1944	4
<i>Zaprionus indianus</i> Gupta, 1970	4
<i>Drosophila ananassae</i> Doleschall, 1858	2
<i>Drosophila fumipennis</i> Duda, 1925	2
<i>Drosophila melanogaster</i> Meigen, 1830	2
<i>Drosophila calloptera</i> Schiner, 1868	1
<i>Drosophila limensis</i> Pavan and Patterson in Pavan and da Cunha, 1947	1
<i>Scaptodrosophila latifasciaeformis</i> (Duda)	1
<i>Drosophila cuaso</i> Vilela and Ratcov, 2000	1
<i>Drosophila dacunhai</i> Mourao and Bicudo, 1967	1
<b>Total</b>	<b>49139</b>

### Comparação da abundância entre os estratos da vegetação e perfis topográficos

Na análise de abundância total foi observado que não houve variação no número de indivíduos capturados nos estratos da vegetação ( $p= 0.760$ ) e nem entre os perfis topográficos amostrados ( $p= 0.693$ ) (Figura 2).

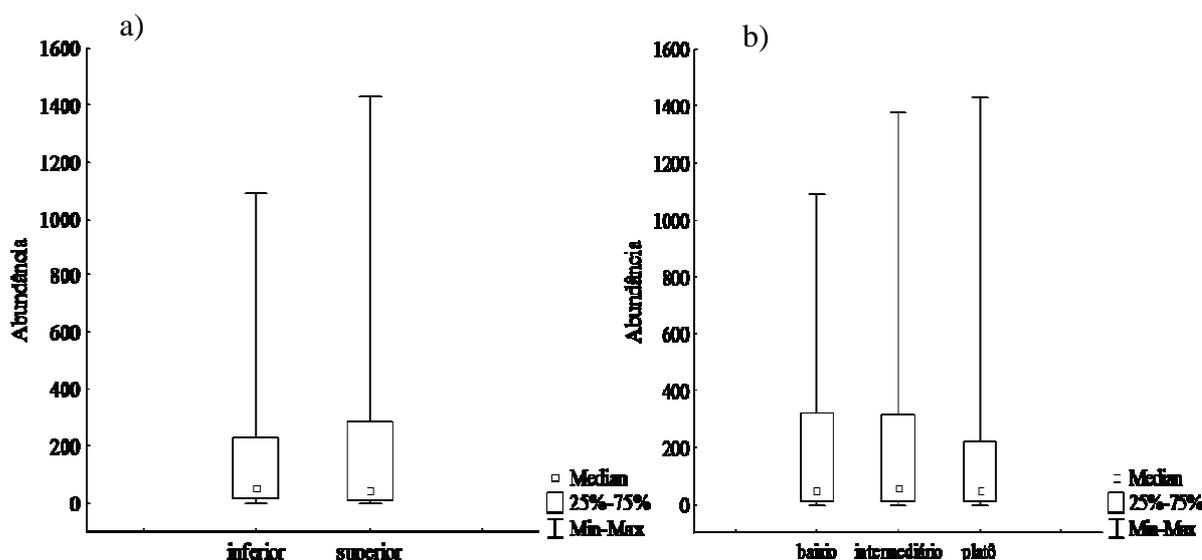


Figura 2. Abundância de drosofilídeos nos estratos da vegetação e perfis topográficos na FLONA Caxiuanã-PA; a) Estratos da vegetação e b) Perfis topográficos.

### Riqueza de espécies nos estratos da vegetação e perfis topográficos

Através do estimador não paramétrico Jackknife de primeira ordem foi possível observar que estrato inferior apresentou riqueza estimada de 23 espécies e o estrato superior apresentou riqueza estimada de 30 espécies. A comparação entre as estimativas baseada nos intervalos de confiança mostra que a riqueza estimada é diferente entre os dois estratos amostrados (Figura 3). O estrato superior (IC= 2,2; SD= 4,3) teve um acréscimo de sete espécies a mais que o estrato inferior (IC= 5,1; SD= 2,6).

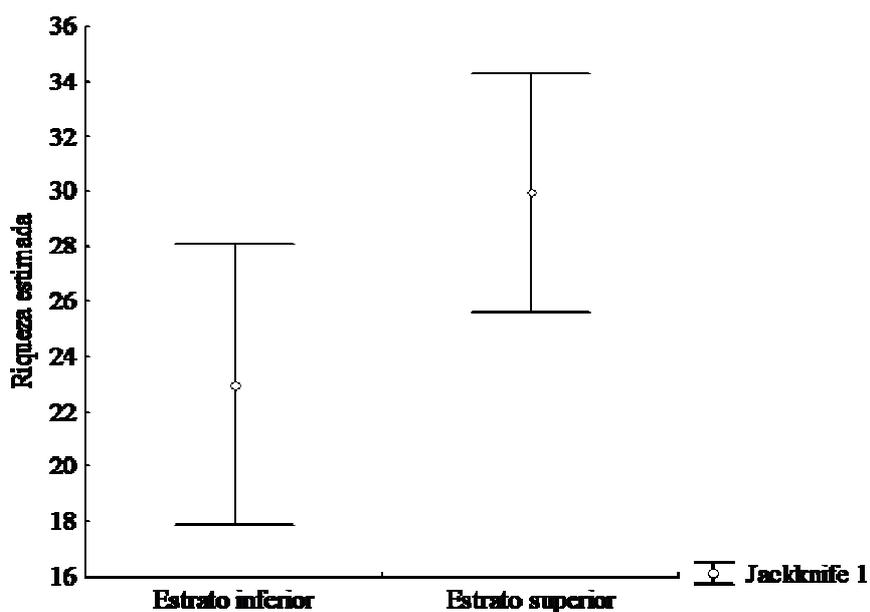


Figura 3. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos estratos da vegetação na FLONA Caxiuanã-PA.

Considerando os perfis topográficos foi observado que o perfil intermediário apresentou a maior riqueza estimada, com 30 espécies, seguida do baixio com 27 espécies e o platô com 20 espécies. A comparação utilizando os valores do intervalo de confiança mostra que a riqueza estimada na área de platô (IC= 2,8; SD= 5,5) é diferente das áreas com perfil intermediário (IC= 2,4; SD= 4,7) e baixio (IC= 1; SD= 2) (Figura 4).

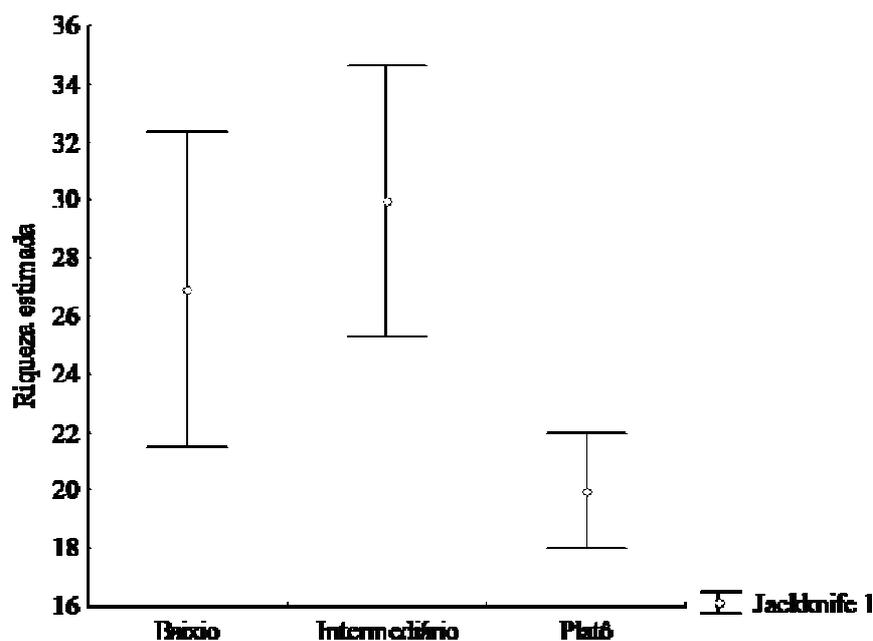


Figura 4. Comparação de riqueza baseada nos intervalos de confiança e desvio padrão da estimativa pelo jackknife de primeira ordem nos perfis topográficos na FLONA Caxiuanã (PA).

#### Comparação entre as variáveis ambientais nas diferentes frações do ambiente

A Tabela 2 apresenta os valores das variáveis ambientais mensuradas. Com base no teste T comparando os valores médios de temperatura entre os estratos da vegetação, foi verificado que não houve diferenças para essa variável nas dimensões de habitat amostradas ( $t = -0.53$ ;  $gl = 313$ ;  $p = 0.495$ ) apesar de haver uma tendência de aumento de temperatura em direção ao dossel da floresta (Figura 5).

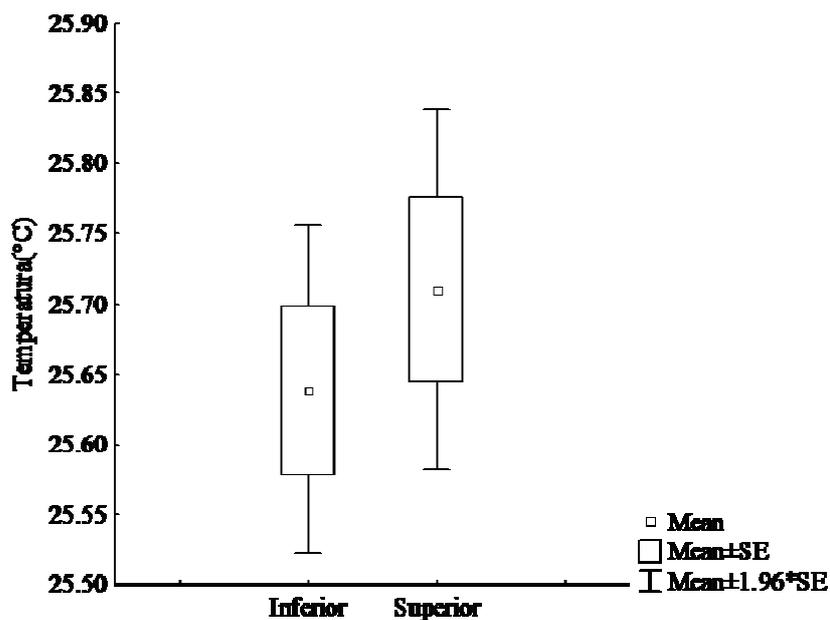


Figura 5. Comparação dos valores de temperatura média entre os estratos da vegetação amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).

A ANOVA para comparação entre os perfis topográficos mostrou que também não houve variação de temperatura entre esses ambientes ( $F= 0.993$ ;  $p= 0.371$ ) (Figura 6).

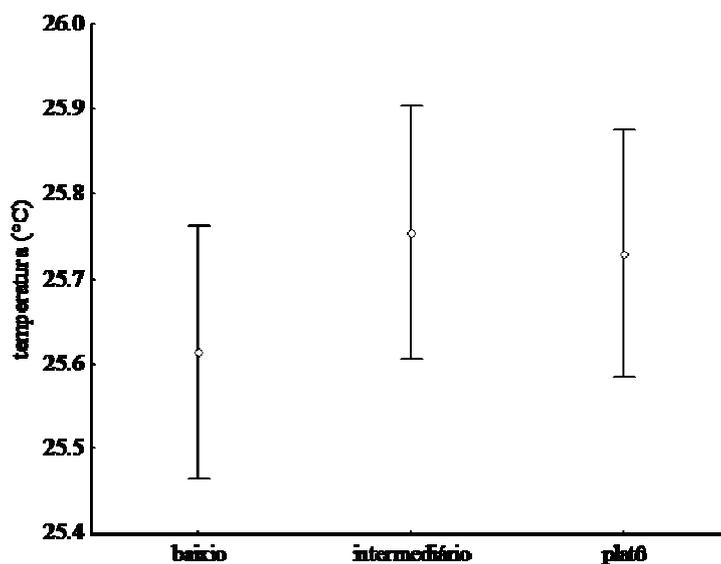


Figura 6. Comparação dos valores de temperatura média entre os perfis topográficos amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).

Com base no teste T para a comparação da umidade relativa do ar entre os estratos da vegetação, foi possível verificar que houve uma variação entre os ambientes amostrados onde o estrato inferior apresentou valores médios de umidade mais elevados que o estrato superior da floresta ( $t= 3.508$ ;  $gl= 313$ ;  $p= 0.0005$ ) (Figura 7).

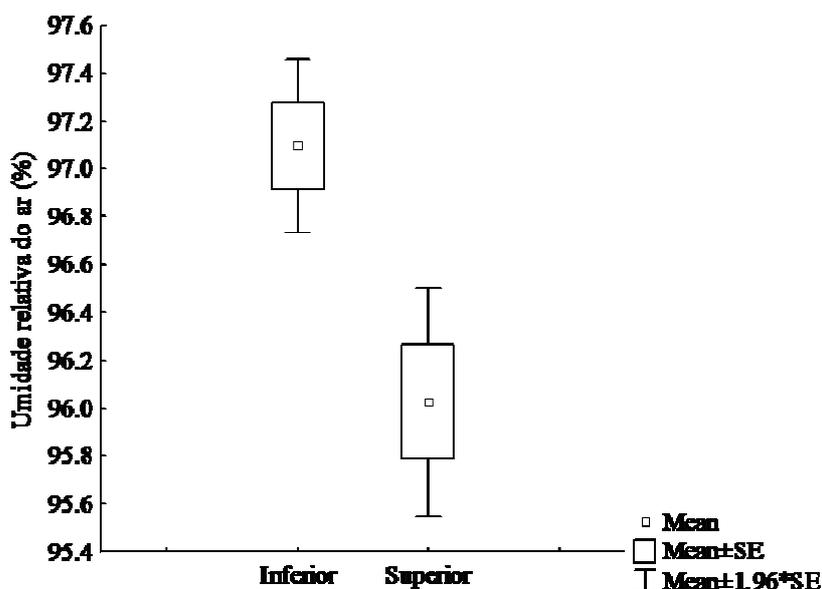


Figura 7. Comparação dos valores de umidade relativa do ar entre os estratos da vegetação amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).

Com base na análise de variância comparação de umidade relativa do ar entre os perfis topográficos foi possível observar que houve variação entre os diferentes perfis, onde o baixio apresentou maiores porcentagens de umidade, seguido do perfil intermediário e platô ( $F= 19.861$ ;  $p= 0.000$ ) (Figura 8).

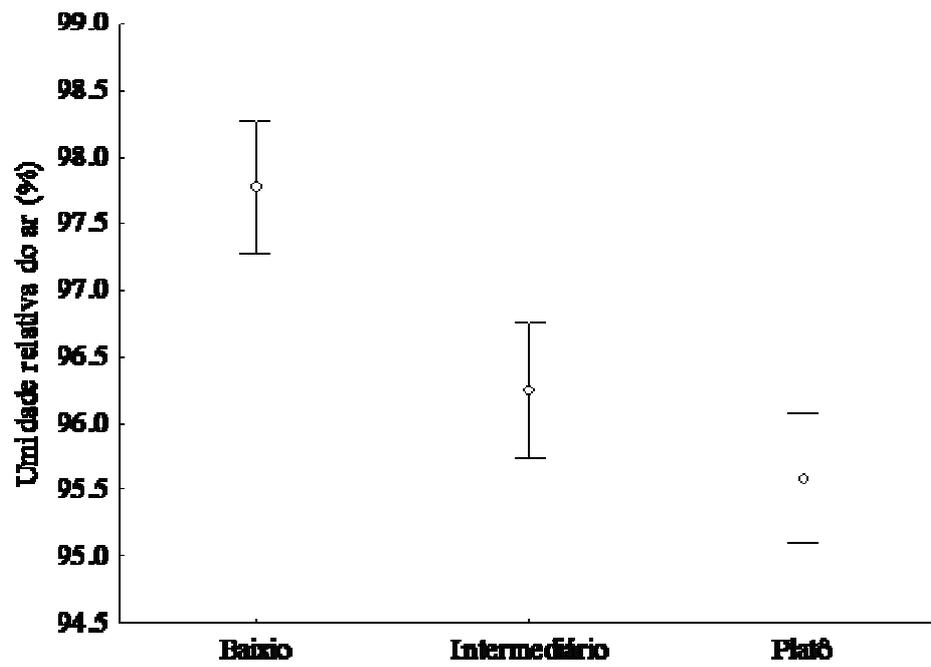


Figura 8. Comparação dos valores de umidade relativa do ar entre os perfis topográficos amostrados na FLONA de Caxiuanã (PA).

Tabela 2. Valores médios das variáveis ambientais mensuradas n FLONA de Caxiuana nos meses amostrados, perfis topográficos e estratos da vegetação (1= estrato inferior; 20= estrato superior); Ab. dossel= Abertura do dossel.

Período	Sítio	Altura	Perfil	Umidade(%)	Temperatura(°C)	Ab. dossel	Precipitação(mm)	sub-bosque
Março	A	1	baixio	97,72	25,19	0,09	8,94	0,50
Março	A	1	intermediário	93,24	25,56	0,08	14,33	0,50
Março	A	1	platô	97,19	25,39	0,11	7,38	0,38
Março	A	20	baixio	95,26	25,43	0,09	8,94	0,53
Março	A	20	intermediário	97,52	25,08	0,08	11,81	0,48
Março	A	20	platô	91,07	26,00	0,11	5,37	0,38
Março	G1	1	baixio	98,76	24,99	0,11	23,86	0,38
Março	G1	1	intermediário	95,82	25,38	0,10	11,52	0,45
Março	G1	1	platô	97,06	25,08	0,10	8,20	0,44
Março	G1	20	baixio	96,46	25,08	0,10	11,63	0,45
Março	G1	20	intermediário	94,23	25,20	0,11	11,15	0,55
Março	G1	20	platô	94,84	25,25	0,10	13,32	0,38
Março	G2	1	baixio	97,63	25,01	0,10	8,60	0,56
Março	G2	1	intermediário	98,66	24,88	0,10	10,94	0,46
Março	G2	1	platô	96,85	25,05	0,08	9,95	0,30
Março	G2	20	baixio	93,58	25,37	0,10	8,60	0,56
Março	G2	20	intermediário	94,68	25,28	0,11	8,63	0,46
Março	G2	20	platô	95,12	25,23	0,08	13,32	0,30
Junho	A	1	baixio	99,86	25,90	0,09	20,06	0,50
Junho	A	1	intermediário	97,64	26,04	0,10	3,95	0,47
Junho	A	1	platô	98,14	25,36	0,11	9,80	0,39
Junho	A	20	baixio	99,24	25,70	0,09	21,99	0,48
Junho	A	20	intermediário	97,52	26,00	0,08	3,57	0,50
Junho	A	20	platô	97,00	25,50	0,11	11,82	0,41
Junho	G1	1	baixio	99,09	25,92	0,10	22,34	0,49
Junho	G1	1	intermediário	96,16	26,54	0,11	24,90	0,53
Junho	G1	20	baixio	99,64	26,03	0,10	18,77	0,58
Junho	G1	20	intermediário	96,60	26,06	0,11	26,33	0,53
Junho	G1	20	platô	95,32	26,14	0,09	11,26	0,38
Junho	G2	1	baixio	99,61	25,85	0,09	4,30	0,49
Junho	G2	1	intermediário	95,34	26,26	0,10	10,87	0,45
Junho	G2	1	platô	95,00	26,32	0,08	11,34	0,33
Junho	G2	20	baixio	99,17	26,01	0,09	4,80	0,52
Junho	G2	20	intermediário	95,58	26,21	0,10	7,85	0,45
Junho	G2	20	platô	94,11	26,54	0,08	12,41	0,29

Com base na análise de variância pode-se observar que a densidade de sub-bosque apresentou valores diferentes entre os perfis topográficos ( $F= 29.408$ ,  $p=0.000$ ). O perfil baixo apresentou os maiores índices de densidade de sub-bosque, seguido do perfil intermediário e platô. Já os valores de abertura de dossel não variaram entre os perfis ( $F=0.854$ ;  $p=0.426$ ) (Figura 9).

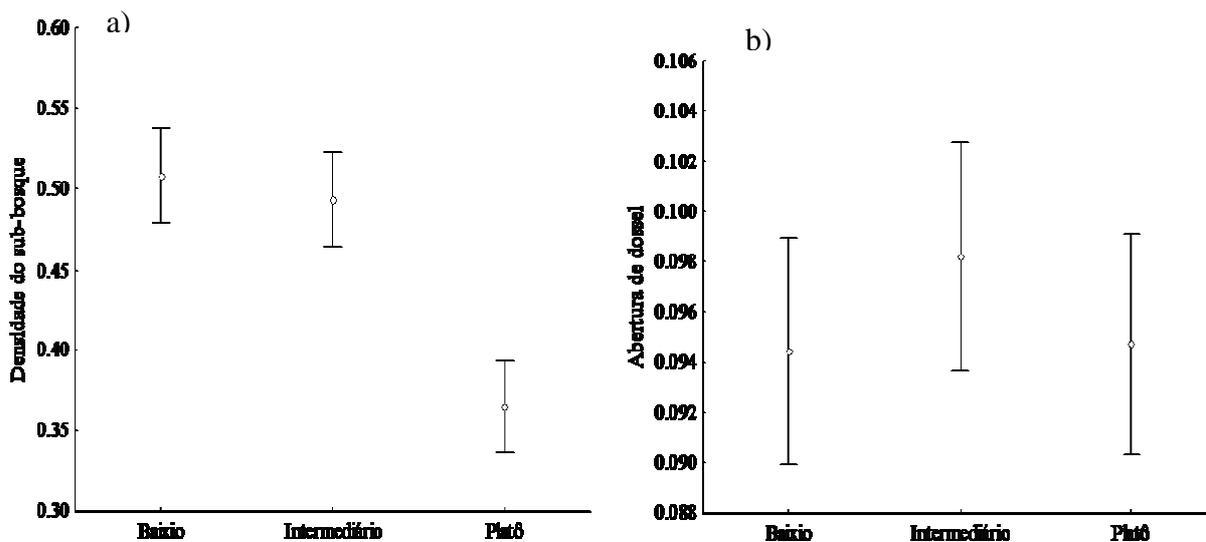


Figura 9. Índice de densidade do sub-bosque e abertura de dossel nos diferentes perfis topográficos analisados a FLONA de Caxiuanã (PA). a) Densidade do sub-bosque e b) Abertura de dossel.

A precipitação pluviométrica acumulada não apresentou variação significativa entre os meses amostrados no PPBio (figura 10).

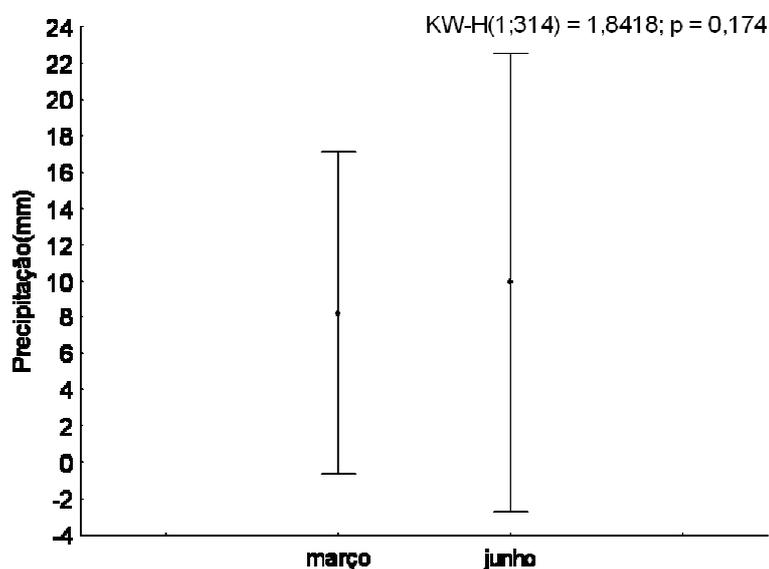


Figura10. Precipitação pluviométrica nos dois períodos em que as coletas foram realizadas na FLONA de Caxiuanã (PA)

### **Efeito das variáveis ambientais sobre a distribuição das espécies entre as frações do hábitat**

Na análise de co-inércia entre as espécies e as características do ambiente é possível observar que as espécies comuns no estrato inferior (*D. willistoni*, *D. paulistorum*, *D. equinoxialis* e *D. subsaltans*) responderam negativamente a valores altos de precipitação, temperatura e abertura de dossel mostrando que com elevados valores dessas variáveis as espécies tendem a diminuir quanto ao número de indivíduos. Já as espécies mais comuns no estrato superior, a 20m do solo (*D. malerkotliana*, *D. sturtevantii*, *D. ac10001*, *D. neocordata*, *D. polymorpha* e *D. prosaltans*) foram menos sensíveis a esses fatores ( $p= 0,006$ ; RV: 0,02442541) (Figura 11).

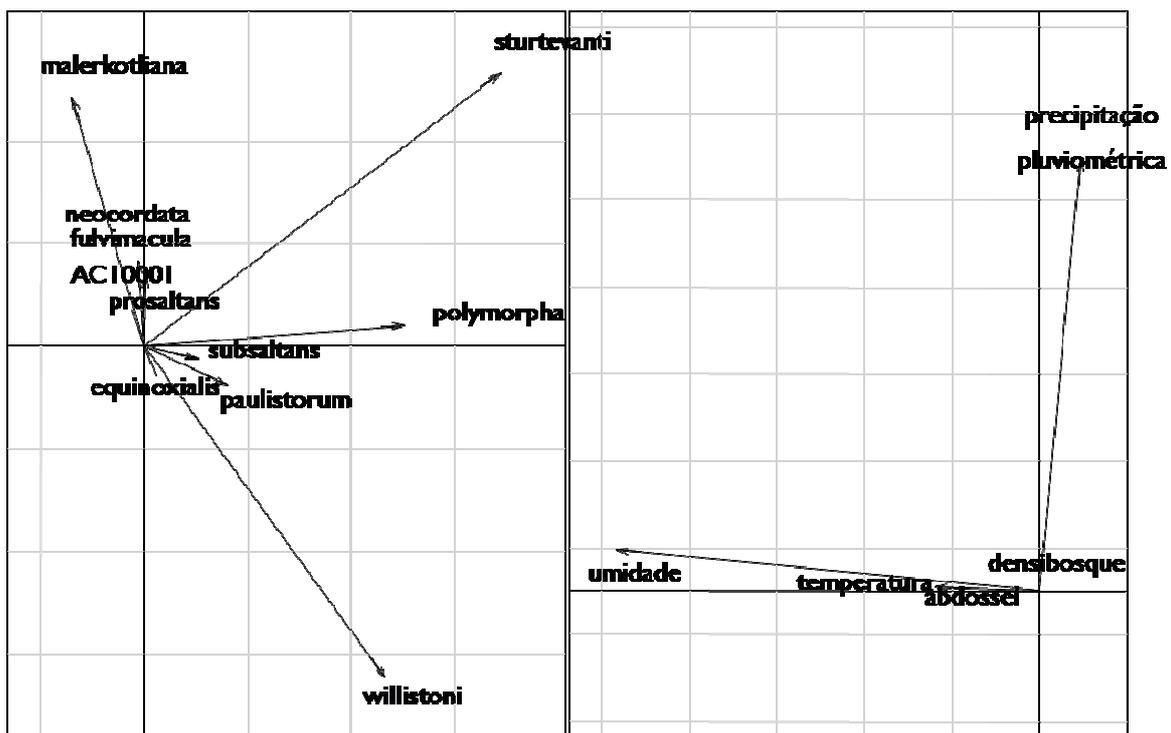


Figura 11. Análise de co-inércia para relacionar as variáveis ambientais e a distribuição das espécies na FLONA de Caxiuanã.

## DISCUSSÃO

A hipótese de diminuição de abundância com o aumento dos estratos verticais da vegetação e perfis topográficos foi refutada. A alta abundância de *D. fulvimacula* no presente estudo, em todas as alturas e perfis analisados, pode ser um dos fatores que contribuiu para a falta de significância na abundância total de drosofilídeos entre as frações do ambiente.

As observações sobre a riqueza de espécies refutam a hipótese de diminuição do número de espécies com o aumento dos estratos da vegetação, pois houve um incremento da riqueza com o aumento dos estratos. A heterogeneidade ambiental tem sido reconhecida como uma das melhores explicações para a diversidade de espécies. (Krijger, 2000; Shorrocks & Sevenster, 1995). Ambientes mais heterogêneos possibilitam a coexistência de um maior número de espécies do que ambientes homogêneos, por disponibilizar maior número de microhabitats afetando diretamente a estrutura das comunidades (Tanabe *et al.*, 2001; Tanabe, 2002)

A confirmação da hipótese de que o efeito da topografia seria evidente em termos de riqueza de espécies sugere uma seletividade das espécies em termos de perfis topográficos, que pode ser traduzida pela proximidade de igarapés que cortam as trilhas nas áreas de baixo e intermediário. Para Omena-Júnior & Martins (2007) a proximidade de corpos d'água e igarapés permitem a existência de ambientes mais estáveis em termos de variações de características climáticas.

A temperatura é uma variável reconhecida como um importante fator ambiental responsável pela abundância das espécies e distribuição geográfica (Andrewartha & Birch, 1954; Precht *et al.*, 1955; Cossins & Bowler, 1987; Walters & Bale, 1993). No entanto em florestas tropicais, em geral, a temperatura apresenta valores uniformes durante o ano, em torno de 27°C. Apesar do ano de 2010, período das coletas do presente estudo, ter

correspondido ao do fenômeno climático La Niña, que influencia regimes de chuvas e de temperatura principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil, devido a um resfriamento nas águas do oceano pacífico (Cardoso & Dias, 2004) em nenhum dos meses estudados a temperatura se comportou de maneira atípica e não se mostrou como uma variável importante na distribuição e riqueza de espécies nas diferentes frações de habitat amostradas.

A umidade relativa do ar apresentou evidente variação tanto entre os perfis topográficos quanto para os estratos verticais da vegetação, e a hipótese de que o estrato inferior da floresta é mais úmido que o estrato superior foi confirmada, assim como o nível topográfico baixo. Podemos relacionar esse resultado aos igarapés presentes nesses ambientes, que evidentemente aumentam os percentuais de umidade próxima e ao redor de suas margens.

Os maiores índices de densidade do sub-bosque em áreas de baixo mostram que essas áreas são menos propícias a variações ambientais drásticas. As áreas de platô da floresta são mais susceptíveis a variações em termos de incidência solar, pois são áreas que apresentam um sub-bosque com menor densidade (Duarte *et al.*, 2002).

Em florestas tropicais o dossel é um dos componentes mais importantes nos processos ecológicos, pois pode influenciar significativamente o processo de crescimento e o desenvolvimento das comunidades arbóreas (Battirola *et al.*, 2007). Em termos de comparação para o presente estudo não foi encontrada variação nos ambientes para a abertura de dossel o que reflete a uniformidade e integridade da copa da floresta prístina.

Em geral, o comportamento de um organismo é fortemente influenciado pelo efeito das condições ambientais (Gruwez *et al.*, 1971; McKenzie, 1975). Muitos fatores são fundamentais para a sobrevivência e desenvolvimento das espécies de *Drosophila* no ambiente, esses fatores podem afetar diretamente a distribuição das espécies (Tidon, 2006).

O efeito das variáveis ambientais medidas neste estudo mostra uma forte correlação, principalmente influenciando as espécies comuns ao estrato inferior que aparentemente são aquelas mais sensíveis a pequenas modificações no ambiente e que se desenvolvem mais eficientemente em locais com variações ambientais mais homogêneas, com as atividades da espécie ocorrendo dentro de certos limites de temperatura, umidade e precipitação (Grossfield, 1978). As espécies coletadas a 1 metro do solo foram mais sensíveis a alta precipitação, alta temperatura e maior abertura de dossel, um incremento nestas variáveis para além do limite de tolerância destas espécies ocasiona decréscimo na quantidade desses organismos.

Apesar de ser bem conhecido que os drosofilídeos evitam ambientes muito secos, iluminados e quentes (Grossfield, 1978) precipitação, em grande quantidade, provavelmente afeta a capacidade de vôo das espécies. As espécies coletadas no estrato superior mostraram-se menos sensíveis as variáveis ambientais medidas, sugerindo uma possível maior resistência em um cenário de mudanças climáticas.

Certamente condições desfavoráveis no clima em resposta às modificações globais exigirão mudança nas estratégias adaptativas ou precipitarão o desaparecimento destas espécies. A resistência às variações pode proporcionar maior adaptação frente às mudanças climáticas. Segundo Parsons (1991) a variação genética para resposta ao stress ambiental é um pré-requisito para adaptações que permite tolerar as situações desfavoráveis.

## **CONCLUSÃO**

As condições abióticas da floresta contribuem efetivamente na estruturação das comunidades naturais. Efeitos globais sobre a estrutura da floresta e constituição do microclima podem alterar drasticamente os limites de distribuição e sobrevivência das espécies.

## REFERÊNCIAS

Andrewartha, H.G. & L.C. Birch. 1954. The Distribution and Abundance of Animals. **The University of Chicago Press**, Chicago, Illinois.

Battirola, L.D.; Adis, J.; Marques, M. & Silva, F.H.O. 2007. Comunidade de Artrópodes Associada à Copa de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae) durante o Período de Cheia no Pantanal de Poconé, MT. **Neotropical Entomology** 6: 640-651.

Cardoso, A.O. & Dias, P.L.S. 2004. Identificação de trimestres extremos no regime pluviométrico no Sul e Sudeste do Brasil e relação com anomalias da TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia** 19 (1): 149-162.

Cassemiro, F.A.S. & Padiã, A.A. 2008. Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia: aspectos teóricos. *Oecologia Brasiliensis*.12 (4): 706-719, 2008

Caswell, H. 1976. Community structure: a neutral model analysis. *Ecol. Monogr.* 46: 327-354.

Cohen, J. C. P; Sá, L. D. A; Nogueira, D. S.; Gandu, A. W. 2006: Jatos de baixos níveis acima da Floresta Amazônica em Caxiuanã (Pa). **Revista Brasileira de Meteorologia**.

Colwell, R. K. 2009. *EstimateS*, Version 8.2: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide).

Conceição, R. L., Abreu Sá, L.D., Silva, R.R. 2009. Características das circulações locais na Floresta Nacional de Caxiuanã utilizando um modelo de alta resolução. *Revista Ciência & Natura Edição Especial em Micrometeorologia*: 265-268.

Cossins, A.R. and Bowler, K. (1987) *Temperature biology of animals*. Chapman and Hall, London.

Dias, B.; Diáz, S. & McGlone, M. 2007. Mudança de clima e biodiversidade: Impactos observados e projetados. In: MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Inter-relações entre biodiversidade e mudanças climáticas**. p. 219.

Duarte, L.S.; Dillenburg, L.R. & Rosa L.M.G. 2002. Assessing of the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). *Australian Journal of Botany*, Collingwood 50: 741-751.

Fearnside, P.M. 2009. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. **Oecologia Brasiliensis** 13: (4) 609-618.

Fearnside, P.M. 1999. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade** 1: 113-123.

Gause, G.F. 1934. *The struggle for existence*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Grossfield, J. 1978. Non sexual behavior of *Drosophyla*. Pp.1-126. In: Asburner, M. & Wright, T.R.F. (ed.) **The genetics and biology of *Drosophyla***. Academic Press. New York.

Gruwez, G., Hoste, C., Lints, C.V. & Lints, F.A., 1971, Oviposition rhythm in *Drosophila melanogaster* and its alteration by a change in *photoperiodicity*. **Experientia** 27: 1414-1416.

Heltsh, J.F. & N.E. Forrester. 1983. Estimating species richness using the Jackknife procedure. **Biometrics** 39:1-11.

Hérault, B. 2007. Reconciling niche and neutrality through the Emergent Group approach. **Evolution and Systematics**, 9:71-78

Horn, H.S. 1974. The ecology of secondary succession. **Annual Review of Ecology and Systematics** 5: 25-37.

Hubbell, S.P. 2001. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Princeton University Press, New Jersey. 396p

Hutchinson, G.E. 1957. "Concluding remarks". **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology** 22 (2): 415-427.

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

Krijger, C.L.2000. Spatio-temporal heterogeneity and local insect diversity. A case study on neotropical *Drosophila* communities. Proefschrift Universiteit Leiden, Leiden . 171p.

Leibold, M. A., 1995. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. **Ecology** 76:1371-1382

MacArthur, R.H.; Wilson, E.O. The theory of island biogeography. Princeton, New Jersey: **Princeton University Press**, 1967. 203p.

Martins, M.B.; Pena, J.A.N.; Bittencourt, R. N. 2008. Traps for tropical drosophilids survey. **Drosophila Information Service** 91: 91-91.

Megías, A.D.; Gómez, J.M. & Piñero, F.S. 2007. Diversity- hábitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales. **Ecography** 30:31-41.

Moraes J.C, Costa J.P.R., Rocha E.J.P., Silva I.M.O. 1997. Estudos hidrometeorológicos na bacia do rio Caxiuanã. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém**, 3: 85-95.

Nogueira, D. S.; Sá, L. D. A.; Cohen, J. C. P. Rajadas Noturnas e Trocas de CO<sub>2</sub> Acima da Reserva Florestal de Caxiuanã, PA, Durante a Estação Seca. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 213-223, 2006.

Norris, S. 2003. Neutral Theory: a new unified model for ecology. **BioScience** 53: 124-129.

Omena Júnior, R.S. & Martins, C. 2007. Comportamento reprodutivo e caracterização de sítios de reprodução de galosda-serra (*Rupicola rupicola*) no Amazonas. **Revista Brasileira de Ornitologia** 15(1):35 - 38.

Parsons, P.A. 1990. The metabolic cost of multiple environmental stresses: implications for climatic change and conservation. **Trends in Ecology & Evolution** 5: 315-317.

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

Precht, H., Christophersen, J. & Hensel, H. 1955. *Temperatur und Leben*. Springer, Berlin.

Primack, R.B. & Rodrigues, E. 2001. **Biologia da Conservação**. Londrina, 328p.

R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Disponível em <http://www.R-project.org>

Scariot, A. 2000. Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. *Biotropica*, v. 32, n.4, p: 662 - 669.

Vasconcelos, H.L. & Luizão, F.J. 2004. Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. *Ecological Application* V. 14, N. 3, p: 884 - 892

Shorrocks, B. & Sevenster, J.G. 1995. Explaining local diversity species. **Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences** 260: 305-309.

Silva, L.M; Sá L.A.; Mota, M. 2010. Avaliação de características dos regimes de umidade na FLONA de Caxiuana-PA durante o experimento cobra-pará. **Revista Brasileira de Meteorologia** 25 (1) 1-12.

Srivastava, K. & Singh, R.N. 1998. A model for temperature variations in sedimentary basins due to random radiogenic heat sources. **Geophys. J. Int.** 135:727-730.

Tanabe, S. 2002. Between-forest variation in vertical stratification of drosophilid populations. **Ecological Entomology**. 27: 720-731.

Tanabe, S.I.; Toda, M.J & Vinokurova, A.V. 2001. Tree Shape, forest structure and diversity of Drosophilid communities. Comparison between boreal and temperate birch. **Ecological Research** 16: 369-385

Tidon, R. 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. **Biological Journal of the Linnean Society** 87: 233-247.

Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? **Annual Review of ecology and systematics** 19: 1-18.