

LEANDRO JUEN

DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ODONATA E O
PADRÃO DE DIVERSIDADE BETA ENCONTRADO ENTRE
RIACHOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa como parte das
exigências do Programa de Pós-graduação
em Entomologia para obtenção do título de
Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

J93d
2006
Juen, Leandro, 1980-
Distribuição das espécies de Odonata e o padrão de
diversidade beta encontrado entre riachos na Amazônia
Central / Leandro Juen. – Viçosa : UFV, 2006.
x, 64f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.
Orientador: Paulo De Marco Júnior.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 53-60.

1. Odonato - Populações. 2. Diversidade biológica -
Conservação. 3. Odonato - Conservação - Amazônia.
4. Libélula. 5. Biogeografia. 6. Odonato - Distribuição
geográfica. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 595.7331782

LEANDRO JUEN

DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES DE ODONATA E O
PADRÃO DE DIVERSIDADE BETA ENCONTRADO ENTRE
RIACHOS NA AMAZÔNIA CENTRAL.

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa como parte das exigências
do Programa de Pós-graduação em
Entomologia para obtenção do título de
Magister Scientiae.

APROVADA: 07 de julho de 2006

Prof^ª. Helena Soares Ramos Cabette
(Co-Orientadora)

Prof. Jorge Luiz Nessimian
(Co-Orientador)

Prof^ª. Daniela Chaves Resende

Prof. Carlos Frankl Sperber

Prof. Paulo De Marco Júnior
(Orientador)

*Não apenas essa tese, mas todas as
minhas conquistas profissionais são dedicadas
aos meus pais Maria e Alberto, que em nenhum
momento deixaram de me apoiar, e à toda minha família,
pelo companheirismo e confiança depositados.*

AGRADECIMENTO

Este trabalho deve muito a algumas pessoas e instituições, por diferentes razões, gostaria de agradecer especialmente:

Ao meu orientador, Prof. Paulo De Marco Júnior, por ser uma pessoa disposta a percorrer novos caminhos, ouvir com interesse e ânimo todas as questões, dúvidas e problemas que surgiam durante o processo de criação da tese. Por ser paciente e generoso, pela coragem de ousar, trabalhando com novas idéias e conceitos, correndo os riscos inerentes a esta atitude. Por sua amizade, principalmente. Pela compreensão silenciosa dos momentos difíceis pelos quais passei, permitindo que meu tempo interno fluísse, respeitosamente. Pela alegria de trabalharmos juntos, a você meus irrestritos agradecimentos.

A Prof^a. Helena Soares Ramos, minha professora e mãe científica desde a graduação, por ter despertado meu interesse pelas questões científicas e principalmente por causa dos estímulos a escolher os insetos aquáticos, especificamente Odonata. Obrigado por todos os ensinamentos e dicas, mesmo se algumas delas não pude (ou soube) aproveitar devidamente. Pela sua amizade e co-orientação, especialmente.

Ao Prof. Jorge Luiz Nessimian, por ter-me co-orientado e também pela confiança depositada em meu trabalho.

Aos Professores Carlos Frankl Sperber e Daniela Chaves Resende pelas valiosas sugestões que contribuíram para a melhoria do trabalho.

A Joana Darc Batista, não como entomóloga que é, mas como companheira querida, por partilhar comigo todo o processo de produção da tese, desde o projeto de pesquisa, sendo minha mais importante fonte de apoio intelectual e afetivo, sem os quais certamente esta tese não chegaria ao fim. Sua existência é minha festa interior.

Aos amigos Ednaldo, Sustanis, Cíntia, Sabina, Carina e Juvenal que me presentearam com as coisas mais importantes na vida que são a amizade e a convivência com vocês por todos esses anos. Orgulho-me muito de ter sido merecedor de tão grande confiança, apoio, amizade e de compartilhar com vocês interesses comuns. Pela sinceridade de nossa amizade acima de qualquer outra coisa.

Ao Fernando Mendonça do Instituto de Pesquisa da Amazônica, pelas muitas informações e por disponibilizar-me os dados abióticos da Reserva Florestal Adolpho Ducke.

A Prof. Dra. Neusa Hamada do Instituto de Pesquisa da Amazônica pela estrutura oferecida durante minha estadia em Manaus.

Aos especialistas Frederico A. A. Lencione e Dr. Alcimar L. Carvalho pela confirmação das identificações das espécies de Odonata.

Aos amigos Flavinha, Lucimar, Letícia, Chico, Karina, Cíntia, Sabina, Vinícius, Marco Aurélio, Luís, Temilze, Silma, Madu, Fredi, Lílian, Custódio, Ritinha e Osvaldo Júnior (Ponêz) pela amizade, alegria e irmandade toda especial que partilhamos desde nosso primeiro encontro.

A todos integrantes da família LEC (Laboratório de Ecologia Quantitativa), Flavinha, Letícia, Karina, Francisco, Daniel, Miriam, Rachel, Marquinhos, Rubana, Rodrigo, Flávia Coelho, Dilermando, Natalia, Anderson, Daniela, Patrícia, Duka e tantos outros que foram tão importantes durante estes dois anos de dedicação à tese.

Aos meus pais, pela sólida formação dada até minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até a chegada a este mestrado, meus eternos agradecimentos.

A minha família, por todo apoio, carinho e amor, especialmente à minha mãe, por suportar pacientemente um filho distante da vida familiar durante esse tempo. No entanto, é ela mesma a razão disto tudo e é a ela que ofereço a minha festa.

A todos meus amigos de Nova Nazaré pelo incentivo e estímulo.

A CAPES, pela bolsa de mestrado e a Universidade Federal de Viçosa por toda estrutura.

A todos agradeço profundamente e dedico o resultado desse trabalho.

RESUMO

JUEN, Leandro. M.S.. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2006. **Distribuição das espécies de Odonata e o padrão de diversidade beta encontrado entre riachos na Amazônia Central.** Orientador: Paulo De Marco Júnior. Co-Orientadores: Helena Soares Ramos Cabette e Jorge Luiz Nessimian.

A região Amazônica possui a maior bacia de drenagem do mundo, formada por uma diversidade de corpos d'água, quase todos resultantes da junção de pequenos igarapés que drenam a floresta. As águas dos igarapés em geral são ácidas, pobres em nutrientes e as cadeias alimentares são dependentes de materiais alóctones, como pólen, flores, frutos, folhas, galhos, insetos e aranhas provenientes da floresta que caem sobre o igarapé. Apesar disso, o sistema de Terra-Firme na Amazônia é reconhecido como o ecossistema de maior diversidade de espécies do planeta. Este trabalho visou conhecer a distribuição e o padrão de diversidade beta das espécies que compõem as comunidades de Odonata presentes nas bacias hidrográficas existentes na Reserva Florestal Adolfo Ducke, bem como promover informações dos fatores que determinam o padrão de similaridade de composição de fauna entre locais, visando a escolha de unidades viáveis para a conservação de Odonata. Para isso, foram realizadas coletas em 24 igarapés (onze de 1ª ordem, oito de 2ª e cinco de 3ª) distribuídos em quatro bacias, sendo que em cada bacia de drenagem foram feitas coletas em seis igarapés. As amostragens consistiram na contagem visual do número de indivíduos adultos de cada espécie de Odonata presentes em 100 metros de margem dos corpos d'água, de cada área, divididos em 20 segmentos de cinco metros. O tempo médio em cada ponto de amostragem foi de uma hora. A fauna total de Odonata encontrada na Reserva Ducke foi de 17 espécies observadas e 23 ($\pm 4,77$) estimadas. A análise de agrupamento com os dados abióticos demonstrou uma grande semelhança entre os igarapés. As microbacias foram comparadas usando a riqueza de espécies, sendo estatisticamente semelhantes. Resultado parecido foi encontrado para a diversidade beta. O índice de diversidade beta foi baixo, demonstrando uma alta similaridade de fauna entre os Igarapés. As relações da diversidade beta com os dados ambientais e com a distância

entre os igarapés não foram significativas. Os baixos valores de diversidade beta obtidos podem ser devido à alta similaridade dos ambientes, com pouca variação dos dados abióticos e também porque a escala de distância usada no estudo pode ter sido pequena, não representando uma barreira para a dispersão de Odonata. Outro fator que pode ter contribuído é a ocorrência de um longo período de estabilidade ambiental na Amazônia, possibilitando a distribuição das espécies no ambiente, até mesmo para aquelas espécies com baixa capacidade de dispersão. As características das variáveis ambientais básicas (profundidade e largura do igarapé) foram relacionadas com o aumento da riqueza de espécies. Esses resultados são importantes para a conservação das espécies, apontando para a necessidade de incluir riachos intermediários, com maior variação na profundidade e largura, para serem usados como critério de seleção na escolha de áreas para proteção ambiental.

ABSTRACT

JUEN, Leandro. M.S.. Universidade Federal de Viçosa, July, 2006. **Distribution of Odonata species and beta diversity pattern among streams of Central Amazônia.** Advisor: Paulo De Marco Júnior. Co-Advisors: Helena Soares Ramos Cabette and Jorge Luiz Nessimian.

The Amazon region has the largest drainage basin of the world, which is constituted by a diversity of waterbodies, and almost all of them are resulting from the junction of small streams (“igarapés”) that drain the forest. The igarapés present acid, nutrient-poor waters, and their food chains are dependent on allochthonous materials provided by the forest that fall into the igarapé, as pollen, flowers, fruits, leaves, branches, insects and spiders. In spite of that, the Terra-Firme system in the Amazon is recognized as the ecosystem of higher species diversity on the planet. This work aimed to describe the distribution and the beta diversity pattern of the species comprising the Odonata communities present in the Adolfo Ducke Forest Reserve river basins. It also objectives to provide information about determining factors of the fauna similarity among sites, in order to select viable units for Odonata conservation. Samples were carried out in 24 igarapés (eleven of 1st, eight of 2nd and five of 3rd order) distributed in four river basins, and in each basin it was conducted samples in six igarapés. The samples constituted on visual counting of adult individuals of Odonata present in 100 meters along each waterbody, divided into 20 stretches of 5 meters. The sampling time constituted of one hour duration on average. The total fauna of Odonata founded in the Ducke Reserve was of 17 species observed and 23 ($\pm 4,77$) estimated. The cluster analysis of the abiotic data demonstrated high similarity among the igarapés. The micro-drainage basins were compared in relation to species richness and they were similar statistically, and the same result was also obtained for beta diversity. The low value of beta diversity index demonstrated high fauna similarity among the igarapés. The relationship of beta diversity between the environmental data and the distance among the igarapés was highly non-significant. The low values of beta diversity index may be attributed to the high similarity of the environment, which presented small variation in

the abiotic data, and also to the distance scale of this study, which may be small enough to not represent a barrier to Odonata dispersion. Another factor that may have contributed to these values is the occurrence of a long period of environmental stability in the Amazon that allowed the species distribution in the environment, even those with low dispersion capacity. The basic environmental variables (channel width and depth) were related to species richness increase. These results are important to species conservation, and indicate the necessity of including intermediate-size streams, with higher variation in depth and channel width, to be used as one selection criteria in the choice of environmental protection areas.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
INTRODUÇÃO	1
ÁREA DE ESTUDO	8
MATERIAL E MÉTODOS	11
Análises Estatísticas	14
Análise de agrupamento	14
Estimativa da riqueza de espécies	15
Estimativa da diversidade beta.....	16
Teste de mantel	17
Regressão linear	18
Análise de trilhos.....	18
RESULTADOS	20
Descrição geral da comunidade	20
Variação e heterogeneidade ambiental nos riachos	24
Variação da riqueza e da diversidade beta: existem diferenças entre bacias?	25
Qual o melhor índice para calcular a diversidade beta?.....	30
Fatores locais determinando a riqueza e a diversidade beta	32
Similaridade ambiental e distância determinando a diversidade beta.....	37
Uma análise integrada dos fatores determinantes da diversidade beta	38
DISCUSSÃO	41
Comunidades de Odonata em igarapés preservados	41
Bacias são barreiras à dispersão de Odonata?.....	42
Como características bionômicas podem estar determinando os padrões de diversidade de Odonata?	43
Escolha de índices de diversidade beta: o problema da raridade.....	45
Por que as variações ambientais não afetam a diversidade beta de Odonata?	47
Preditores locais da diversidade de Odonata.....	49
Riqueza de espécies, diversidade beta de Odonata e questões sobre conservação	50
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

APÊNDICE.....	61
APÊNDICE I – Índice de Integridade Física – IIF.	61
APÊNDICE II – Diversidade beta dos igarapés da Reserva Florestal Adolpho Ducke (AM).....	63
Apêndice III – Tabela geral de indivíduos coletados.....	64

INTRODUÇÃO

A região Amazônica possui a maior bacia de drenagem do mundo, com cerca de 700.000 km² (Silva et al. 2005), é formada por uma diversidade de corpos d'água, não somente grandes rios e lagos, mas também inúmeros pequenos riachos que constituem uma das redes hídricas mais densas do mundo (Junk & Furch 1985). Com exceção dos rios maiores de águas brancas, cujas nascentes se encontram nas altas cadeias de montanhas andinas, quase todos os rios amazônicos são resultantes da junção de pequenos riachos chamados de igarapés que drenam a floresta (Walker et al. 1991).

Os igarapés Amazônicos em sua maioria apresentam águas ácidas, devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos (Sioli 1975). Eles são pobres em nutrientes e as árvores que se fecham sobre eles impedem que a luz atinja a superfície da água, de forma que plantas aquáticas são quase sempre inexistentes (Junk & Furch 1985). Devido a isso, as cadeias alimentares são dependentes de materiais alóctones, provenientes da floresta que caem sobre o igarapé, como pólen, flores, frutos, folhas, galhos, insetos e aranhas (Angermeier & Karr 1994; Goulding 1993; Goulding et al. 1988).

Apesar dessas características, os igarapés têm uma fauna diversa e própria se comparada com outros sistemas aquáticos. Apesar do conhecimento funcional dessa comunidade ainda ser limitado, os igarapés amazônicos representam uma oportunidade interessante de estudar os processos determinantes da diversidade local e da distribuição espacial da diversidade, já que apresentam um padrão claro de interconexão e se espalham por uma vasta planície, com características ambientais muito estáveis (Tuomisto et al. 1995).

Muitas pesquisas têm sido feitas tentando descrever e explicar a extraordinária diversidade tropical e também para descobrir quais os mecanismos responsáveis por sua subsistência (Balvanera et al. 2002; Condit et al. 2002; Bridgewater et al. 2004). Segundo Whittaker (1972), a diversidade tem pelo menos três componentes definidos de acordo com a escala em que são medidos: diversidade alfa, beta e gama. A diversidade

alfa é a diversidade local de um ambiente, diversidade beta é a variação da composição de espécies entre os locais amostrados e diversidade gama é a diversidade total da região.

Na escala de estudo de uma comunidade particular, podemos medir a diversidade alfa que está relacionada aos componentes de riqueza específica, grau de concentração de dominância nas espécies mais abundantes e equitabilidade geral da distribuição de abundância (Martins & Santos 2004). Na escala de estudo da variação de comunidades numa paisagem ou numa região geográfica, podemos medir a diversidade beta com seus componentes, através da análise da composição das espécies entre as comunidades, heterogeneidade espacial entre e dentro das comunidades e grau de similaridade ecológica entre as espécies que compõem o reservatório total de espécies disponíveis para colonizar cada comunidade do sistema (Whittaker 1972; Routledge 1977).

O entendimento desses padrões e a maneira como a composição de espécies se distribui espacialmente são essenciais para a avaliação total de como a diversidade é mantida. Tal entendimento é também crucial para o planejamento da conservação da biodiversidade (Balvanera et al. 2002). O fator mais comum associado com a determinação da diversidade beta é a heterogeneidade ambiental. Em ambientes heterogêneos, espécies com diferentes médias de tolerâncias podem gerar padrões diferenciados de distribuição espacial (Nekola & White 1999). Entretanto, ambientes com características abióticas semelhantes, teriam uma baixa diversidade beta, devido à grande similaridade de espécies nestes locais.

A distância entre os locais de coleta pode afetar diretamente a diversidade beta; os locais mais distantes tendem a ter composições de espécies mais heterogêneas entre si. Na tentativa de explicar essa heterogeneidade, duas possíveis razões são sugeridas: i) a dificuldade de dispersão dos organismos e; ii) autocorrelação espacial das características ambientais, ou seja, locais mais próximos tendem a ter mais características semelhantes (Harrison et al. 1992; Balvanera et al. 2002). É evidente, no

entanto, que quanto maior for a capacidade de dispersão das espécies, menor será a influência da distância na diversidade beta (Hubbell 1999).

A ordem Odonata pertence ao grupo dos Paleoptera, tendo se originado no Carbonífero Superior. Na atualidade, existem aproximadamente 5.600 espécies descritas, distribuídas em três subordens: Anisoptera, Zygoptera e Anisozygoptera (Davies 1981). Apenas as duas primeiras ocorrem na América do Sul, com 1.203 espécies descritas. No Brasil ocorrem 662 espécies, destas 281 pertencentes à subordem Zygoptera e 381 à Anisoptera (De Marco & Vianna 2005). No trabalho de Delgado (2002) realizado em dois igarapés na Reserva Ducke foram encontradas 28 espécies de Odonata.

As três subordens de Odonata são caracterizadas pela disposição e formas de suas asas (Wakeling 1997). Os representantes de Anisoptera têm asas anteriores e posteriores largas e de diferentes formatos, possuem grande capacidade de vôo, podendo alcançar grandes distâncias em pouco tempo. Em oposição, os representantes de Zygoptera possuem asas pequenas, estreitadas na base, de mesmo formato e têm capacidade de vôo mais limitada (Corbet 1999). Anisozygoptera é a subordem com menor diversidade, possuindo apenas duas espécies. As asas anteriores e posteriores são similares às de Zygoptera, mas a forma do corpo e os apêndices anais assemelham-se aos de Anisoptera (Rüppell & Hilfert 1993; Wakeling & Ellington 1997).

Como para muitos outros insetos a dispersão é um processo fundamental para a vida dos Odonata (Corbet 1980; Corbet 1983). Imagos tenerais normalmente abandonam a área próxima de onde passaram a sua fase larval, voltando ao ambiente aquático somente para a reprodução. Como os machos são territoriais, eles não se afastam muito do ambiente aquático, permanecendo próximos da água defendendo o seu território. No entanto, as fêmeas freqüentemente dispersam para se alimentar, voltando ao ambiente aquático só para ovipositar. Assim, a possibilidade de dispersão da fêmea é maior do que a dos machos adultos (Conrad et al. 1999; Conrad et al. 2002).

Em geral, a capacidade de dispersão parece aumentar com o aumento do tamanho do corpo, já que espécies maiores provavelmente seriam capazes de voar a grandes distâncias (Conrad et al. 1999) e no entanto, em indivíduos com mobilidade reduzida, a probabilidade de dispersão decresce exponencialmente com a distância. Os Anisoptera independentes do tamanho corporal teriam maior capacidade de vôo do que os Zygoptera, e por isto, o efeito gerado pela distância não exerceria a mesma pressão nas duas subordens. Michiels & Dhondt (1989) reportaram que o aumento no tamanho corporal tem um efeito positivo na dispersão, enquanto que Taylor & Merriam (1995) sugerem que indivíduos maiores possuem asas grandes, obedecendo à proporção do corpo e são capazes de se dispersarem por grandes distâncias em um período de tempo menor.

Stettmer (1996), estudando *Calopteryx splendens* (Harris, 1782) e *C. virgo* (Linnaeus, 1758) encontrou um padrão de similaridade ao longo e entre os riachos, compatível com um modelo de dispersão baseado em eventos não direcionais ocasionais. O declínio exponencial da dispersão com a distância encaixa-se em um modelo de isolamento simples pela distância ou no modelo de distribuição ao acaso (Davies 1981). Assim, a dispersão conserva uma curva exponencial negativa, indicando que longas distâncias devem ser muito difíceis de serem percorridas para muitas populações (Conrad et al. 1999). Rodrigues et. al. (2004) e Watts et al. (2004), descrevem que 78% (374) dos indivíduos de *Coenagrion mercuriale* (Charpentier, 1840) não se dispersam mais que 100 metros. Com raras exceções, alguns indivíduos conseguiram alcançar distâncias acima de um quilômetro.

As pressões sobre a capacidade de dispersão podem variar em relação ao tipo de ambiente mesmo dentro da mesma espécie. Taylor & Merriam (1995) encontraram que indivíduos de *Calopteryx maculata* (Beauvois, 1805) que vivem em riachos próximos a áreas abertas, têm asas maiores do que aqueles que vivem em rios de florestas. Se indivíduos com asas maiores são mais hábeis para percorrer grandes distâncias, então se espera que esses indivíduos utilizem maior quantidade de pontos no

ambiente em que se encontram (Conrad et al. 2002) e que essa capacidade seja mais importante em habitats abertos do que em áreas de floresta fechada.

Indivíduos grandes têm uma demanda nutricional mais alta do que os de espécies de tamanho corporal menor, precisando ser mais ágeis e eficientes no forrageamento, no entanto, necessitam proporcionalmente menos alimentos, pois gastam menos energia para manter seu metabolismo e suas atividades (Taylor & Merriam 1995; Conrad et al. 2002; Thompson 1991).

As estratégias e os padrões ecofisiológicos de Odonata, também, associam a capacidade de termoregulação com o tamanho corporal. Essas estratégias devem ter um papel importante na capacidade de dispersão, determinando o gasto energético e a capacidade de vôo das espécies.

De acordo com o comportamento de vôo e a capacidade de termorregulação, os odonatos podem ser classificados em dois grupos: os pousadores, que permanecem a maior parte do tempo pousados sobre poleiros em diferentes tipos de substrato e os voadores, que apresentam o comportamento de permanecer voando a maior parte do período de atividade (Corbet 1962; Corbet 1999; May 1976). Os pousadores são em geral ectotérmicos, usando a luz solar ou a temperatura ambiente como uma fonte principal de calor. Eles podem ser conformadores termais ou heliotérmicos. Os Conformadores, de menor tamanho corporal mostram elevada conductância e a temperatura do corpo varia com a do ambiente, principalmente, devido à troca de calor por convecção (Heinrich & Casey 1978; May 1991; Heinrich 1993). Os heliotérmicos têm o corpo maior e, conseqüentemente, conductância mais baixa, sendo suas atividades determinadas principalmente pela irradiação solar. Os endotérmicos, muitas vezes classificados como voadores, escapam da previsão deste cenário por produzirem calor endógeno, e controlar a circulação da hemolinfa possibilitando a sua termoregulação (Corbet 1962; May 1976).

Como resultado de todas essas adaptações ecofisiológicas, espera-se que espécies endotérmicas com elevada capacidade de termorregulação e de maior tamanho

corporal tenham maior capacidade de dispersão, quando comparadas com espécies heliotérmicas e essas, mais que as conformadoras. Assim, os voadores teriam uma alta capacidade de migração para longas distâncias, característica observada em *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798), que devido a sua elevada capacidade de vôo, pode ser encontrada em todos os continentes (Pinhey 1979; Reichholf 1973).

Espera-se que, para Zygoptera, a diversidade beta seja alta, em função da baixa mobilidade na dispersão de muitas espécies (Ueda 1994; Garrison 1978; Parr et al. 1979; Utzeri et al. 1988). Espécies de Anisoptera, por apresentarem grande mobilidade e, geralmente, tamanho corporal maior (Reichholf 1973; Wojtusiak 1974; Dumont 1977; Corbet 1984; Dumont & Desmet 1990), estariam melhor adaptadas à dispersão, resultando em uma diversidade beta mais baixa.

Veech et al. (2002), sugerem que a divisão da diversidade (alfa, beta e gama), possa levar os ecólogos a um bom entendimento dos fatores que controlam a distribuição espacial e temporal da biodiversidade em nosso planeta, ajudando a definir estratégias para salvá-las.

Os objetivos de criação de unidades de conservação estruturam-se em três níveis principais: proteção de recursos hídricos, da diversidade biológica e de belezas paisagísticas, favorecendo, entre outros, a pesquisa científica e programas de educação ambiental (Veech et al. 2002). Um entendimento completo da diversidade beta é primordial para a seleção de áreas de conservação, porque se a composição de espécies de um bioma não muda, então a localização de uma área de reserva não é importante. No entanto, se há diferenças significativas, estudos detalhados de composição em vários locais são essenciais para garantir que a seleção de uma determinada área como reserva seja adequada para proteger o máximo das espécies componentes do sistema (Balvanera et al. 2002; Bridgewater et al. 2004; van Rensburg et al. 2004). Devido ao pouco conhecimento sobre a diversidade de florestas de terra firme, e a ameaça representada pelo avanço da área urbana da cidade de Manaus em torno da Reserva, faz-se necessário informações que subsidiem a construção do plano de conservação e manejo da área.

Este trabalho teve como objetivo testar se a distância e as características bionômicas determinam o padrão de diversidade beta de Odonata associados a igarapés, na Amazônia brasileira. Nossos objetivos gerais também incluem apresentar uma análise da riqueza de espécies, uma descrição da composição dessas comunidades e avaliar se bacias e micro-bacias apresentavam diferenças notáveis de composição de fauna. A partir desses objetivos gerais buscamos testar (i) se a diversidade beta é dependente das características abióticas determinando a distribuição, correlacionada com a similaridade entre locais a partir de uma matriz de dados ambientais; ou se (ii) a diversidade beta é dependente da capacidade de dispersão das espécies no ambiente e, portanto, relacionada à distância entre os pontos amostrados. Atentando para a possibilidade de que pontos próximos podem apresentar grande similaridade ambiental, a autocorrelação espacial nas variáveis ambientais foram controladas.

ÁREA DE ESTUDO

Criada em 1962, através da Lei nº41, publicada no Diário Oficial da União de 16 de fevereiro de 1963, a Reserva Florestal Adolpho Ducke (Reserva Ducke) pertence ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Ela está localizada no km 26 da Rodovia Estadual AM - 010, que conecta Manaus a Itacoatiara, compreendendo uma área de 10.000 ha de floresta primária de terra firme (Mendonça 2002), localizando-se entre 02° 55' e 03° 01' latitude S e entre 59° 53' e 59° 59' de longitude W (Figura 1).

O clima da região de Manaus é equatorial úmido, com temperatura média anual de 26,7° C, variando entre 23,3° C e 31,4° C. A umidade relativa do ar em média é de 80% e a média de precipitação anual é de 2.286 mm. Há alternância de uma estação úmida chuvosa, de novembro a maio, e de uma estação seca, de junho a outubro. A vegetação é do tipo tropical densa, denominada floresta de “terra firme”, uma vez que não é inundada pela cheia dos rios (Ribeiro et al. 1999).

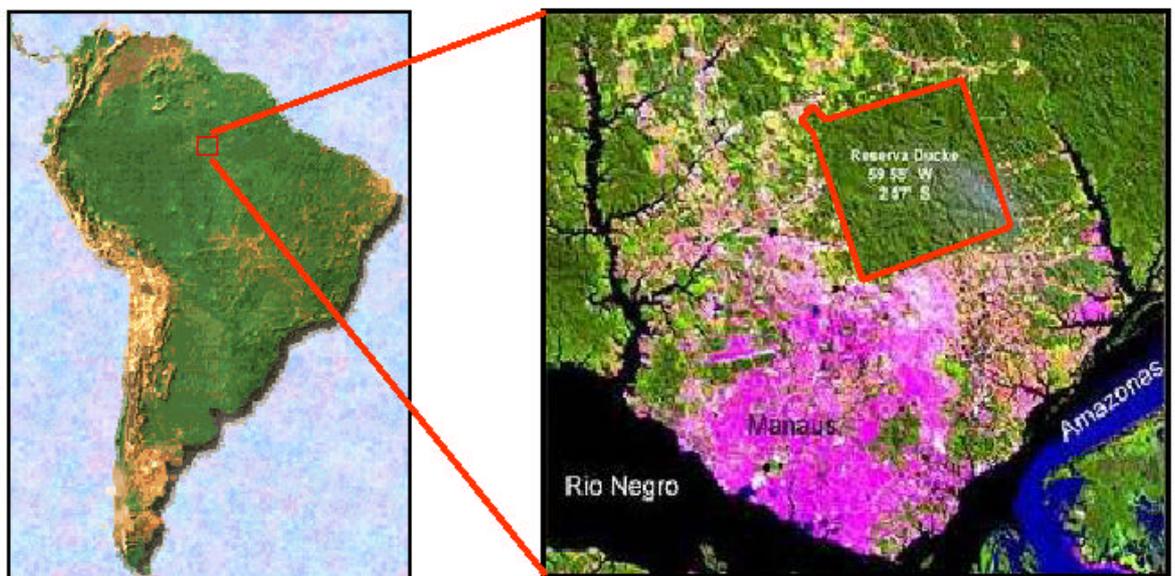


Figura 1 – Localização geográfica da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM).

A reserva está assentada em sedimentos terciários da Amazônia Central, nos platôs sedimentares denominados “Formação Barreiras” (Chauvel 1981). O relevo é

ondulado, apresenta áreas de platô, vertente, campinarana e baixio, com uma variação de altitude de 140 m (Ribeiro et al. 1999). A floresta apresenta vegetação do tipo tropical úmida, com grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas, apresenta também áreas de campinarana nas áreas de baixio com grande acúmulo de serrapilheira no solo arenoso e rico em sedimentos podzólicos e areias quartzosas (Ribeiro et al. 1999).

A Reserva Florestal Adolpho Ducke compreende duas bacias hidrográficas, Oeste e Leste. No centro da reserva há um platô formando um divisor de águas, no sentido norte-sul, entre as duas bacias (Figura 2). A Bacia Oeste é formada pela microbacia do Acará e Bolívia, cujos principais afluentes são os Igarapés Barro Branco, Acará e Bolívia, que constituem uma rede de igarapés que se estendem por cerca de 5 km, reunindo-se fora da reserva para formar o Riacho Grande. Este deságua no Igarapé Tarumãzinho, que deságua no Tarumã Grande e posteriormente no Rio Negro próximo à Ponta Negra. A Bacia Leste é composta por duas microbacias, a do Ipiranga e a do Tinga, e é formada por igarapés que drenam para o Rio Puraquequara, que deságua no Rio Amazonas (Araujo 1967). Os principais afluentes desta são os igarapés Tinga, Uberê e Ipiranga (Ribeiro et al. 1999).

Na identificação dos Igarapés foi utilizado um sistema de códigos formado pela junção das informações de qual microbacia e ordem eles pertencem. As letras definem a microbacia, o primeiro número informa que ordem é o igarapé e o último número é a seqüência de tombamento dos igarapés de mesma ordem de acordo com sua distribuição dentro da microbacia.

Todos os igarapés existentes na reserva (cerca de oitenta) nascem dentro da área, e possuem águas limpas, pretas ou claras, exceto algumas nascentes do Igarapé Bolívia, localizadas na porção sudoeste, que se originam no ambiente urbano. A proximidade com a cidade de Manaus faz com que atualmente a Reserva tenha a sua integridade e a de suas nascentes ameaçadas pelo desenvolvimento urbano (Mendonça 2002).

A Reserva Ducke constitui hoje uma das áreas de floresta primária da Região Amazônica mais bem estudadas, principalmente no que se refere à flora (Ribeiro et al. 1999). Entretanto, estudos entomológicos nesta área ainda são escassos.

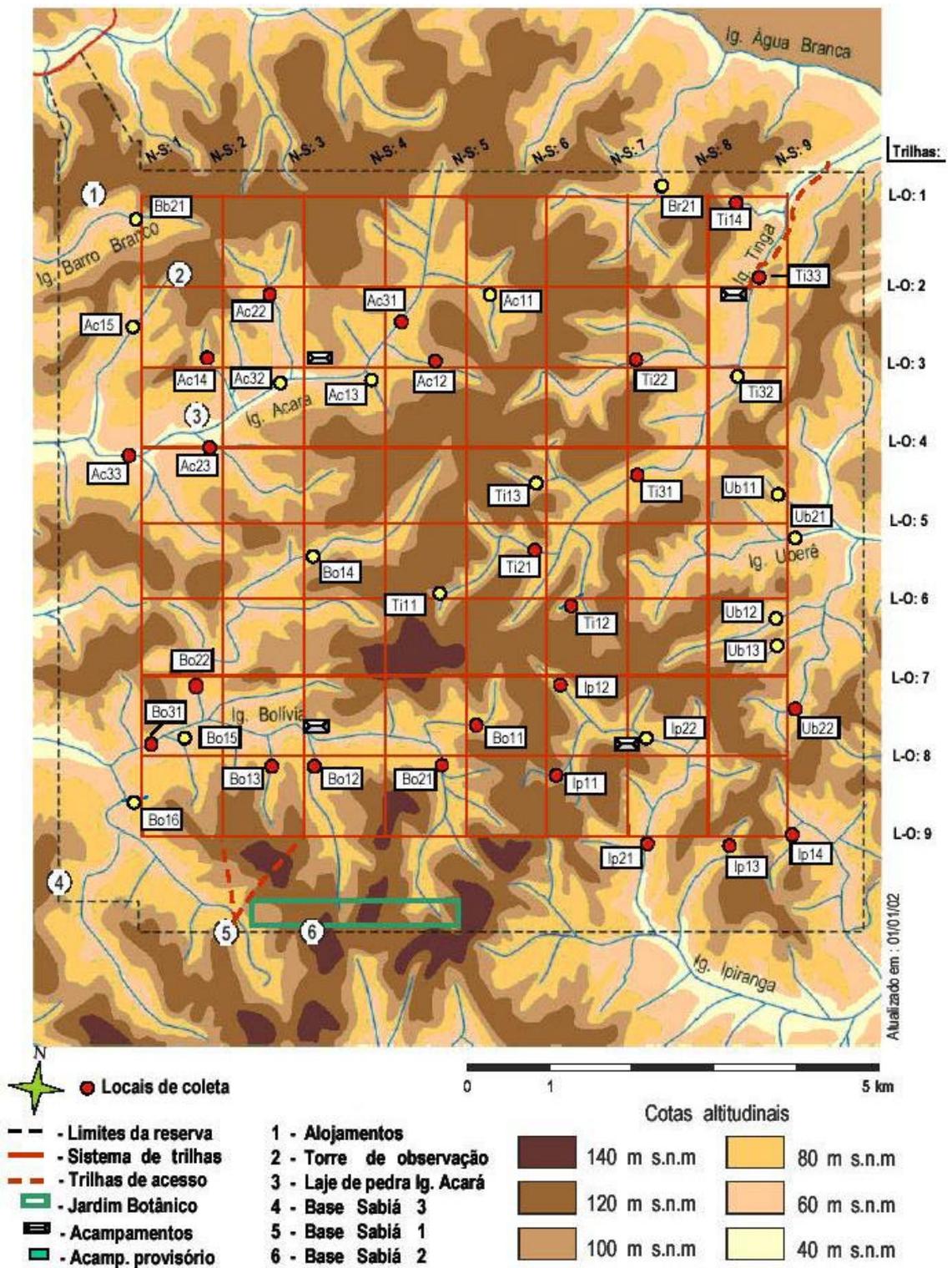


Figura 2 – Mapa da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM): relevo e hidrografia. No mapa destacam-se os igarapés que foram estudados. Círculos vermelhos indicam os pontos de amostragem e s.n.m. – altitude sobre o nível do mar (Modificado de Ribeiro et al. 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas nos meses de fevereiro e março de 2005, durante o período chuvoso, amostrando 24 pontos em riachos de cabeceira que abrangem corpos d'água de 1^a, 2^a e 3^a ordens (definidos a partir da escala de Horton, modificado por Strahler em Petts 1994). Foram amostrados 11 igarapés de primeira ordem, oito de segunda e cinco de terceira ordem, localizados em quatro micro-bacias distintas (Tabela 1). A distribuição amostral desigual nas ordens apenas reflete a sua distribuição natural no sistema. Esses pontos são os mesmos de um estudo prévio sobre diversidade beta de peixes (Mendonça 2002), e foram escolhidos tanto para facilitar a comparação com o outro grupo biológico, quanto pela disponibilidade de informações ambientais a partir daquele estudo.

As informações ambientais disponíveis (abertura do dossel, condutividade, velocidade média, profundidade média, profundidade máxima, partículas dissolvidas, ácidos húmicos, oxigênio dissolvido, pH, vazão e largura), os métodos de coleta e a estimativa desses parâmetros podem ser encontrados em Mendonça (2005).

Os igarapés da reserva apresentaram águas ácidas (pH 3,7 a 4,8), com baixa condutividade ($\bar{x} = 3,7 \mu\text{S}/\text{cm}$, $\text{DP} = \pm 1,35$), temperatura pouco variável ($\bar{x} = 30,62 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{DP} = \pm 1,54$), altamente saturados em oxigênio ($\bar{x} = 7,7 \text{ mg}/\text{l}$, $\text{DP} = \pm 0,92$), pobres em partículas em suspensão ($\bar{x} = 5,6 \text{ mg}/\text{l}$, $\text{DP} = \pm 2,40$) e com alta variação na concentração de ácidos húmicos (0,014 - 0,624 abs.). As margens possuem densa vegetação marginal (abertura de dossel: $\bar{x} = 9,0 \%$, $\text{DP} = \pm 3,0$) e o leito é recoberto principalmente por areia ($\bar{x} = 49,8 \%$, $\text{DP} = \pm 15,7$) e bancos de liteira ($\bar{x} = 26,1 \%$, $\text{DP} = \pm 11,1$). A profundidade variou pouco (média $\bar{x} = 0,32 \text{ m}$, $\text{DP} = \pm 0,18$ e máxima $\bar{x} = 0,52 \text{ m}$, $\text{DP} = \pm 0,27$) (Mendonça 2002). Comparando a largura dos igarapés nos pontos de coleta ($\bar{x} = 2,66 \text{ m}$, $\text{DP} = \pm 1,24$), percebe-se que em alguns casos os igarapés de segunda ordem são maiores do que os de terceira, e/ou os de primeira são maiores que os de segunda (Tabela 1). As ordens de riachos aparentemente não são bons preditores das diferenças ambientais nos corpos d'água, pelo menos, considerando a variação observada de riachos de 1^a a 3^a ordem na área de estudo. Muito mais útil para caracterização das diferenças ambientais pode ser a largura dos riachos (Batista, De

Marco & Cabette, em preparação) e, assim, todos os pontos, mesmo em ordens diferentes, serão tratados igualmente como amostras nesse estudo.

A metodologia do levantamento da comunidade de Odonata está baseada em um método de varredura com áreas fixas, já empregado em outros estudos com esse grupo (Ferreira-Peruquetti & De Marco 2002; Ferreira-Peruquetti & Fonseca-Gessner 2003). As amostragens consistiram na contagem visual do número de indivíduos adultos de cada espécie de Odonata, presente em 100 metros do corpo d'água de cada área, divididos em 20 segmentos de cinco metros. O tempo médio de permanência em cada ponto de amostragem foi de uma hora. Concomitantemente, foi feita a medida da temperatura do ar em local sombreado perto do corpo d'água. As coletas só foram realizadas quando havia sol e temperaturas acima de 19 °C, pois alguns estudos mostram que abaixo dessa temperatura os odonatos diminuem sua atividade (De Marco & Resende 2002; May 1976; May 1991). Indivíduos de cada espécie observada foram coletados com rede entomológica para confirmação da identificação. Esses indivíduos foram acondicionados em envelopes de papel e mergulhados em acetona P.A., durante 12 horas para Zygoptera e 48 a 72 horas para Anisoptera, para sua conservação. Após a secagem, por evaporação, foram acondicionados em envelopes plásticos sobre papel cartão e depositados como material testemunho na coleção do Laboratório de Ecologia Quantitativa (LEQ – Universidade Federal de Viçosa). Para a identificação dos espécimes coletados, foram utilizadas chaves sistemáticas (Carvalho & Calil 2000; Garrison 1990; Belle 1988; Borror 1945; Belle 1996; Lencioni 2005; Costa et al. 2002), e comparados com a coleção do LEQ. Em casos de necessidade os espécimes foram enviados a especialista para confirmação da identificação.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros ambientais medidos nos diferentes locais de amostragem na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM). IIF - Índice de Integridade Física do ambiente.

Local	Ordem	Bacia	Micro bacia	Abertura do dossel %	Temperatura do ar °C	Condutividade uS/cm	Velocidade média cm/s	Profundidade média m.	Profundidade máxima m.	Partículas sólidas	Ácidos húmicos	O ₂ mg.l ⁻¹	pH	IIF	Vazão m ³ /s	Largura do igarapé m.
AC12	1 ^a	Oeste	Acará	7,640	28,0	3,50	11,71	0,24	0,39	2,69	0,253	8,60	4,47	0,65	1,90	1,90
AC14	1 ^a	Oeste	Acará	9,200	30,0	2,99	0	0,19	0,27	5,34	0,123	5,43	4,85	0,63	0	1,26
AC22	2 ^a	Oeste	Acará	6,420	29,0	2,99	13,24	0,20	0,42	4,53	0,131	7,07	4,54	0,63	0,061	2,53
AC23	2 ^a	Oeste	Acará	19,620	31,0	3,60	14,26	0,35	0,58	4,65	0,172	6,20	4,69	0,71	0,098	2,4
AC31	3 ^a	Oeste	Acará	7,290	29,0	5,60	22,45	0,60	0,85	1,86	0,428	9,42	4,03	0,65	0,300	2,92
AC33	3 ^a	Oeste	Acará	7,120	29,5	2,99	25,20	0,59	0,84	6,50	0,167	7,02	4,85	0,67	0,701	5,11
BO11	1 ^a	Oeste	Bolívia	5,470	29,5	5,30	5,24	0,39	0,62	2,55	0,387	6,60	4,06	0,65	0,044	2,44
BO12	1 ^a	Oeste	Bolívia	8,330	33,0	2,99	28,09	0,34	0,53	9,27	0,158	6,51	4,33	0,67	0,285	2,76
BO13	1 ^a	Oeste	Bolívia	6,340	31,0	7,90	35,03	0,28	0,44	4,61	0,410	5,83	4,07	0,65	0,212	2,85
BO21	2 ^a	Oeste	Bolívia	8,770	32,0	4,80	12,24	0,46	0,70	9,60	0,237	5,68	4,62	0,63	0,162	3,22
BO22	2 ^a	Oeste	Bolívia	8,070	32,0	5,60	26,45	0,50	0,84	5,45	0,175	7,01	4,2	0,67	0,398	3,01
BO31	3 ^a	Oeste	Bolívia	10,850	30,0	2,99	29,76	0,65	1,13	5,02	0,179	6,44	4,77	0,67	0,967	5,33
IP11	1 ^a	Leste	Ipiranga	6,420	32,0	2,99	16,55	0,20	0,34	5,61	0,075	7,23	4,73	0,67	0,061	1,68
IP12	1 ^a	Leste	Ipiranga	5,640	29,5	2,99	5,64	0,14	0,22	6,27	0,060	6,84	4,66	0,69	0,012	1,57
IP13	1 ^a	Leste	Ipiranga	9,030	30,0	2,99	2,47	0,08	0,13	5,15	0,022	6,77	4,72	0,71	0,001	0,81
IP14	1 ^a	Leste	Ipiranga	6,940	31,0	2,99	13,52	0,15	0,31	5,00	0,035	7,21	4,68	0,67	0,102	3,33
IP21	2 ^a	Leste	Ipiranga	7,380	32,0	2,99	28,54	0,38	0,58	5,70	0,079	7,40	4,63	0,67	0,330	3,25
TI12	1 ^a	Leste	Tinga	11,630	32,0	2,99	4,19	0,13	0,45	5,15	0,039	5,59	4,71	0,67	0,004	1,02
TI14	1 ^a	Leste	Tinga	7,210	28,5	2,99	0	0,10	0,13	5,04	0,014	6,97	4,42	0,61	0	1,06
TI21	2 ^a	Leste	Tinga	9,640	30,0	2,99	26,64	0,34	0,52	5,86	0,145	7,59	4,42	0,63	0,208	2,35
TI22	2 ^a	Leste	Tinga	8,160	29,0	2,99	20,44	0,21	0,38	5,00	0,530	7,55	4,43	0,67	0,110	2,41
TI31	3 ^a	Leste	Tinga	8,070	33,5	2,99	41,35	0,48	0,83	6,36	0,140	7,12	4,42	0,67	0,680	3,45
TI33	3 ^a	Leste	Tinga	7,380	33,0	2,99	38,01	0,56	0,90	7,12	0,081	7,59	4,57	0,67	1,082	5,19
UB22	2 ^a	Leste	Ipiranga	8,070	30,0	2,99	17,83	0,11	0,17	5,60	0,021	7,01	4,6	0,67	0,036	2,06

As características físicas do ambiente foram avaliadas usando o procedimento descrito no Índice de Integridade Física do ambiente (IIF) (J. L. Nessimian et al., manuscrito não publicado). Este protocolo é constituído por doze itens que descrevem as condições ambientais avaliando características como: o padrão de uso da terra adjacente à vegetação ribeirinha; largura da mata ciliar e seu estado de preservação; estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10m; descrição da condição do canal quanto ao tipo de sedimento e presença de dispositivos de retenção; estrutura e desgaste dos barrancos marginais do rio; caracterização do leito do rio quanto ao substrato, vegetação aquática, detritos e disposição das áreas de corredeiras, poções e meandros (Apêndice 1). Cada item é composto de quatro a seis alternativas ordenadas de forma a representar sistemas cada vez mais íntegros. Para que cada item (pergunta, p_i) tivesse peso igual na análise, os valores observados (a_o) foram padronizados dividindo pelo valor máximo possível para o item (a_m – equação 1). O índice final é a média desses valores em relação ao número de variáveis amostradas (n - equação 2).

$$p_i = \frac{a_o}{a_m} \quad \text{Equação 1}$$

$$IIF = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n} \quad \text{Equação 2}$$

O valor obtido varia de 0 – 1 e quanto maior o valor total obtido mais conservado é o ambiente.

A distância entre os pontos amostrados foi obtida através do programa Arcview 3,2 (ESRI 1999), com o uso de uma imagem do satélite Landsat.

Análises Estatísticas

Análise de agrupamento

Para uma descrição geral do padrão de similaridade dos dados abióticos entre os locais, foi utilizada uma análise de agrupamento. Essa análise é uma técnica que forma grupos ou conglomerados homogêneos. Os objetos com menor distância entre si

são mais semelhantes, logo são aglomerados em um mesmo conglomerado. Já os mais distantes participam de conglomerados distintos. A medida de similaridade utilizada nesse estudo foi a distância Euclidiana. O método de ligação foi o de médias não ponderadas (UPGMA) de acordo com Manly (1994).

Estimativa da riqueza de espécies

Considerando que a riqueza de espécies observada é freqüentemente um estimador viciado para a riqueza de espécies real (Santos 2003), foi usado o estimador não paramétrico, Jackknife, para estimar a riqueza das espécies (Coddington et al. 1991; Colwell & Coddington 1994; Heltshe & Forrester 1983), utilizando os segmentos como amostra, assim para cada réplica (ponto, N=24) foi estimado um valor de riqueza a partir de amostras naquele ponto. Esse método estima a riqueza total somando a riqueza observada (número de espécies coletado) a um parâmetro calculado a partir do número de espécies raras (aquelas que ocorreram em apenas uma amostra – equação três). Essa técnica produz uma estimativa mais aproximada da riqueza de espécies de uma comunidade (Krebs 1999), fornecendo ainda um intervalo de confiança que permite a realização de comparações estatísticas entre duas ou mais regiões amostradas. Em uma análise recente, Walther & Morand (1998) consideraram este método como o que produz estimativas mais precisas e acuradas quando comparado a outros nove métodos, incluindo a contagem direta do número de espécies observadas.

O estimador Jackknife é definido como:

$$S_{jack1} = S_{obs} + Q1 \frac{m-1}{m} \quad \text{Equação 3}$$

Onde S_{jack1} é a riqueza estimada pelo procedimento Jackknife 1, S_{obs} é a riqueza observada, $Q1$ é o número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra e m é o número de amostras (Santos 2003). Para essa análise foi usado o software EstimateS Win 7.5 (Colwell 2000).

Estimativa da diversidade beta

A diversidade beta foi estimada para cada igarapé amostrado na reserva Ducke, separadamente para Zygoptera e para o total de Odonata. Para cada igarapé foi determinada a abundância relativa de cada espécie somando todos os segmentos, e as comparações de diversidade beta foram feitas entre os diferentes igarapés amostrados, que foram considerados réplicas para as hipóteses desse estudo.

Há uma grande controvérsia sobre o uso de índices de diversidade beta, com a utilização de uma grande variedade de índices (Wilson & Shmida 1984; Harrison et al. 1992). Existem duas formas de se estimar a diversidade beta uma quantitativa (calculado a partir da abundância relativa das espécies) e a outra qualitativa (presença e ausência das espécies). A abordagem desse estudo é baseada na medida de dissimilaridade estimada utilizando-se o índice quantitativo de Sorensen de Chao et al. (2005), o uso de um estimador qualitativo é bastante questionado devido sua forte correlação com a riqueza de espécies. O índice quantitativo usado mede o grau das diferenças na composição de espécie, e é calculado com a abundância relativa total das espécies em cada área amostrada. Segundo Chao et al. (2005), o índice quantitativo é o melhor estimador de diversidade beta, porque é independente da riqueza de espécies, além de ser um estimador mais acurado mesmo em dados com um pequeno número de amostras. O índice é assim definido:

$$L_{abd} = \frac{2UV}{U + V} \quad \text{Equação 4}$$

Onde L_{abd} é a medida de dissimilaridade entre os locais (igarapés) U e V ; U é o vetor que descreve a abundância relativa total do local U e V é o vetor que descreve a abundância relativa total do local V .

A média da dissimilaridade de cada ponto em relação a todos os outros foi usada como uma medida da diversidade beta. Valores elevados desta medida significam um local com composição de espécies bem particular e de especial interesse para a preservação.

Teste de mantel

As hipóteses centrais desse estudo referem se à dependência da diversidade beta, seja da distância geográfica ou das diferenças nos fatores abióticos entre igarapés. A primeira matriz (diversidade beta) foi composta por uma matriz de dissimilaridade de Sorensen (calculado com a abundância relativa total das espécies em cada igarapé amostrada) entre os ambientes. A segunda matriz a de distância expressou a conexão entre os ambientes, obtida pela medida de distância entre cada igarapé, a matriz de dissimilaridade dos fatores abióticos foi obtida utilizando a distância euclidiana para as variáveis abióticas presentes na Tabela 1. Para testar a existência de dependência entre essas matrizes foi utilizado o teste de Mantel (Manly 1994). A utilização desse teste é sugerida porque a dependência espacial entre os igarapés fere os pressupostos básicos dos modelos de correlação e regressão.

O teste de Mantel é baseado no cálculo de uma estatística Z na fórmula seguinte:

$$Z = \sum_{i,j=1}^n X_{ij} Y_{ij} \quad \text{Equação 5}$$

Onde X_{ij} e Y_{ij} são elementos das matrizes X e Y a serem comparadas (no caso, as matrizes de distância geográfica e dissimilaridade, respectivamente).

A significância desse valor de Z pode ser obtida comparando-se esse valor observado com valores de uma distribuição nula, recalculando-se os valores de Z diversas vezes, aleatorizando, em cada uma delas, a ordem dos elementos de uma das matrizes. A estatística Z possui uma relação monotônica com o r de Pearson entre as matrizes (correlação matricial), de modo que ela é de fato utilizada para testar a significância do r (Manly 1994). Neste trabalho, 5.000 permutações aleatórias foram utilizadas para se testar a significância das correlações matriciais. Este teste apresenta coeficientes de correlação r que variam entre -1 (forte correlação negativa) e $+1$ (forte correlação positiva). A significância do teste é dada pelo valor de p , que é estimado pela

comparação entre os valores de r observados e a distribuição de valores de r obtidos por permutações a partir dos dados originais. Todos esses testes foram feitos de acordo com Diniz-Filho (2000) e Scheiner & Gurevitch (1993). Esses testes foram feitos para a diversidade beta total de Odonata e para a diversidade de Zygoptera.

As variáveis independentes nesse teste foram a matriz de distância entre os pontos e a matriz de dissimilaridade, utilizando a distância euclidiana para as variáveis abióticas presentes na Tabela 1. O teste de Mantel foi calculado utilizando o programa R (R Development Core Team 2005).

Regressão linear

Para determinar a relação entre riqueza e diversidade beta com a largura e a profundidade dos igarapés foram feitas análises de regressão linear simples. Foram plotados no eixo x as variáveis explicativas, largura e/ou profundidade, contra as variáveis respostas no eixo y, riqueza e/ou diversidade beta. Este procedimento é um dos mais utilizados, pois providencia uma relação funcional simples (linear) entre as variáveis.

Análise de trilhos

Em estudos com comunidades, a correlação entre as variáveis é importante quando se deseja entender o funcionamento e o padrão dos fatores que afetam e se relacionam com ela. Para entender melhor estas associações, Wright propôs um método de desdobramento dos coeficientes de correlações estimadas nos efeitos diretos e indiretos das variáveis sobre uma variável básica cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Este método é denominado análise de trilha, análise de caminho ou análise de trilhas (“Path analysis”). Este método avalia o efeito de uma variável explicativa (x) sobre uma variável resposta (y), de forma que as outras variáveis (X_i) não possuam influência sobre esse efeito. Tendo como objetivo o estudo de relações de causa e efeito,

analisando a correlação entre as variáveis independentes de um modelo de regressão múltipla medindo os efeitos diretos e indiretos de cada uma destas variáveis independentes sobre a variável dependente.

Aqueles que lidam com técnicas de regressão múltipla sabem que os efeitos de uma variável explicativa (X) sobre a variável resposta (Y) decorrem não somente da relação entre X e Y, mas também da relação que Y e X têm com outras variáveis. Algumas variáveis, que isoladamente apresentam alta correlação com a variável resposta, podem ter em uma regressão múltipla esse efeito prejudicado pela presença de outras variáveis na equação. Por outro lado, algumas variáveis não parecem ter uma influência marcante, embora exerçam importante influência sobre outras variáveis que, por sua vez, afetam significativamente a comunidade. Isso significa que é necessário considerar influências indiretas, além das influências diretas, se quisermos ter um quadro mais compreensivo e completo dos fatores que influenciam nossos estudos. Os modelos da regressão múltipla não oferecem a possibilidade de modelar essas relações; o que é possível com a análise de caminho, ou com modelos de equações estruturais (Bentler 1980). Nesses sistemas de análise é possível estudar efeitos diretos e indiretos de maneira simultânea, assim como incorporar análises fatoriais à análise de caminho, dentro de um mesmo modelo (Bentler 1980).

A análise de caminho foi usada para saber a influência das variáveis; abertura do dossel, profundidade, largura e distância dos igarapés (variável explicativa) sobre a diversidade beta e sobre a riqueza de espécies (variáveis respostas). O que permitiu a medida da influência de todas as variáveis independentes sobre a dependente, e dessa maneira, possibilitou medir até que ponto as condições ambientais estão alterando a diversidade beta.

RESULTADOS

Descrição geral da comunidade

A fauna total de Odonata encontrada na Reserva Ducke foi de 19 espécies observadas e 23 ($\pm 4,77$) estimadas (Figura 3). Entretanto, apenas 17 foram consideradas nas análises estatísticas, porque duas espécies coletadas, *Mecistogaster lucretia* (Drury, 1773) e *Microstigma anomalum* (Rambur, 1842) são espécies de fitotelma e nossa metodologia não é adequada a gerar informações passíveis de comparação deste tipo de ambiente. Foram coletados 287 indivíduos, com a subordem Zygoptera contribuindo com uma abundância de 281 indivíduos, superior a de Anisoptera com apenas seis indivíduos amostrados (Apêndice III). A maior riqueza também ocorreu para a subordem Zygoptera com 14 espécies, enquanto Anisoptera apresentou somente três espécies (Gomphidae n.id., *Fylgia amazonica* e *Erythemis attala*) (Tabela 2).

As espécies mais abundantes de Zygoptera foram *Chalcopterix rutillans* ($0,281 \pm 0,688$) (média \pm desvio padrão), *Epipleoneura metallica* ($0,056 \pm 0,287$), *Hetaerina moribunda* ($0,054 \pm 0,268$), *Argia thespis* ($0,046 \pm 0,306$), *Argia oculata* ($0,037 \pm 0,247$), *Oxystigma williamsoni* ($0,029 \pm 0,180$), *Dictierias atosanguinea* ($0,027 \pm 0,186$), *Heteragrion silvarum* ($0,027 \pm 0,186$), *Hetaerina amazônica* ($0,019 \pm 0,164$) e *Argia hasemani* ($0,019 \pm 0,164$) (Tabela 2).

A espécie *C. rutillans* teve uma distribuição ampla, ocorrendo em todos os igarapés amostrados. Algumas espécies apareceram somente em uma bacia, como *Argia subapicalis*, *Argia thespis*, *Erythemis attala*, *Fylgia amazonica*, Gomphidae n.id. e *Psaironeura bifurcata* que foram registradas apenas na Bacia Oeste. Já *Argia hasemani*, *Argia indicatrix* e *Ishnura capreolus* na Bacia Leste (Tabela 2). Na Bacia Oeste foi registrada a maior riqueza, bem como, a maior abundância (184 indivíduos coletados). Na Bacia Leste foi registrada a ocorrência de 103 indivíduos.

Das microbacias estudadas, a que apresentou de maior abundância de Odonata foi a do Acará com 99 indivíduos, seguida por Bolívia 85, Tinga 52 e Ipiranga 51. Algumas espécies ocorreram em apenas uma microbacia: na do Acará, *Erythemis attala*, *Fylgia amazonica*; no Bolívia, *Argia subapicallis* e *Psaironeura bifurcata*, no Tinga, *Argia indicatrix* e *Ishnura capreolus*. Na microbacia do Ipiranga não houve nenhuma espécie endêmica.

Tabela 2 - Abundância média (indivíduos por segmento de 5m) e desvio padrão de Odonata presentes nos locais estudados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM).
n.id.= indivíduo não identificado.

Espécies	Subordem	Média	DP
<i>Chalcopteryx rutillans</i> (Rambur, 1842) Selys, 1853	Zygoptera	0,281	0,688
<i>Epipleoneura metallica</i> Rácenis, 1955	Zygoptera	0,056	0,287
<i>Hetaerina moribunda</i> Hagen in Selys, 1853	Zygoptera	0,054	0,268
<i>Argia thespis</i> Hagen in Selys, 1865	Zygoptera	0,046	0,306
<i>Argia oculata</i> Hagen in Selys, 1865	Zygoptera	0,037	0,247
<i>Oxystigma williamsoni</i> Geijskes 1976	Zygoptera	0,029	0,180
<i>Dicterias atrosanguinea</i> Selys, 1853	Zygoptera	0,027	0,186
<i>Heteragrion silvarum</i> Sjosledt, 1918	Zygoptera	0,027	0,186
<i>Hetaerina amazonica</i> Sjöstedt, 1918	Zygoptera	0,019	0,164
<i>Argia hasemani</i> Calvert 1909	Zygoptera	0,019	0,164
<i>Fylgia amazonica</i> De Marmels, 1989	Anisoptera	0,006	0,137
Gomphidae n.id.	Anisoptera	0,004	0,064
<i>Ischnura capreolus</i> Hagen, 1861	Zygoptera	0,002	0,046
<i>Psaironeura bifurcata</i> (Sjöstedt, 1918)	Zygoptera	0,002	0,046
<i>Argia subapicalis</i> Calvert 1909	Zygoptera	0,002	0,046
<i>Argia indicatrix</i> Calvert 1902	Zygoptera	0,002	0,046
<i>Erythemis attala</i> (Selys in Sagra, 1857)	Anisoptera	0,002	0,046

A curva de rarefação construída com todas as amostras da Reserva Florestal Adolpho Ducke, ainda não se estabilizou, sugerindo que mais espécies podem ser encontradas em futuros levantamentos.

Outras duas curvas de rarefação foram construídas, uma com a subordem Anisoptera e outra para Zygoptera; a riqueza estimada foi de $5 \pm 2,77$ (Figura 4) e $18 \pm 3,91$ (Figura 5), para estes grupos respectivamente.

Os resultados indicam que igarapés de ordens diferentes têm riqueza de espécies semelhantes. Igarapés de primeira ordem tiveram diversidade estimada em $15 (\pm 3,39)$, os de segunda ordem em $13 (\pm 2,76)$ e os de terceira em $16 (\pm 3,87)$, apresentando sobreposição dos intervalos de confiança, significando que são estatisticamente semelhantes (Figura 6).

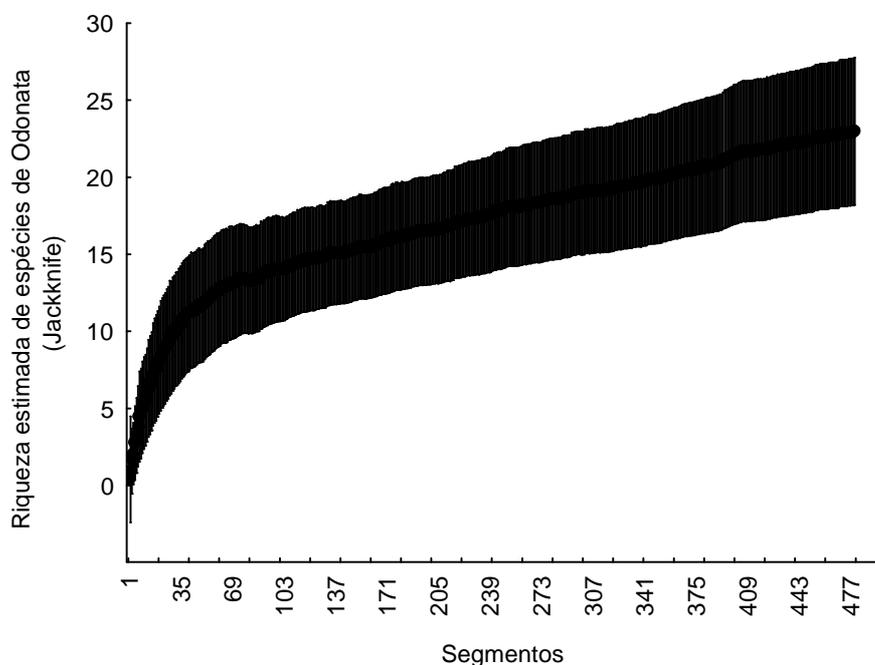


Figura 3 – Riqueza estimada das espécies de Odonata pelo procedimento Jackknife, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus (AM), 2005.

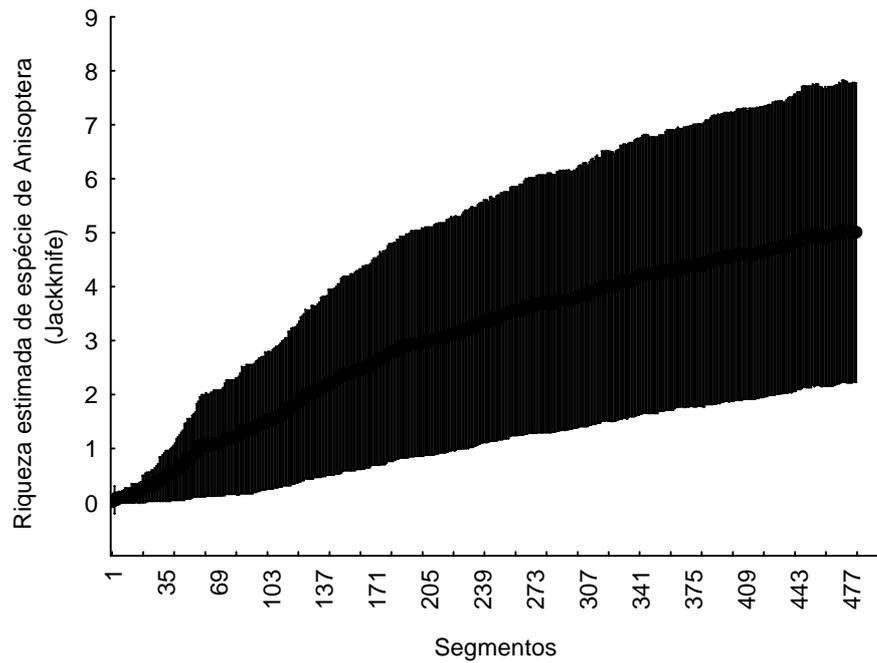


Figura 4 – Riqueza estimada das espécies de Anisoptera (Odonata) pelo procedimento Jackknife, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus (AM), 2005.

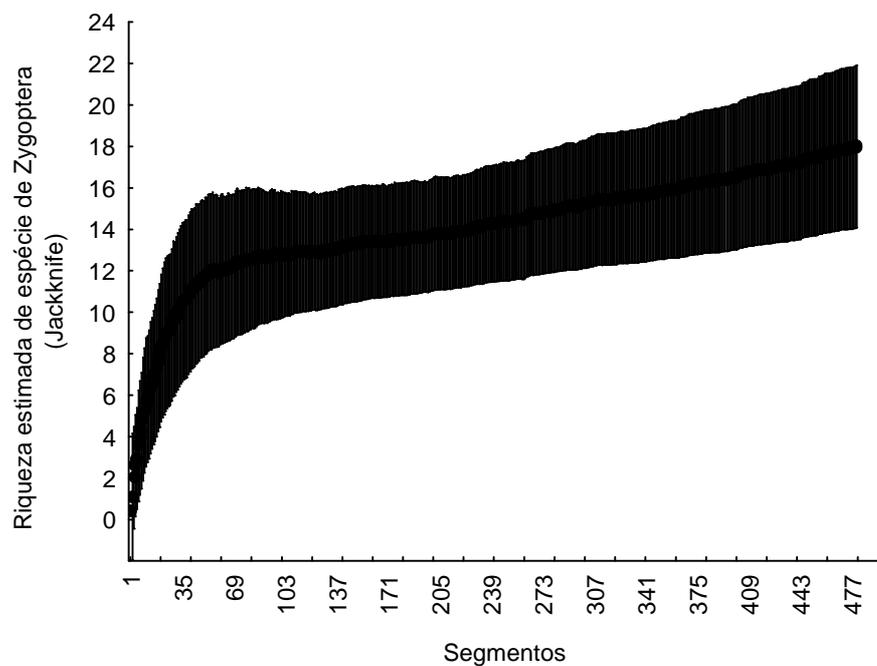


Figura 5 – Riqueza estimada das espécies de Zygoptera (Odonata) pelo procedimento Jackknife, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus (AM), 2005.

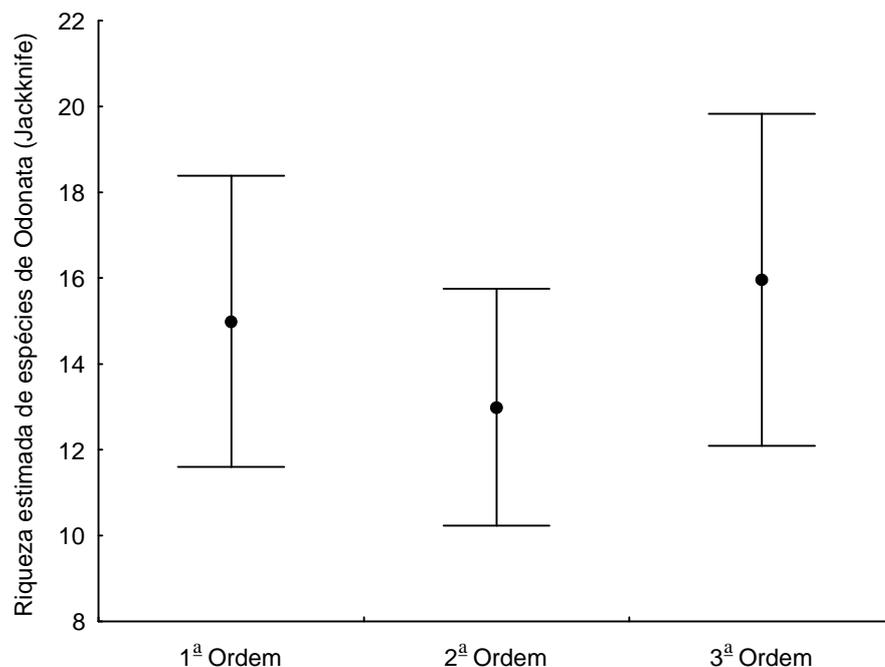


Figura 6 – Riqueza estimada das espécies de Odonata pelo procedimento Jackknife, nos igarapés da Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus (AM), distribuídos de acordo com as ordens amostradas, 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

Variação e heterogeneidade ambiental nos riachos

Na análise de agrupamento com os dados abióticos, os resultados demonstraram uma grande semelhança entre os igarapés (Figura 7), não havendo uma separação clara das bacias e nem das ordens dos igarapés, a partir da semelhança ambiental. Quatro pequenos grupos se formaram com uma diferenciação no nível de 17 unidades de distância. Esses grupos tiveram representantes de igarapés de ordens e bacias diferentes, evidenciando que as microbacias não se diferenciam fortemente em termos ambientais.

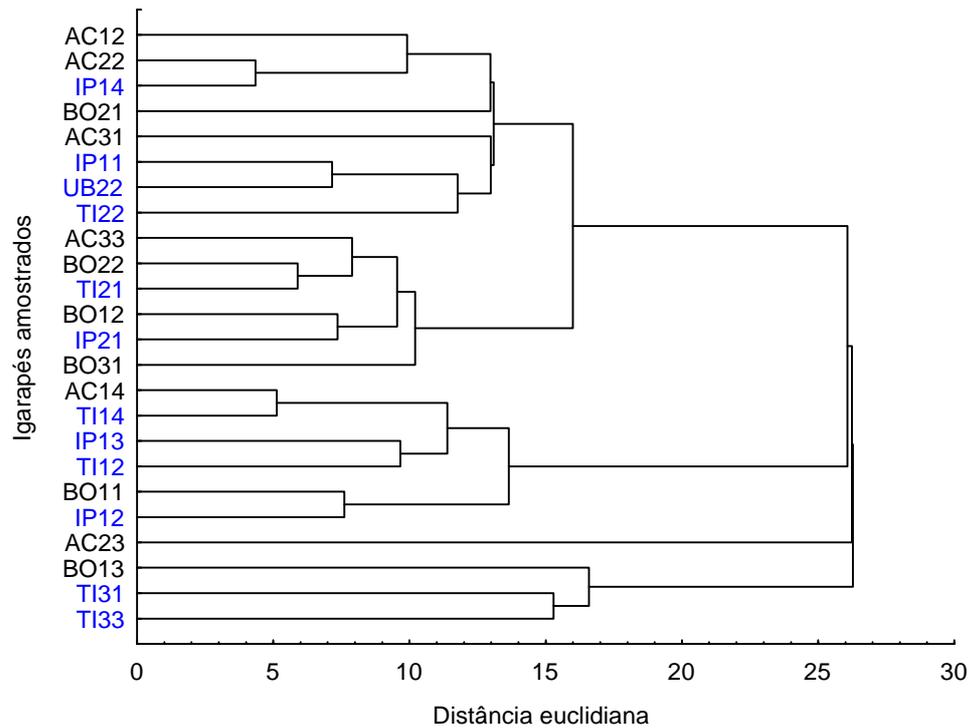


Figura 7 - Análise de agrupamento representando a relação da similaridade ambiental entre as microbacias, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus (AM), 2005. Os códigos significam: AC – Microbacia do Acará; BO – Microbacia do Bolívia; IP – Microbacia do Ipiranga e TI – Microbacia do Tinga. Em azul representantes da bacia Leste em preto os representantes da bacia Oeste.

Variação da riqueza e da diversidade beta: existem diferenças entre bacias?

Usando os resultados gerados pela estimativa de riqueza das espécies, foi feita a comparação das bacias (Oeste/Leste) estudadas. Considerando as duas subordens juntas (Zygoptera/Anisoptera), a bacia Oeste teve a maior riqueza ($18 \pm 3,90$) (espécies estimadas + intervalo de confiança) do que a Leste ($13 \pm 2,78$) (Figura 8). Quando a estimativa foi feita para cada subordem individualmente, as riquezas de Zygoptera foram semelhantes ($13 \pm 2,78$) (Figura 9). A análise para Anisoptera só foi feita para a bacia Oeste ($5 \pm 2,78$) (Figura 10), porque a subordem não foi registrada na bacia Leste. Logo, as diferenças observadas na riqueza de espécies entre as duas bacias é resultante da distribuição aparentemente diferencial de Anisoptera.

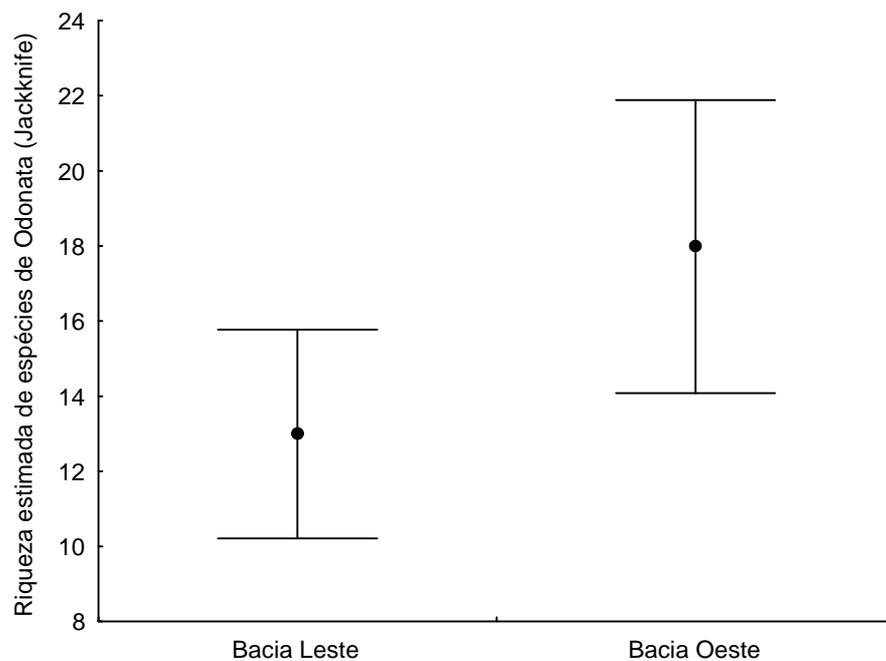


Figura 8 – Riqueza estimada das espécies de Odonata pelo procedimento de Jackknife, nas duas bacias na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

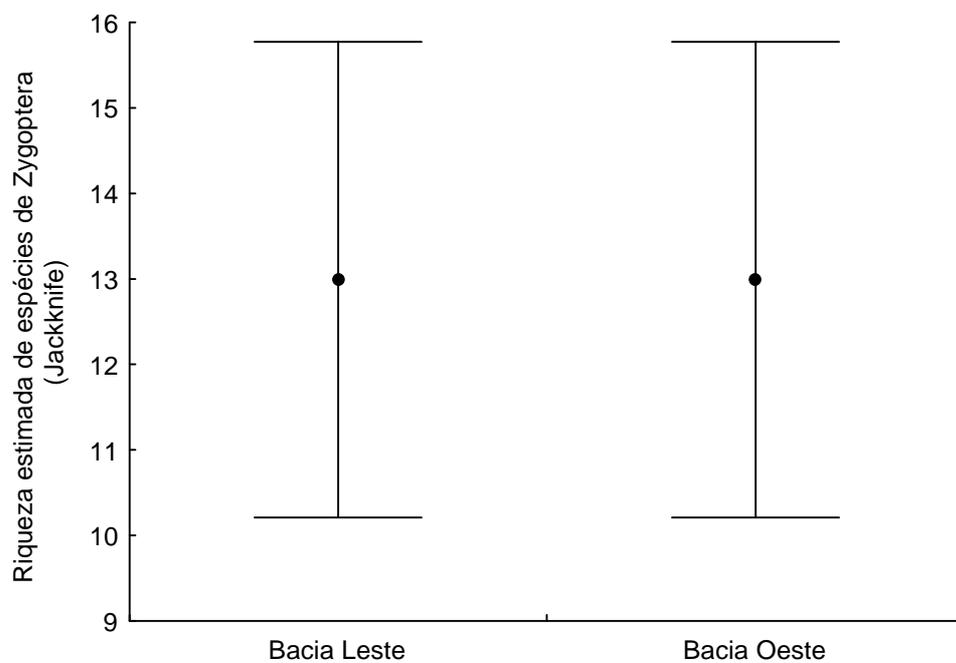


Figura 9 – Riqueza estimada de espécies de Zygoptera (Odonata) pelo procedimento de Jackknife, nas duas bacias na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

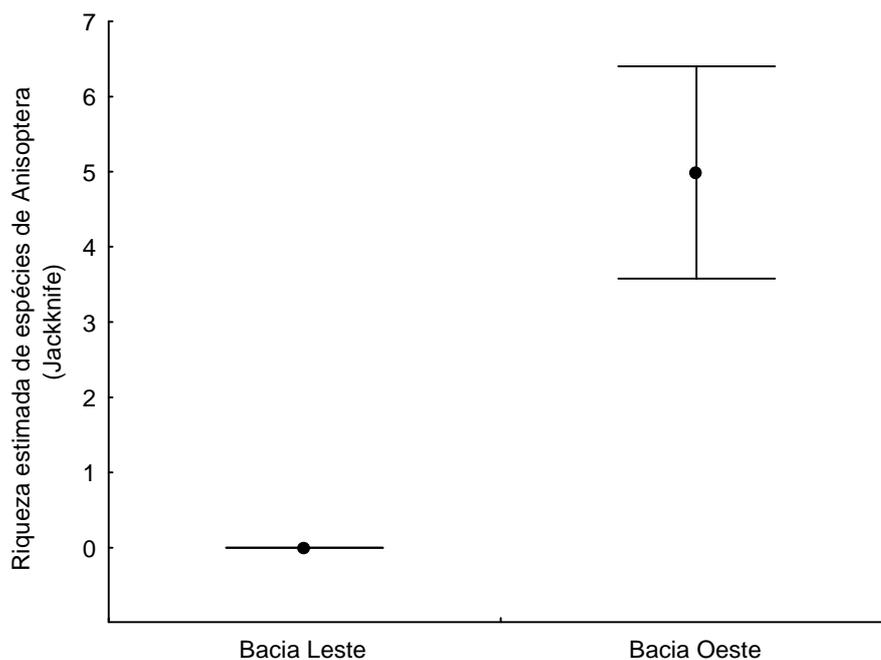


Figura 10 – Riqueza estimada das espécies de Anisoptera (Odonata) pelo procedimento de Jackknife, nas duas bacias na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

Para as microbacias foram feitas duas estimativas, uma considerando as subordens agrupadas (Zygoptera/Anisoptera) e a outra separada (apenas Zygoptera). Na análise agrupada, a microbacia do Ipiranga teve uma riqueza de $(10 \pm 2,77)$, do Acará $(12 \pm 3,37)$, do Tinga $(12 \pm 3,37)$ e do Bolívia $(15 \pm 3,37)$, houve diferença apenas entre as microbacias do Bolívia e Ipiranga, as demais foram estatisticamente semelhantes, havendo sobreposição dos intervalos de confiança (Figura 11). Analisando as subordens separadamente, a microbacia do Acará apresentou menor riqueza (6 ± 0) , seguida pela microbacia do Ipiranga $(10 \pm 2,77)$ e, posteriormente pelas microbacias de maior riqueza Bolívia $(13 \pm 2,77)$ e Tinga $(12 \pm 3,37)$. Os Anisoptera amostrados no estudo ficaram restritos a microbacia do Acará $(6 \pm 3,37)$ e do Bolívia $(2 \pm 1,96)$, não sendo amostrados nas demais microbacias.

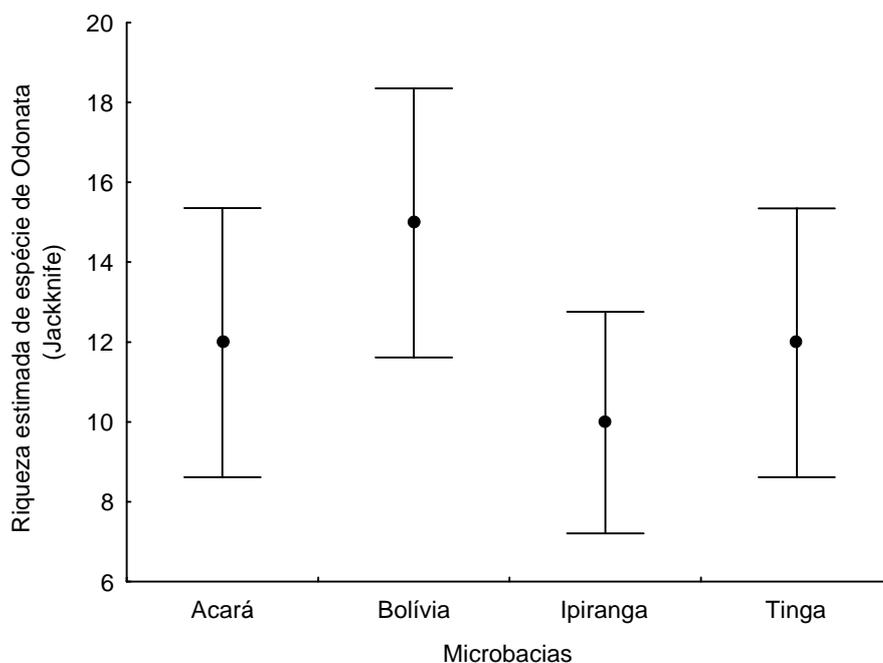


Figura 11 – Riqueza estimada das espécies de Odonata (Jackknife), em quatro microbacias na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

A diversidade beta não teve um padrão de distribuição definido, apresentando uma variação grande dentro e entre as bacias estudadas (Apêndice II). A diversidade beta total da Ordem foi menor do que a de Zygoptera. A diversidade beta total maior alcançou um índice de dissimilaridade de 0,764 e a de Zygoptera até 0,771. A diversidade beta total das bacias foi semelhante (Figura 12). Da mesma forma, as microbacias também apresentaram diversidade beta semelhantes (Figura 13). A diversidade beta calculada com a abundância das espécies foi maior do que a analisada com presença/ausência.

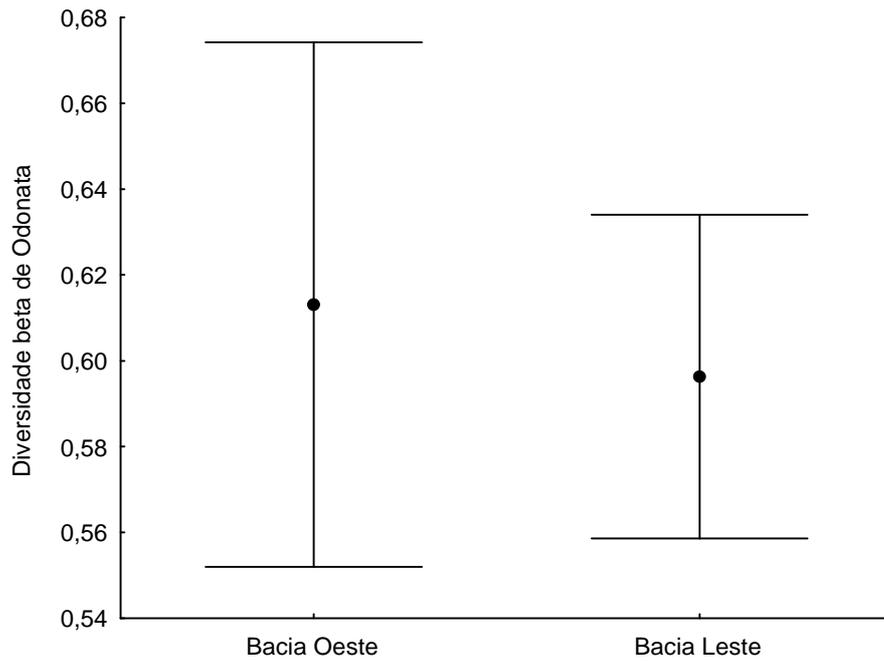


Figura 12 – Média da diversidade beta de Odonata por bacia da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

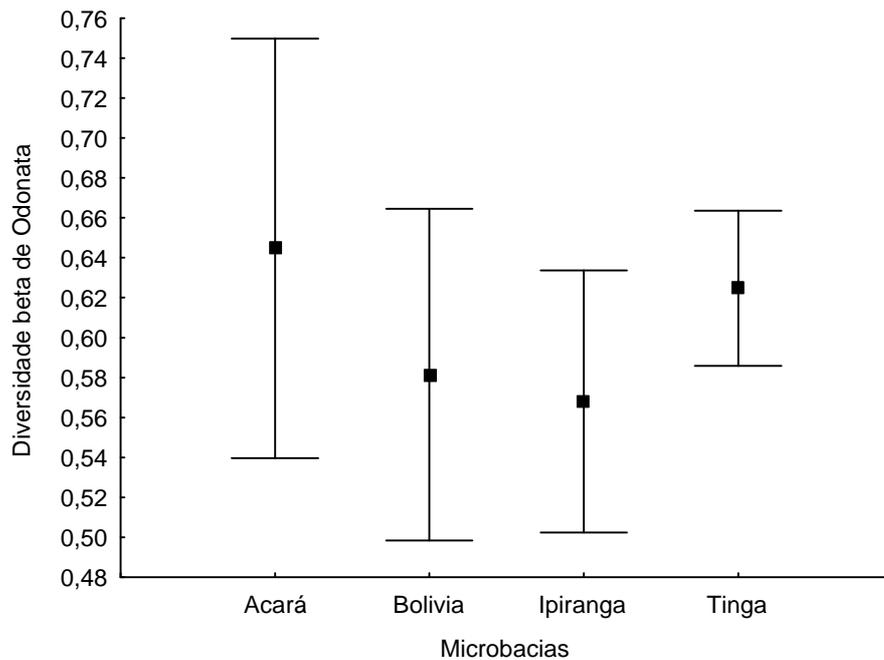


Figura 13 – Média da diversidade beta total por microbacia da Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. As barras representam o intervalo de confiança de 95%.

Qual o melhor índice para calcular a diversidade beta?

A diversidade beta total de Odonata considerando a abundância relativa das espécies (quantitativa) não depende da riqueza de espécies estimada para os pontos ($r^2=0,079$ $p=0,183$), assim como a diversidade beta de Zygoptera ($r^2=0,109$ $p=0,115$) (Figuras 14 e 15, respectivamente). Entretanto, quando as análises foram feitas com a diversidade beta calculada apenas com a presença e ausência das espécies (qualitativa), houve correlação significativa ($r^2= 0,248$ $p=0,013$), o mesmo aconteceu pra diversidade beta de Zygoptera ($r^2=0,216$ $p=0,022$), indicando que parte da diversidade beta observada nos locais é resultado das diferenças na riqueza de espécies (Figuras 16 e 17, respectivamente). Entretanto, vale ressaltar que os valores de r^2 foram baixos, o que sugere que outros fatores também são importantes para explicar a diversidade beta com base na ocorrência de espécies.

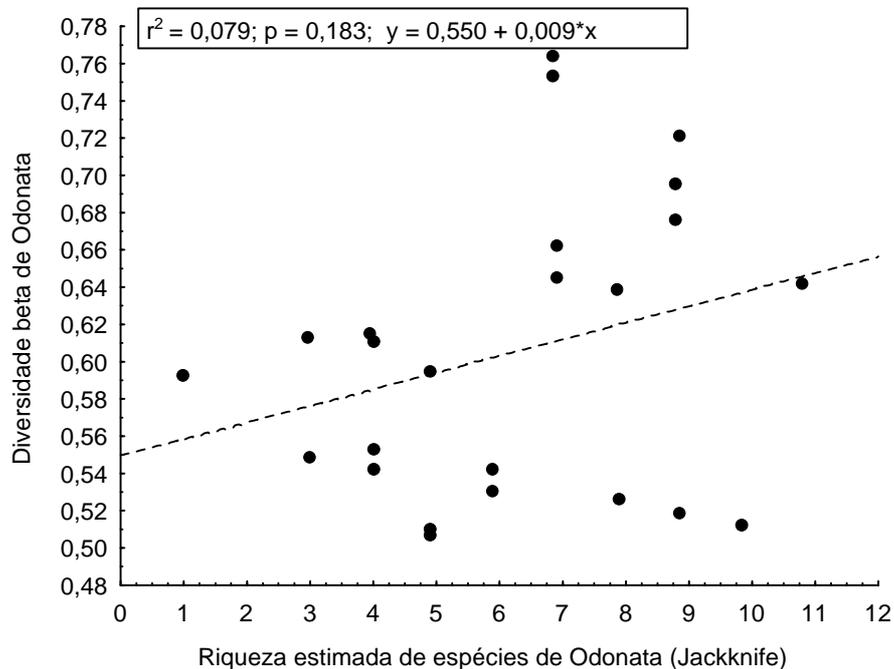


Figura 14 - Relação entre a diversidade beta de Odonata calculada a partir da abundância com a riqueza estimada das espécies pelo procedimento Jackknife, amostrados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

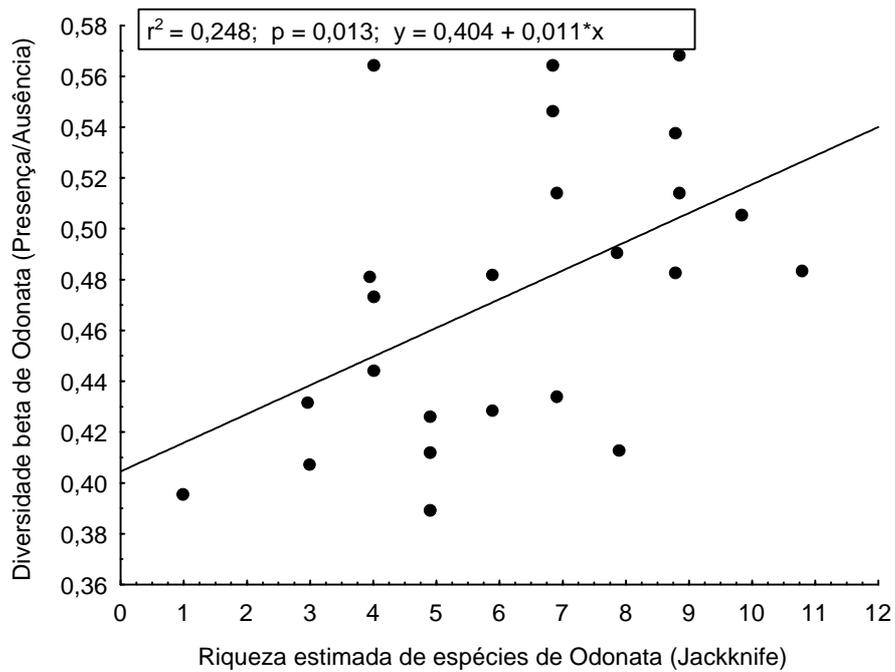


Figura 15 - Relação entre a diversidade beta de Odonata calculada a partir de presença e ausência das espécies com a riqueza estimada das espécies pelo procedimento Jackknife, amostrados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

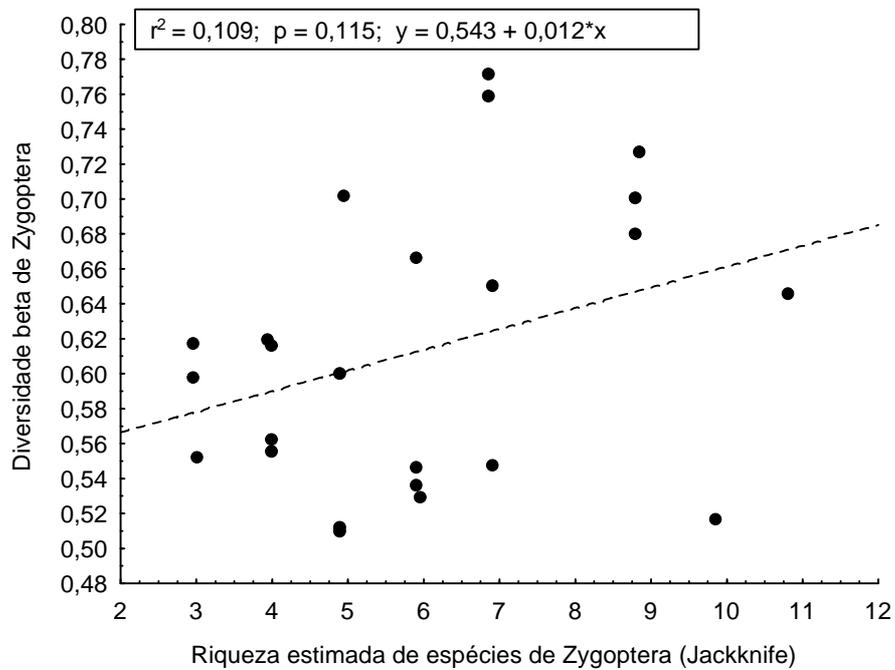


Figura 16 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera (Odonata) calculada a partir da abundância com a riqueza estimada das espécies de Zygoptera pelo procedimento Jackknife, amostrada na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

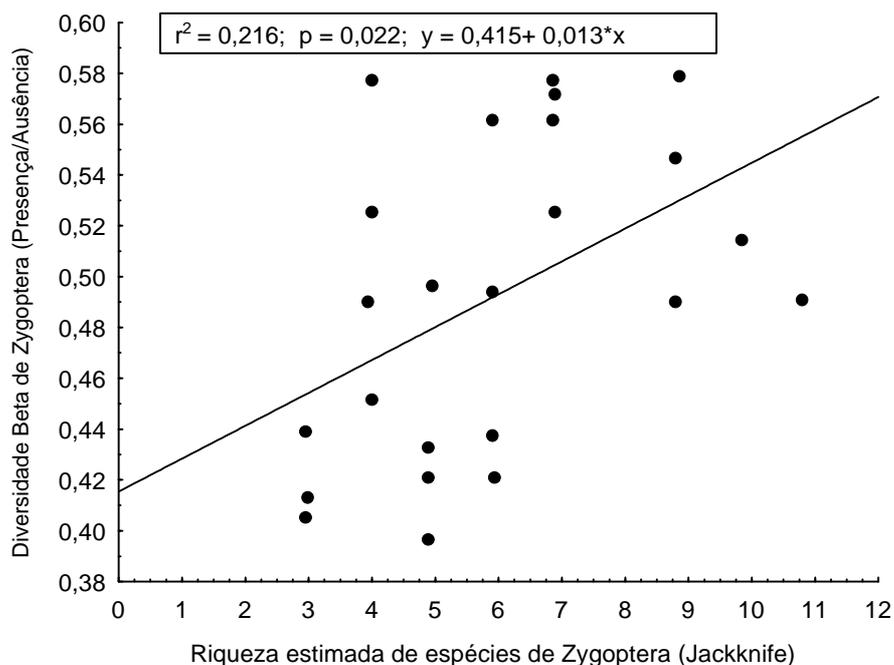


Figura 17 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera (Odonata) calculada a partir da presença e ausência com a riqueza estimada das espécies pelo procedimento Jackknife, amostrada na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

Fatores locais determinando a riqueza e a diversidade beta

A largura dos igarapés afeta a riqueza de espécies observadas ($r^2=0,432$ $p<0,001$), mas não afeta a diversidade beta total ($r^2=0,007$ $p=0,696$) ou a diversidade beta de Zygoptera ($r^2=0,009$ $p=0,658$) (Figuras 18, 19 e 20 respectivamente). Resultados semelhantes foram obtidos na relação com a profundidade média (riqueza de espécies $r^2=0,528$ $p<0,001$, diversidade beta $r^2=0,070$ $p=0,212$ e diversidade beta de Zygoptera $r^2=0,068$ $p=0,218$, Figuras 21, 22 e 23 respectivamente), demonstrando que os fatores locais são importantes no processo de distribuição dos Odonata, no entanto, não influenciam a diversidade beta.

O Índice de Integridade Física do ambiente não afetou a riqueza de espécies ($r^2=0,023$ $p=0,484$, Figura 24), a diversidade beta ($r^2=0,029$ $p=0,425$, Figura 25) ou a diversidade beta de Zygoptera ($r^2=0,045$ $p=0,317$, Figura 26). Esse resultado pode ser explicado pelo bom estado de preservação da Reserva Ducke, o que fez com que o

Índice de Integridade Física do ambiente variasse pouco entre os pontos estudados (0,605 a 0,701).

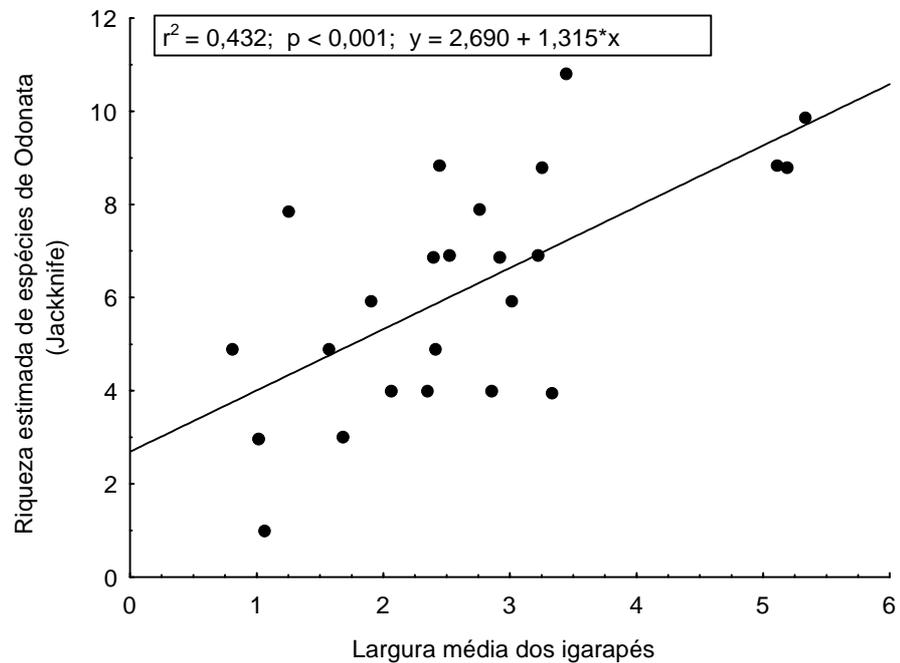


Figura 18 - Relação entre a riqueza estimada de espécie (Jackknife) com a largura média dos igarapés, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

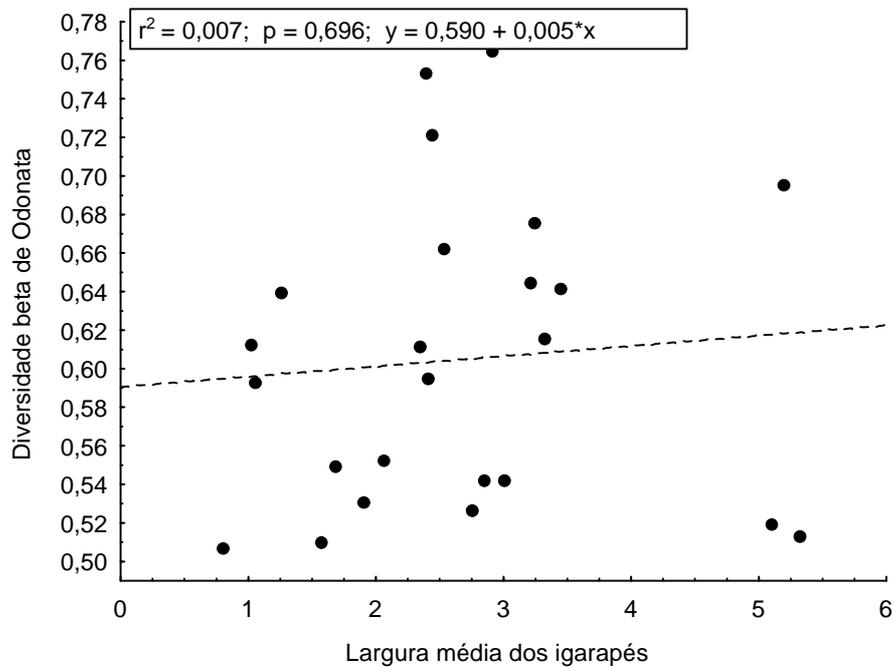


Figura 19 - Relação entre a diversidade beta total com a largura média dos igarapés, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

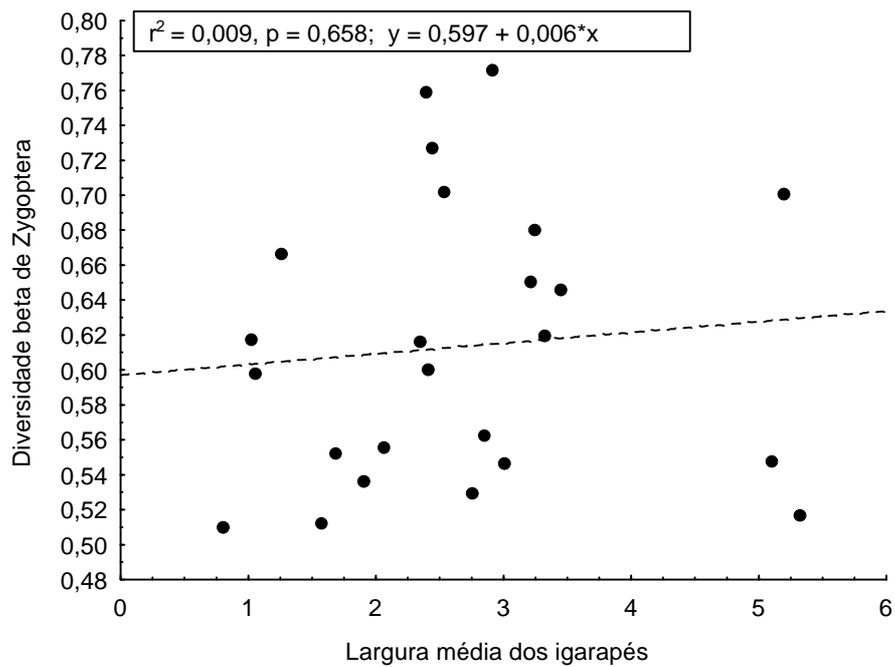


Figura 20 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera (Odonata) com a largura média dos igarapés, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

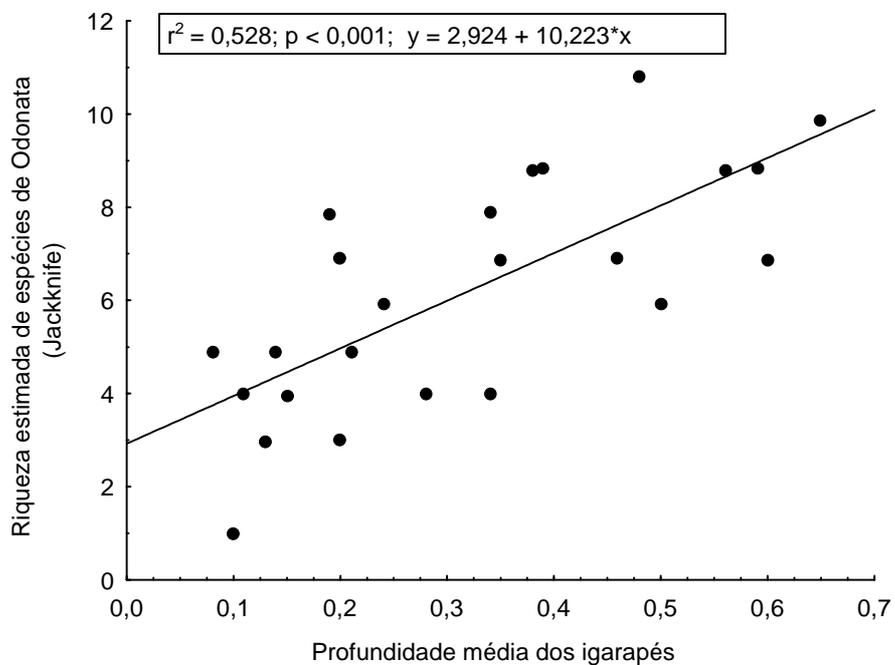


Figura 21 - Relação entre a riqueza estimada de espécie de Odonata (Jackknife) com a profundidade média dos igarapés, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

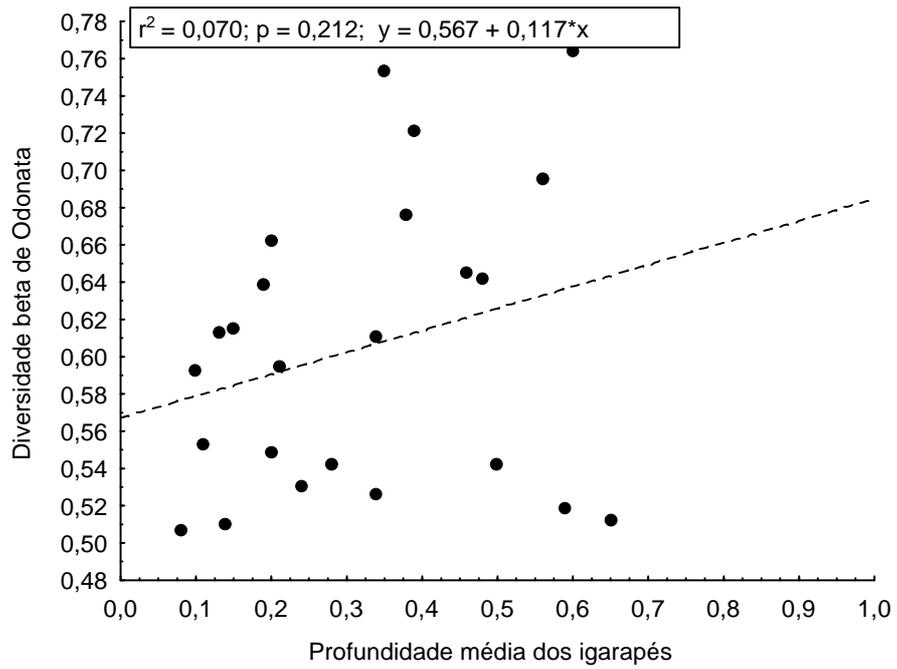


Figura 22 - Relação entre a diversidade beta de Odonata com a profundidade média, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

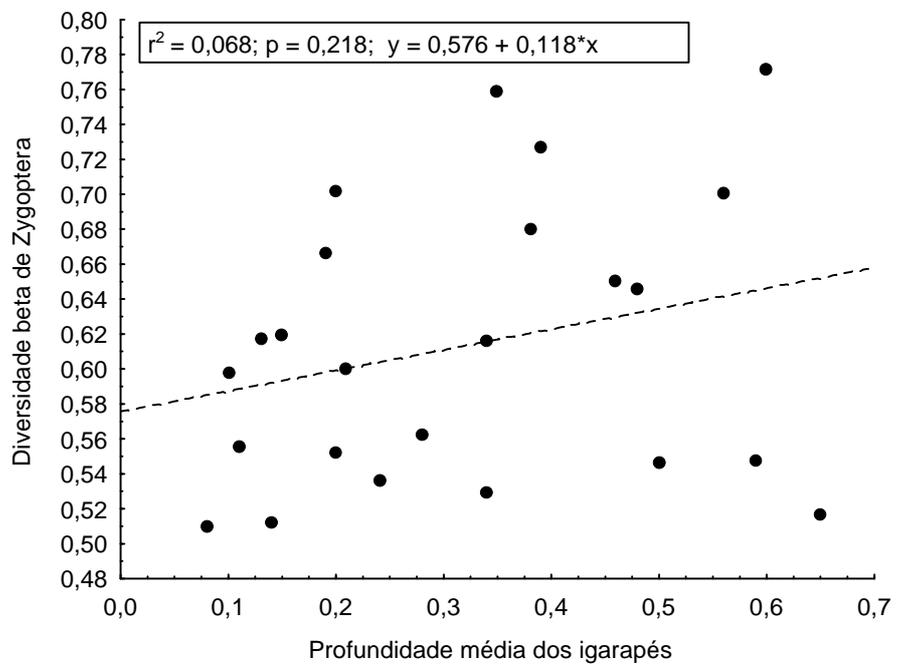


Figura 23 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera (Odonata) com a profundidade média dos igarapés, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

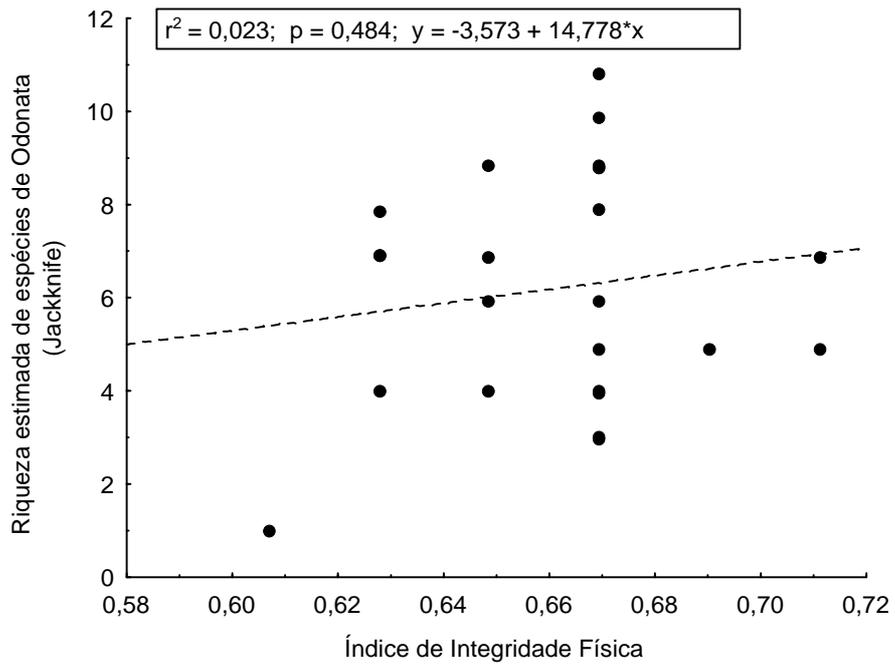


Figura 24 - Relação entre a riqueza de espécie de Odonata com o Índice de Integridade Física do ambiente, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

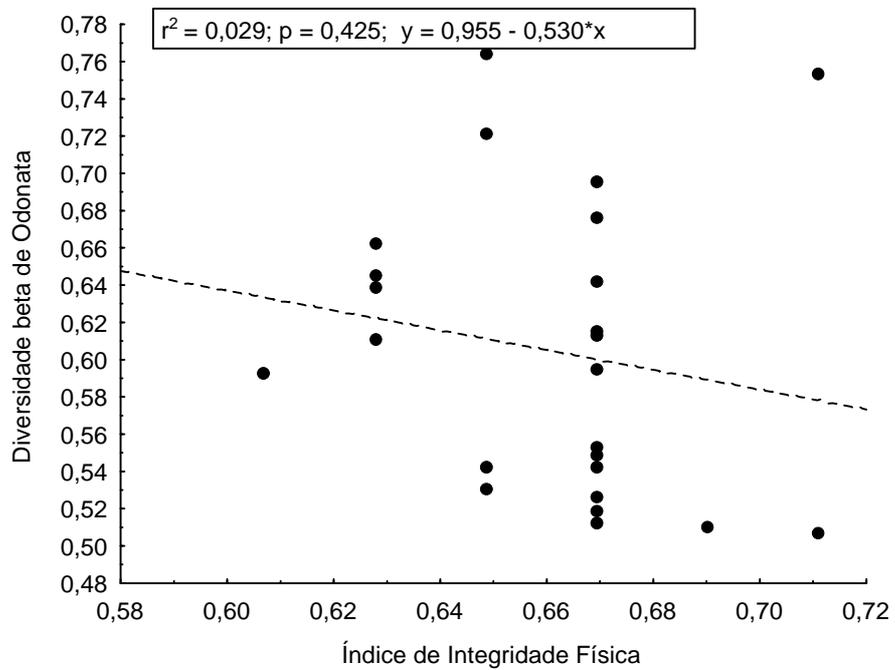


Figura 25 - Relação entre a diversidade beta de Odonata com o Índice de Integridade Física do ambiente, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

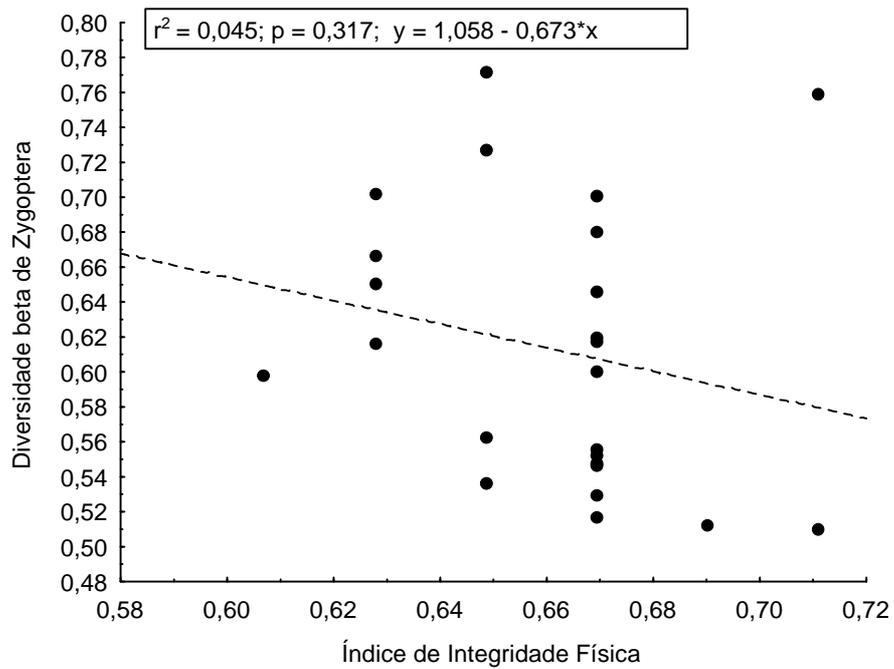


Figura 26 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera (Odonata) com o Índice de Integridade Física do ambiente, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

Similaridade ambiental e distância determinando a diversidade beta

A distância entre os pontos (reserva de 100 km² com distância máxima entre os pontos de 10 km) não foi uma barreira para as libélulas. Quando a matriz da distância foi correlacionada com a diversidade beta total (considerando as duas subordens) foi possível perceber que não há dependência entre estas duas variáveis ($R = -0,249$ e $P = 0,999$). O mesmo foi observado para a matriz de diversidade beta de Zygoptera ($R = -0,235$ e $P = 0,998$, Tabela 4).

Quando comparadas as matrizes de diversidade beta com a matriz ambiental, a relação também não foi significativa. Com a diversidade beta total, a relação foi de $R = 0,018$ e $P = 0,433$ e com a diversidade beta de Zygoptera $R = 0,018$ e $P = 0,420$ (Tabela 3).

Na análise da matriz ambiental com a distância, a relação foi de $R = -0,010$ e $P = 0,537$, demonstrando que a distância não interfere na similaridade ambiental observada entre os pontos (Tabela 3).

Tabela 3 – Dependência da diversidade beta em relação à distância e à matriz ambiental na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005.

	Distância		Matriz Ambiental	
	R	P	R	P
Diversidade beta de Odonata	-0,249	0,999	0,018	0,433
Diversidade beta de Zygoptera	-0,235	0,998	0,018	0,420
Matriz ambiental	0,010	0,537		

Uma análise integrada dos fatores determinantes da diversidade beta

Os modelos apresentados nas figuras 27 e 28 mostra uma concepção geral de como as diferentes variáveis desse estudo se relacionam. Existe um conjunto de variáveis ambientais básicas (largura, profundidade dos igarapés e abertura do dossel) que poderiam afetar a riqueza local de espécies. A riqueza local, junto com a distância entre os igarapés e novamente as variáveis ambientais básicas, poderiam determinar a diversidade beta em cada ponto.

As variáveis ambientais largura e profundidade tiveram uma relação significativa com a riqueza de espécies. No entanto, a relação das variáveis, abertura do dossel e distância entre os igarapés com a riqueza de espécies, não foi significativa. Possivelmente, como a área de estudo está dentro de uma floresta de terra firme bem conservada, o dossel é muito fechado, variando muito pouco entre os igarapés. O mesmo pode ter acontecido na relação da distância dos igarapés com a riqueza, já que a distância máxima entre cada igarapé na reserva Ducke é de dez quilômetros e nossos resultados indicam que em um ambiente preservado essa distância não impede a dispersão de Odonata.

Partindo da concepção de que variáveis ambientais básicas podem determinar a diversidade beta, observamos uma relação significativa entre as variáveis ambientais com a riqueza de espécies tanto, quando considerada apenas Zygoptera ($R=0,578$; Figura 27) quanto o total de Odonata ($R=0,538$; Figura 28). No entanto, existe considerável colinearidade entre as variáveis ambientais largura e profundidade, não sendo possível estabelecer se há um efeito isolado de cada uma delas. Para a compreensão dos processos que determinam a riqueza de espécies, parece adequado considerar o efeito conjunto dessas variáveis.

Quando o conjunto total de variáveis estudadas foi relacionado com a diversidade beta total ($R=0,205$) e a diversidade beta de Zygoptera ($R= 0,215$), não foi encontrada nenhuma relação significativa (Figuras 27 e 28, respectivamente).

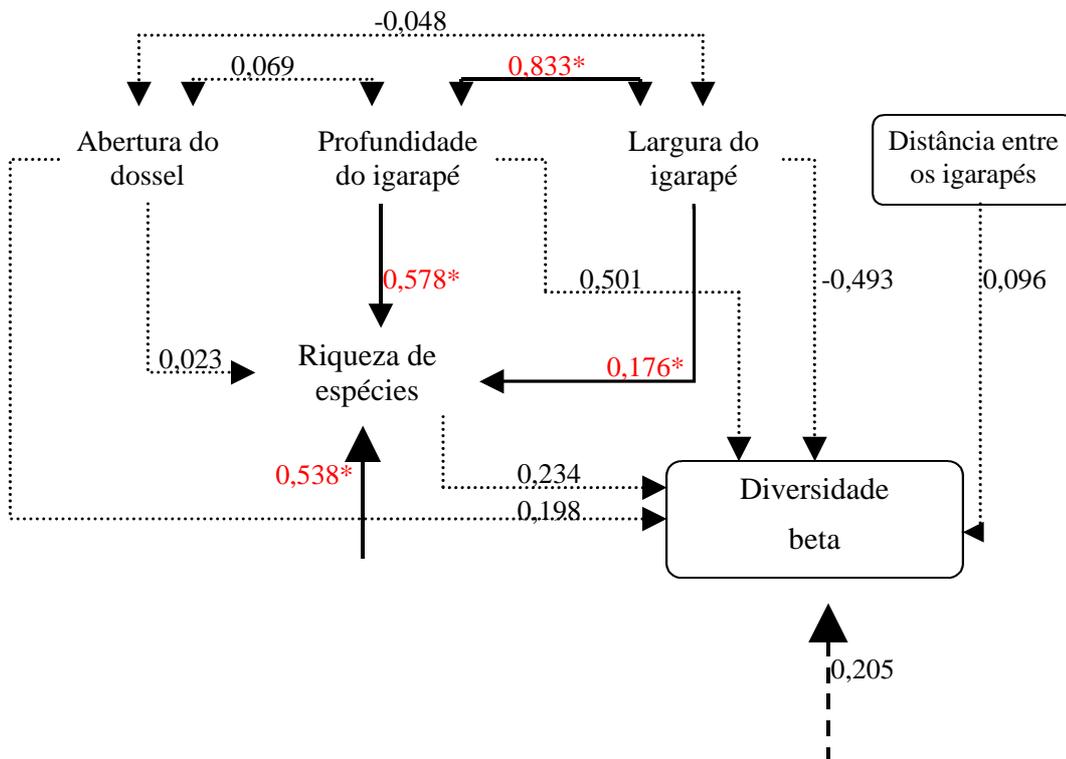


Figura 27 - Relação entre a diversidade beta de Odonata com as variáveis; abertura do dossel, profundidade, largura, distância dos igarapés e riqueza de espécies, amostrados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. * Estatisticamente significativo.

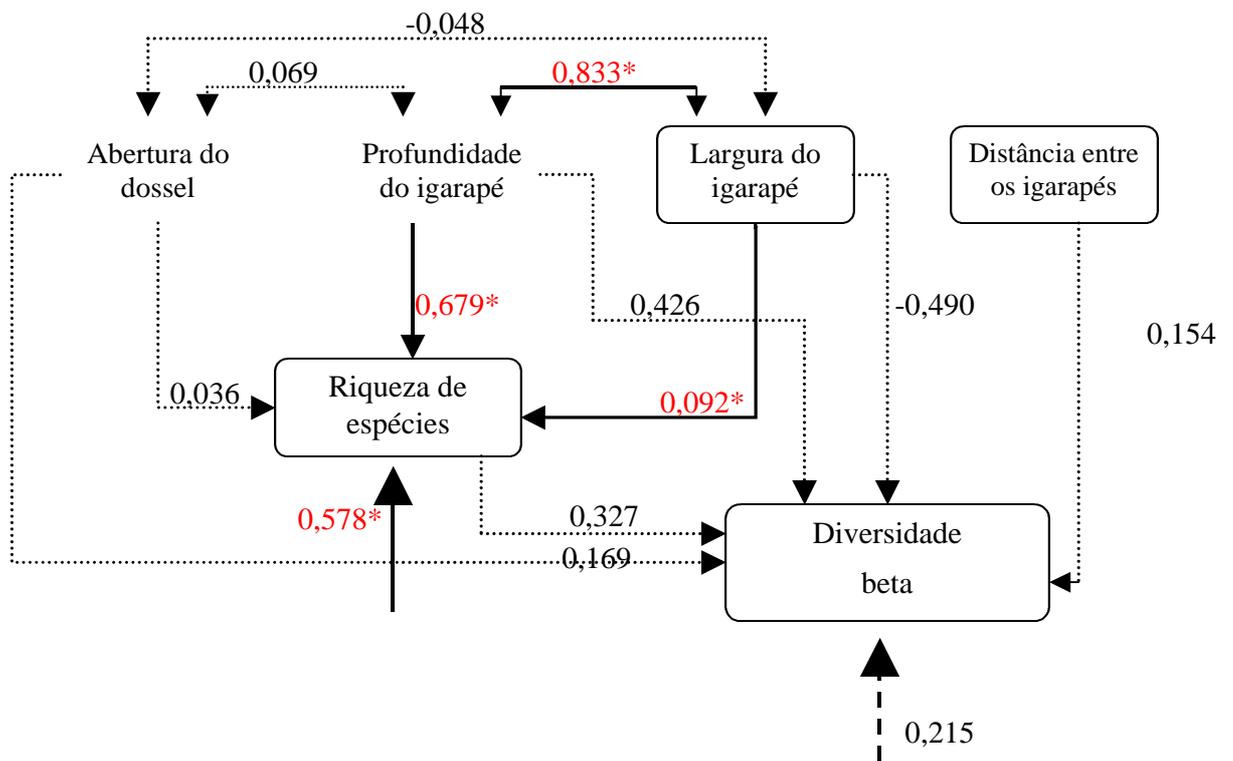


Figura 28 - Relação entre a diversidade beta de Zygoptera com as variáveis, abertura do dossel, profundidade, largura, distância dos igarapés e riqueza de espécies, amostrados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), 2005. * Estatisticamente significante.

DISCUSSÃO

Comunidades de Odonata em igarapés preservados

A comunidade estudada foi dominada por representantes da subordem Zygoptera. Delgado (2002), trabalhando em dois igarapés na Reserva Ducke, encontrou resultado similar, registrando a presença de 28 espécies, sendo a subordem Zygoptera a mais diversa, com 16 espécies e a Anisoptera menos diversa com apenas 12 espécies. Essa distribuição pode ser explicada pelas limitações fisiológicas dependentes do tamanho corporal que diferenciam essas subordens. Nas espécies pertencentes a ordem Anisoptera, os indivíduos são em geral grandes, termorregulando principalmente através da irradiação solar (May 1991; May 1979) e, por isto, são mais freqüentes em áreas abertas. Em função do maior tamanho corporal apresentam capacidade de vôo mais elevada, o que aumentaria sua capacidade de dispersão e sua distribuição geográfica (Corbet 1999). Já as espécies de tamanho corporal menor, como os representantes de Zygoptera, devem estar mais sujeitas à termorregulação por convecção (De Marco & Resende 2002; May 1991; May 1979; De Marco et al. 2005) e, conseqüentemente, menos restritas às áreas abertas (ensolaradas), podendo ocupar habitats como o interior de matas (Resende 2005).

As florestas contêm muitas espécies raras e endêmicas, além de uma alta especialização na comunidade de Odonata, apesar de apresentar uma baixa riqueza de espécies (Bried & Ervin 2005). Nos igarapés amazônicos não faltam exemplos de espécies com algum nível de especialização de habitat, o que facilita a previsão de sua ocorrência. Se você está andando em um igarapé que tenha um tronco caído na água, é só olhar com mais cautela que poderá verificar a ocorrência de *Chalcopterix rutilans*, pousado no tronco ou voando e expondo a coloração acobreada iridescente de suas asas; nos poleiros baixos muito próximos da lâmina d'água você observará a presença de *Epipleoneura metálica* e em poleiros altos com alguns raios solares pode-se verificar a presença de *Dicterias astrosanguinea*.

Clausnitzer (2003) coloca que em um sistema como esse, espécies com preferência por habitat com cobertura vegetal densa desaparecem com o aumento do distúrbio no ambiente, restando um alto número de espécies nos ambientes alterados que tem baixo valor para a conservação. Com isso, espera-se que um distúrbio que aumente as áreas de clareiras deva levar a um decréscimo da diversidade beta.

Bacias são barreiras à dispersão de Odonata?

Os resultados encontrados na Reserva Ducke demonstraram uma baixa diversidade beta entre as microbacias, significando que há uma grande similaridade de espécies entre elas, e que estas não atuam como barreiras impedindo a dispersão de Odonata na Floresta Amazônica. A maioria das espécies encontradas são pequenas e pertencentes à subordem Zygoptera, conhecida por ter capacidade de dispersão limitada (Conrad et al. 1999; Purse & Thompson 2003; Watts et al. 2004), o que teoricamente favoreceria a menor homogeneização entre as comunidades e, conseqüentemente, a uma maior diversidade beta. Acreditamos que a matriz contínua de mata de Terra-Firme, juntamente com o longo período de estabilidade ambiental em que a Floresta Amazônica se encontra desde sua formação (entre cinco a seis milhões de anos atrás durante o Terciário) (Mörner et al. 2001), possa ter permitido que as espécies chegassem e se dispersassem gradativamente até se estabelecerem em amplas áreas, mesmo para aquelas com habilidade de dispersão limitada.

As combinações de dados geológicos e paleontológicos suportam a hipótese de que a Amazônia teve sua origem por volta de 6-5 milhões de anos atrás, passando por mudanças drásticas, caracterizadas por oscilações do nível do mar, acompanhado de climas relativamente mais áridos (Mörner et al. 2001). A mudança causada pela formação dos Andes modificou bastante as bacias hidrográficas e os padrões de chuva (Van der Hammen 1995). Essas alterações causaram mudanças importantes na descarga dos rios, na sedimentação e na extensão local da vegetação de savana na Amazônia,

podendo ter causado extinções locais e regionais. Barreiras ecológicas passadas e presentes, especiação e extinção podem ter contribuído para os padrões atuais de diversidade e endemismo (Van der Hammen 1995), porém depois desse período, as áreas que hoje mantêm florestas de Terra-Firme mantiveram-se estáveis e contínuas até as últimas décadas.

Considerando a escala desse estudo (a distância máxima encontrada entre os igarapés amostrados foi de dez quilômetros), o tempo decorrente, a matriz de floresta de Terra-Firme contínua e a relativa estabilidade deste sistema são fatores suficientes que podem explicar a similaridade da fauna entre os pontos amostrados. Os resultados obtidos são obviamente dependentes da escala em que foram coletados e não se descarta a hipótese de que as libélulas possam responder ao efeito da distância em escalas espaciais maiores.

Como características bionômicas podem estar determinando os padrões de diversidade de Odonata?

As espécies de Odonata apresentam uma habilidade de vôo incontestável, potencialmente capazes de uma ampla dispersão e possivelmente menos sensíveis a fragmentação de habitat do que outros insetos (Watts et al. 2006). No entanto, várias espécies estão entrando em declínio populacional, correndo grande risco de extinção em função do efeito de isolamento criado pela fragmentação da paisagem. A última lista mundial das espécies em perigo de extinção divulgada, continha 137 espécies de Odonata (IUCN 2005). A lista Brasileira publicada em 2003 continha oito espécies de Odonata. Dessas, três são consideradas vulneráveis *Mecistogaster asticta* (Selys, 1860), *Aeshna eduardoi* (Machado, 1984) e *Heteragrion petiense* (Machado, 1988); três são consideradas criticamente em perigo de extinção *Leptagrion acutum* (Santos, 1961), *Leptagrion capixabae* Santos, 1965 e *Mecistogaster pronoti* (Sjöstedt, 1918) e duas são consideradas extintas *Acanthagrion taxaensis* (Santos, 1965) e *Erythrodiplax*

chromoptera Borrer, 1942 (IBAMA 2003). É interessante notar que destas, seis são Zygoptera e apenas duas Anisoptera.

A dispersão é um processo chave no contexto demográfico da ecologia de populações (Roff 1974; Hanski 1991). Apesar de sua importância, estimativas quantitativas da capacidade de dispersão das espécies de Odonata são relativamente raras (Kareiva 1990; Doak et al. 1992). Observações diretas são particularmente valiosas por causa da importância das informações adicionais que elas podem prover, tais como, o tipo de indivíduo dentro de uma população, que seria mais provável que se dispersa-se (Bossart & Prowell 1998; Conrad et al. 2002). A denominação de bons voadores para Odonata parece ser verdadeira somente para espécies de Anisoptera (Corbet 1999; Freeland et al. 2003), pois as espécies de Zygoptera têm a habilidade de vôo reduzida, com capacidade de dispersão restrita a poucos quilômetros (menos que cinco quilômetros) (Conrad et al. 1999; Purse & Thompson 2003; Watts et al. 2004). Conseqüentemente, têm sido registradas diferenças genéticas entre populações de Zygoptera separadas por grandes distâncias (acima de 100 quilômetros) (Geenen et al. 2000; Watts et al. 2004).

A relação entre o tamanho corporal e a capacidade de vôo das espécies ainda é bastante controversa. Alguns autores sugerem que o aumento na massa corporal aumentaria o custo energético da atividade de vôo, o que poderia diminuir o tempo total que o indivíduo permaneceria ativo (Anholt et al. 1991). Entretanto, há indícios de que espécies maiores permanecem mais tempo ativas nos corpos d'água (De Marco & Resende 2002). Um outro fato favorável à visão de que espécies maiores podem voar por maiores distâncias é que apenas libélulas grandes como *Pantala flavescens* (Wojtusiak 1974; Reichholf 1973; Corbet 1979) e *Hemianax ephippiger* (Burmeister, 1893) (Dumont 1977; Dumont & Desmet 1990) são capazes de migrações longas e têm, por isso ampla distribuição no globo terrestre. Além disso, o aumento no peso e no tamanho dos insetos pode também aumentar a capacidade destes em manter vôos passivos, uma vez que a força motriz para a planagem é a gravidade e o fluxo de ar ao redor do corpo, o que conseqüentemente, levaria a uma diminuição dos custos

associados ao vôo (Resende 2005). De fato, o aumento no tamanho das asas parece estar relacionado à capacidade de vôo de algumas espécies (Conrad et al. 2002). A distinção na habilidade de termorregulação entre indivíduos, em função do tamanho corporal ou de diferenças alométricas, deve imprimir uma série de restrições à biologia, ao comportamento e ao habitat ocupado pelas espécies (Corbet 1999), afetando indiretamente as taxas de dispersão entre espécies.

Ainda não está claro como a dispersão afeta a biologia dos odonatos, mas é possível que logo após o início da estação reprodutiva a dispersão para áreas distantes do local de emergência favoreça o sucesso reprodutivo em algumas espécies (Conrad et al. 1999). A capacidade mais elevada de dispersão pode fazer com que alguns indivíduos se tornem menos suscetíveis a condições locais desfavoráveis como, por exemplo, eventos de seca, diminuição de recursos ou elevada abundância de predadores, o que poderia favorecer a seleção dessa característica em algumas populações (Resende 2005; Taylor & Merriam 1995). Assim, o impacto gerado pela fragmentação de habitat e a baixa capacidade dos indivíduos de se dispersarem, pode resultar na redução do tamanho da população, aumentando a eminência do risco da extinção, criada pela vulnerabilidade das mudanças estocásticas demográficas ou reduzindo a diversidade genética (Frankham 2002; Watts et al. 2006). Com a transformação da paisagem em um conjunto de fragmentos em mosaico, pode-se esperar um declínio na taxa de movimentação entre as áreas, resultando na erosão genética e no declínio da população (Watts et al. 2006) em espécies com requisitos ambientais restritos.

Escolha de índices de diversidade beta: o problema da raridade.

O conhecimento atual sobre a diversidade biológica do planeta é extremamente pequeno, e isso é especialmente preocupante, considerando o ritmo atual de destruição dos ecossistemas naturais, aliado a altas taxas de extinção de espécies (Santos 2003). O desenvolvimento de programas de conservação, o uso sustentável dos recursos biológicos e a criação de unidades de conservação, são as únicas formas conhecidas

para desacelerar a perda de biodiversidade global, exigindo uma ampliação urgente dos conhecimentos nessa área. O estudo da diversidade biológica nunca foi tão importante quanto atualmente, pois qualquer projeto ligado à conservação ou ao uso sustentável exige um mínimo de conhecimentos da ecologia, sistemática dos organismos e dos ecossistemas (Scott et al. 1987). Entretanto, o tempo para obtenção desses dados, bem como os recursos logísticos e humanos disponíveis, são muito escassos, especialmente em países pobres e com grande diversidade (Cracraft 1995). Diante dessas dificuldades, é essencial desenvolver estratégias de inventário e monitoramento rápido da diversidade biológica, assim como criar a infra-estrutura necessária para gerar, armazenar e utilizar dados sobre biodiversidade (Martins & Santos 2004). Dentro desse cenário a diversidade beta tem grande destaque, porque ela mede o *turnover* das espécies, permitindo a comparação de áreas de estudo podendo até mesmo indicar o padrão de heterogeneidade ambiental na região estudada (Wilson & Shmida 1984; Balvanera et al. 2002; Bridgewater et al. 2004; Van Rensburg et al. 2004). Além disso, a diversidade beta permite o entendimento dos fatores que controlam a distribuição espacial e temporal da biodiversidade, ajudando a definir estratégias para salvá-las (Veech et al. 2002).

Entretanto, existe um grande dilema sobre qual seria o melhor índice de diversidade que devemos usar: o quantitativo, calculado a partir da abundância das espécies, ou o qualitativo, baseado na presença e ausência? Segundo Wilson & Schmida (1984) o índice de diversidade beta tem que seguir quatro critérios: 1^o - conformidade ou sensibilidade com o *turnover* da comunidade; 2^o - noção de aditividade de espécies; 3^o - ser independente da riqueza de espécies e 4^o - ser independente do número de amostras. Em nosso estudo seguimos a orientação de Chao et al. (2005) que indica o índice quantitativo como mais adequado por ser independente da riqueza de espécies, além de ser um estimador mais acurado mesmo em dados com um pequeno número de amostras. Nosso estudo corrobora essa visão, pois não houve uma relação positiva entre diversidade beta e riqueza de espécies, como seria esperado se efeitos de amostragem de espécies raras estivessem dominando a estimativa desse índice, pois o uso de um índice quantitativo dá menor peso às espécies raras evitando os vícios de dominância.

Por que as variações ambientais não afetam a diversidade beta de Odonata?

A diversidade beta é um conceito expressivo para a ecologia, considerada uma ferramenta chave para entender a distribuição das espécies no ambiente e na definição de estratégias de conservação (Balvanera et al. 2002). A maioria dos estudos relaciona a diversidade beta a fatores que podem ser classificados como intrínsecos (amplitude de nicho, capacidade de dispersão) ou extrínsecos (distância entre os locais amostrados, heterogeneidade ambiental, estado de preservação do ambiente) (Loreau & Mouquet 1999; Harrison et al. 1992; Veech et al. 2002; Moreno & Halffter 2001).

A amplitude de nicho (generalista ou especialista) pode afetar a diversidade beta (Harrison et al. 1992; Moreno & Halffter 2001), porque organismos generalistas utilizam efetivamente uma ampla faixa de recursos ou fatores ambientais disponíveis, dessa forma não têm tantas restrições ambientais, possuindo uma ampla distribuição e resultando em uma diversidade beta mais baixa. Já os especialistas, são aqueles com nichos estreitos, sendo influenciados pela temperatura, comprimento do dia, chuva, associação em grande escalas às mudanças ambientais e, freqüentemente, estão ligados a algum recurso escasso. Dessa forma, estão ligados intrinsecamente às características peculiares de cada região, tendo uma distribuição muito restrita e, conseqüentemente, apresentando altas taxas de diversidade beta.

A dispersão pode aumentar a diversidade alfa e diminuir a beta (Gering & Crist 2002), Loreau & Mouquet (1999) descrevem um cenário onde a força homogeneizadora causada pelo aumento dos valores de alfa tornou os valores de beta sem importância na determinação da diversidade regional. Dessa forma, organismos dotados de maior habilidade de dispersão tendem a contribuir para uma menor diversidade beta, por causa da sua ampla distribuição (Bried & Ervin 2005; Moreno & Halffter 2001).

A distância entre os locais amostrados pode favorecer um aumento da diversidade beta (Harrison et al. 1992; Balvanera et al. 2002), pois com o aumento da distância o sucesso da dispersão diminui, baixando as trocas gênicas entre esses locais,

levando a uma adaptação das espécies às condições locais. Além disso, locais mais distantes tem maior probabilidade de apresentar diferenças ambientais. A questão central aqui é que “grandes distâncias” é uma medida relativa à capacidade de dispersão das espécies e, portanto, uma característica a ser julgada dentro de cada grupo. Há evidências nesse estudo de que as distâncias entre os igarapés estudados não eram “grandes” para os Odonata, dentro da escala temporal de estabilidade desse sistema.

Em ambientes heterogêneos, espécies com diferentes amplitudes de tolerâncias tendem a ter diferentes padrões de distribuição espacial. Assim, com o aumento da heterogeneidade ambiental criam-se condições favoráveis para que outras espécies possam se estabelecer no local, resultando em um aumento da diversidade beta (Veech et al. 2002; Balvanera et al. 2002; Moreno & Halffter 2001).

Os ambientes preservados permitem a distribuição das espécies pela região, por outro lado, os ambientes alterados dificultam a dispersão favorecendo o isolamento das populações, podendo até aumentar a diversidade beta, mas com o passar do tempo as espécies mais exigentes podem desaparecer restando apenas as generalistas, resultando em baixíssimos índices de diversidade alfa e beta (Moreno & Halffter 2001).

Por outro lado, um fato que poderia gerar uma alta diversidade beta é a competição inter-específica, resultando na dinâmica de exclusão competitiva das espécies. Se considerarmos como premissa básica que espécies de Odonata pertencentes ao mesmo gênero ocupam nichos semelhantes, o padrão de co-ocorrência dessas espécies pode indicar a importância da competição inter-específica além de ter um forte efeito sobre as estimativas de diversidade beta. Muitos gêneros de Zygoptera observados nesse estudo apresentam várias espécies na região (*e.g. Hetaerina, Epipleoneura, Argia*). Uma linha de pesquisa interessante seria testar se esses padrões de co-ocorrência podem ser explicados por um modelo competitivo ou por uma hipótese nula baseada apenas na frequência de ocorrência da espécie no sistema.

Apesar de existirem diferenças físico-químicas entre as bacias, as análises não demonstraram nenhuma influência ambiental sobre a diversidade beta. O resultado da

matriz ambiental não apresentou diferenças marcantes, demonstrando uma grande semelhança entre os ambientes estudados independentes do igarapé amostrado (bacia ou microbacia), comprovando que os ambientes são muito similares.

Preditores locais da diversidade de Odonata.

A Odonatofauna sofre influência de vários fatores abióticos, dentre estes, as características do corpo d'água: lântico ou lótico, permanente ou intermitente, com ou sem vegetação, abertura do dossel e tipos de substratos (Hawking & New 1998). Dentre os fatores que podem regular a abundância dos organismos está a tolerância às variações dos parâmetros físico-químicos, a qualidade do alimento e as interações bióticas de competição e predação (Cowell & Vodopich 1981). As variações no tipo de vegetação, substrato, quantidade de água, profundidade e outros fatores produzem um gradiente de microhabitats, habitado por espécies com exigências ambientais diferentes. Assim, o aumento na riqueza pode estar correlacionado à ampliação dos recursos, sendo principalmente a maior disponibilidade de microhabitats (Cramer & Willig 2005).

Segundo Carvalho & Nessimian (1998) e Merritt & Cummins (1984) as larvas de Odonata podem ser classificadas como nadadores, agarradores, escaladores, reptantes ou fossadores, com a maioria das espécies necessitando de condições estritas para sua instalação em um determinado ambiente. Assim, de acordo com Cramer & Willig (2005), um aumento na heterogeneidade ambiental leva a um aumento na diversidade de espécies no ambiente, expandindo o número de divisões de nichos e facilitando as especializações, além de diminuir os efeitos da competição interespecífica.

Os igarapés são sustentados pela entrada de material alóctone. A matéria orgânica grossa (CPOM), assim que chega ao ambiente, começa a ser processada por um grupo de insetos denominados fragmentadores, segundo a categorização funcional de, Cummins, Merritt & Andrade (2005). Ao longo do igarapé, a CPOM é processada e transformada em matéria orgânica particulada fina (FPOM), possibilitando o

aproveitamento e o aparecimento de outros grupos funcionais como os filtradores e coletores.

O fluxo contínuo da água, juntamente com o aumento da fragmentação do material alóctone e o aumento da largura e da profundidade dos igarapés, contribuem para uma maior variedade de substratos e nutrientes (Naiman 1983). Como consequência, propiciam a acomodação e o desenvolvimento de uma entomofauna aquática mais diversificada e abundante (Vannote et al. 1980), favorecendo um aumento na diversidade de presas e podendo aumentar a diversidade de predadores, como os Odonata. Cramer & Willig (2005) constataram em seu trabalho que a heterogeneidade é muito importante, contribuindo para uma fauna mais diversificada e mais abundante. Segundo Bojsen & Jacobsen (2003), as características hidráulicas (profundidade, largura, correnteza e declividade) são muito importantes, estando diretamente relacionadas à capacidade de retenção de material orgânico nos sistemas aquáticos, influenciando na quantidade de microhabitats do ambiente. Conseqüentemente, uma baixa capacidade de retenção está relacionada a uma alta instabilidade de substrato. Desta forma, a presença de detritos no ambiente pode não ser reflexo apenas da cobertura vegetal mas também da capacidade de retenção, influenciando diretamente na heterogeneidade do ambiente.

Os resultados demonstraram uma relação linear positiva entre o aumento da riqueza de espécies com a largura e a profundidade do igarapé. Com o aumento dessas variáveis criam-se condições favoráveis para a formação de novos microhabitats, proporcionados pelo aparecimento de tipos diferentes de substratos e variações de profundidades, propiciando a colonização e o estabelecimento por novas espécies, com exigências e hábitos (modos de existência) diferentes.

Riqueza de espécies, diversidade beta de Odonata e questões sobre conservação

O avanço da chamada “Frente de desenvolvimento agrícola” em direção da Floresta Amazônica torna a questão da preservação ambiental de extrema urgência.

Diante da grande demanda imposta pela urgência em se preservar os sistemas florestais nos vemos frente a um grande impasse. Quais as melhores áreas para se preservar? Quais características que essas áreas devem conter? Nesse estudo verificamos que a riqueza de Odonata está relacionada com as variáveis profundidade e largura do igarapé. Desta forma, pensando na conservação desse grupo, a escolha da área para preservação deve ter riachos intermediários e, possivelmente com maior variação na profundidade e largura favorecendo as espécies com uso de recursos diferentes. Além de incluir as regiões de nascentes dos corpos de água, pois estas podem estar sujeitas as ameaças por poluição e mudanças na estrutura dos igarapés, como assoreamento e eutrofização podendo comprometer todo o restante da área (Mendonça 2002). No entanto, apesar dessa relação ser significativa, acreditamos que em rios muito largos e profundos possa haver uma diminuição, baseada na força homogeneizadora de habitat imposta pela grande quantidade de água (Juen, Cabette e De Marco, manuscrito).

Diante das limitações temporais e econômicas para a aquisição de informações detalhadas sobre cada grupo da fauna e da flora, uma das alternativas adotadas é a escolha de áreas para conservação baseada na preservação das espécies guarda-chuva que são aquelas que requerem uma área muito extensa para sua preservação (Fleishman et al. 2001; Launer & Murphy 1994). Usadas no planejamento e monitoramento da conservação, sob a perspectiva de que, se formos capazes de preservar populações viáveis destas espécies, iremos preservar habitat suficiente para inúmeras outras espécies com necessidades de área menor. As espécies do grupo Odonata são consideradas espécies bioindicadoras, guarda-chuva além de serem espécies bandeiras (Hornung & Rice 2003), que são aquelas espécies carismáticas para o público, usadas como propaganda para proteger determinada área, que protegerá outras espécies menos conhecidas e/ou carismáticas e seus habitats. Exemplos clássicos de espécies bandeiras são o urso panda e o mico-leão-dourado.

CONCLUSÃO

O índice de diversidade beta encontrado foi baixo e semelhante entre os igarapés, demonstrando uma alta similaridade de fauna. A estabilidade da matriz de floresta de Terra-Firme contínua, juntamente com o grande período de estabilidade ambiental em que a Amazônia tem passado, podem ter contribuído para que as espécies chegassem, se estabeleçam e se dispersassem por toda a área.

A hipótese de que as características abióticas determinariam a distribuição das espécies foi refutada nesse estudo, restando a possibilidade de que a pequena variação nas características ambientais abióticas seja uma das causas desse resultado. Da mesma forma a distância entre os pontos não foi fator determinante da diversidade beta no sistema.

As características das variáveis ambientais básicas (profundidade e largura do igarapé) foram os principais determinantes da riqueza de espécies, sugerindo que variáveis ambientais locais são mais importantes para regular a diversidade de espécies de Odonata. Esses resultados apontam para a necessidade de incluir riachos intermediários, com maior variação na profundidade e largura, nas estratégias de conservação de espécies de Odonata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angermeier, P. L. & J. R. Karr, 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience* 44: 690-697.
- Anholt, B. R., J. H. Marden & D. M. Jenkins, 1991. Patterns of mass gain and sexual dimorphism in adult dragonflies (Insecta: Odonata). *Can. J. Zool.* 69: 1156-1163.
- Araujo, V. C., 1967. A Reserva Florestal Ducke (Manaus): Características e principais elementos florísticos e faunísticos protegidos. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica* 7: 57-68.
- Balvanera, P., E. Lott, G. Segura, C. Siebe & A. Islas, 2002. Patterns of α -diversity in a Mexican tropical dry forest. *Journal of Vegetation Science* 13: 145-158.
- Belle, J., 1988. A synopsis of the species of *Phyllocycla* Calvert with description of four new taxa and a key to the genera of the neotropical Gomphidae (Odonata, Gomphidae). *Tijdschrift voor Entomologie* 131: 73-102.
- Belle, J., 1996. Higher classification of the South-American Gomphidae (Odonata). *Zoologische Mededelingen* 70: 298-324.
- Bentler, P. M., 1980. Multivariable analysis with latent variables: causal modeling. *Annual Review of Psychology* 31:419-456.
- Bojsen, B. H. & D. Jacobsen, 2003. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazonian. *Arch. Hydrobiol.* 158: 317-342.
- Borror, D. J., 1945. A key to the New World genera of Libellulidae (Odonata). *Annals of Entomological Society of America* 38: 168-194.
- Bossart, J. L. & D. P. Prowell, 1998. Genetic estimates of population structure and gene flow: limitations, lessons and new directions. *Tree* 13: 202-206.
- Bridgewater, S., J. A. Ratter & J. F. Ribeiro, 2004. Biogeographic patterns, α -diversity and dominance in the Cerrado Biome of Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2295-2318.
- Bried, J. T. & G. N. Ervin, 2005. Distribution of adult Odonata among localized wetlands in East-Central Mississippi. *Southeastern Naturalist* 4: 731-744.
- Carvalho, A. L. & E. R. Calil., 2000. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil, Adultos e larvas. *Papeis Avulsos de Zoologia, São Paulo* 41(15): 223-241.
- Carvalho, A. L. & J. L. Nessimian, 1998. Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e Hábitos das larvas. *In: J. L. Nessimian & A. L. Carvalho (eds), Oecologia Brasiliensis*, 5. PPGE-UFRJ, 3-28.

- Chao, A. R. L. Chazdon, R. K. Colwell & T. J. Shen, 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecol Letters* 8: 148-159.
- Chauvel, A., 1981. Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos distróficos argilosos na borda do platô, na região de Manaus: mecanismo de gibsitização. *Acta Amazônica* 11: 227-245.
- Clausnitzer, V., 2003. Dragonfly communities in coastal habitats of Kenya: indication of biotope quality and the need of conservation measures. *Biodiversity and Conservation* 12: 333-356.
- Coddington, J. A., C. E. Griswold, D. S. Davila, E. Penaranda & S. F. Larcher, 1991. Designing and testing sampling protocols to estimate biodiversity in tropical ecosystems. *Critical Issues in Biodiversity* : 44-60.
- Colwell, R. K., 2000. EstimateS: estatistical estimation of species richness and shared species from samples. Versão 7.5. Persistent URL<purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington, 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. London* 345: 101-118.
- Condit, R., N. Pitman, E. G. Leigh, J. Chave, J. Terborgh, R. B. Foster, P. Nunez, S. Aguilar, R. Valencia, G. Villa, H. C. Muller-Landau, E. Losos & S. P. Hubbell, 2002. Beta-diversity in tropical forest trees. *Science* 295: 666-669.
- Conrad, K. F., K. H. Willson, K. Whitfield, I. F. Harvey, C. J. Thomas & T. N. Sherratt, 2002. Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography* 25: 439-445.
- Conrad, K. F., K. H. Wilson, I. V. Harvey, C. J. Thomas & T. N. Sherratt, 1999. Dispersal characteristics of seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography* 22: 524-531.
- Corbet, P. S., 1962. A biology of dragonflies, Witherby, London, 396 pp.
- Corbet, P. S., 1979. *Pantala flavescens* (Fabricius) in New Zealand (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 8: 115-121.
- Corbet, P. S., 1980. Biology of Odonata. *Annu. Rev. Ent.* 25: 189-217.
- Corbet, P. S., 1983. Odonata in Phytotelmata. *In*: J. H. Frank & L. P. C. P. Lounibos (eds), *Phytotelmata: Terrestrial Plants as Hosts for Aquatic Insect Communities*. Plexus Press, 173-194.
- Corbet, P. S., 1984. Orientation and reproductive condition of migrating dragonflies (Anisoptera). *Odonatologica* 13: 81-88.
- Corbet, P. S., 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY, 829 pp.
- Costa, J. M., A. N. Lourenço & L. P. Vieira, 2002. Chave de identificação para imagos dos gêneros de Libellulidae citados para o Brasil - comentários sobre os gêneros (Odonata: Anisoptera). *Entomología y Vectores* 9: 477-504.

- Cowell, B. C. & D. S. Vodopich, 1981. Distribution and seasonal abundance of benthic macroinvertebrates in a subtropical Florida lake. *Hydrobiologia* 78: 97-105.
- Cracraft, J., 1995. The urgency of building global capacity for biodiversity science. *Biodiversity and Conservation* 4: 463-475.
- Cramer, M. J. & M. R. Willig, 2005. Habitat heterogeneity, species diversity and null models. *Oikos* 108: 209-218.
- Cummins, K. W., R. W. Merritt & P. C. M. Andrade, 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40: 71-90.
- Davies, D. A. L., 1981. A synopsis of the extant genera of the Odonata. *Rapid Communications, Societas Internationalis Odonatologica*. 3: 1-59.
- De Marco, P. Jr., A. O. Latini & D. C. Resende, 2005. Thermoregulatory constraints on behavior: patterns in a Neotropical dragonfly assemblage. *Neotropical Entomology* 34: 155-162.
- De Marco, P. Jr. & D. C. Resende, 2002. Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica* 31: 129-138.
- De Marco, P. Jr. & D. M. Vianna, 2005. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil: subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* 6: 13-26.
- Delgado, C., 2002. Spatial and temporal distribution patterns of Odonata larvae in the streams of a terra firma forest of the Central Amazon, Brazil. *Journal of Freshwater Ecology* 17: 555-561.
- Diniz-Filho, J. A. F., 2000. *Métodos Filogenéticos Comparativos*, Holos Editora, 162 pp.
- Doak, D. F., P. C. Martino & P. M. Kareiva, 1992. Spatial scale mediates the influence of habitat fragmentation on dispersal success: implications for conservation. *Theoretical Population Biology* 41: 315-336.
- Dumont, H. J., 1977. On migrations of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) and *Tramea basilaris* (P. de Beauvois) in West and Noth-West Africa in the winter of 1975/1976 (Anisoptera: Aeshnidae, Libellulidae). *Odonatologica* 6: 13-17.
- Dumont, H. J. & K. Desmet, 1990. Transsahara and Transmediterranean migratory activity of *Hemianax ephippiger* (Burmeister) in 1988 and 1989 (Anisoptera: Aeshnidae). *Odonatologica* 19: 181-186.
- ESRI, 1999. Arc View GIS 3.2a, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, 340 pp.
- Ferreira-Peruquetti, P. & P. Jr. De Marco, 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revta bras. Zool.* 19: 317-327.

- Ferreira-Peruquetti, P. & A. A. Fonseca-Gessner, 2003. Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais de Cerrado e Monocultura no nordeste do Estado de São Paulo, Brasil: relação entre o uso do solo e a riqueza faunística. *Revta bras. Zool.* 20: 219-224.
- Fleishman, E., R. B. Blair & D. D. Murphy, 2001. Empirical validation of a method for umbrella species selection. *Ecol. Applic.* 11: 1489-1501.
- Frankham, R., 2002. Population viability analysis. *Nature* 419: 18-19.
- Freeland, J. R., M. May, R. Lodge & K. F. Conrad, 2003. Genetic diversity and widespread haplotypes in a migratory dragonfly, the common green darner *Anax junius*. *Ecol. Entomol.* 28: 413-421.
- Garrison, R. W., 1978. A mark-recapture study of imaginal *Enallagma cyathigerum* (Charpentier) and *Argia vivida* Hagen (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 7: 223-236.
- Garrison, R. W., 1990. A synopsis of the genus *Hetaerina* with descriptions of four new species (Odonata: Calopterigidae). *Transactions of American Entomological Society* 116: 175-259.
- Geenen, S., K. Jordaens, M. De Block, R. Stoks & L. De Bruyn, 2000. Genetic differentiation and dispersal among populations of the damselfly *Lestes viridis* (Odonata). *Journal of the North American Benthological Society* 19: 321-328.
- Gering, J. C. & T. O. Crist, 2002. The alpha-beta-regional relationship: providing new insights into local-regional patterns of species richness and scale dependence of diversity components. *Ecol Letters* 5: 433-444.
- Goulding, M., 1993. Flooded forests of the Amazon. *Sci. Am.* 266: 114-120.
- Goulding, M., M. Leal-Carvalho & E. G. Ferreira, 1988. Rio Negro, rich life in poor water: Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands, 200 pp.
- Hanski, I., 1991. Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations. *Biol J Linn Soc* 42: 17-38.
- Harrison, S., S. J. Ross & J. H. Lawton, 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J. Anim. Ecol.* 61: 151-158.
- Hawking, J. H. & T. R. New, 1998. The distribution patterns of dragonflies (Insecta: Odonata) along the Kiewa River, Australia, and their relevance in conservation assessment. *Hydrobiologia* 392: 249-260.
- Heinrich, B., 1993. The hot-blooded insects: strategies and mechanisms of thermoregulation. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 601 pp.
- Heinrich, B. & T. M. Casey, 1978. Heat transfer in dragonflies: "fliers" and "perchers". *J. Exp. Biol.* 74: 17-36.
- Heltshel, J. F. & N. E. Forrester, 1983. Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics* 39: 1-11.

- Hornung, J. P. & C. L. Rice, 2003. Odonata and wetland quality in southern Alberta, Canada: A preliminary study. *Odonatologica* 32: 119-129.
- Hubbell, S. P., 1999. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a Neotropical Forest. *Science* 283: 554-557.
- IBAMA. Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção, 2003. <http://www.meioambiente.gov.br/port/sbf/fauna>. 10-5-2006.
- IUCN. 2004. IUCN red list of Threatened species. <http://www.redlist.org/>. 10-5-2006.
- Junk, W. J. & K. Furch, 1985. The physical and chemical properties of Amazonian waters and their relationships with the biota. *In*: G. T. Prance & T. E. C. P. Lovejoy (eds), Amazonia Pergamon, 3-17.
- Kareiva, P., 1990. Population dynamics in spatially complex environments: theory and data. *Phil. Trans. R. Soc. London* 330: 175-190.
- Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, Inc., Menlo Park, CA, 620 pp.
- Launer, A. E. & D. D. Murphy, 1994. Umbrella species and the conservation of habitat fragments: a case of a threatened butterfly and a vanishing grassland ecosystem. *Biological Conservation* 69: 145-153.
- Lencioni, F. A. A., 2005. Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: I - The non-Coenagrionidae families. All Print Editora, São Paulo, Brazil, 324 pp.
- Loreau, M. & N. Mouquet, 1999. Immigration and the maintenance of local species diversity. *The American Naturalist* 154: 427-440.
- Manly, B. F. J., 1994. *Multivariate Statistical Methods: A Primer*, Chapman and Hall, London, 215 pp.
- Martins, F. R. & F. A. M. Santos, 2004. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. *Revista Holos Edição Especial*: 236-267.
- May, M. L., 1976. Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.* 46: 1-32.
- May, M. L., 1979. Insect thermoregulation. *Annu. Rev. Ent.* 24: 313-349.
- May, M. L., 1991. Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Adv. Odonat.* 5: 71-88.
- Mendonça, F. P., 2002. Ictiofauna de igarapés de terra firme: estrutura das comunidades de duas bacias hidrográficas Reserva Florestal Adolfo Ducke, Amazônia Central. 1-43.. Instituto Nacional de Pesquisas de Amazônia/Universidade do Amazonas. Dissertação de mestrado.
- Mendonça, F. P., W. E. Magnusson & J. Zuanon, 2005. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia* 4: 751-764.

- Merritt, R. W. & K. W. Cummins, 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, 862 pp.
- Michiels, N. K. & A. A. Dhondt, 1989. Effects of emergence characteristics on longevity and maturation in the dragonfly *Sympetrum danae* (Anisoptera: Libellulidae). *Hydrobiologia* 171: 149-158.
- Moreno, C. E. & G. Halffter, 2001. Spatial and temporal analysis of alfa, beta and gama diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 10: 367-382.
- Mörner, N. A., D. Rosseti & P. M. d. Toledo, 2001. The Amazonian rainforest only some 6-5 milion years old. *In: I. C. G. Vieira, J. M. C. Silva, D. C. Oren & M. A. D'Incao (eds), Diversidade biológica e cultural da Amazônia. Belém - PR: 3-18.*
- Naiman, R. J., 1983. The influence of stream size on the food quality of seston. *Can. J. Zool.* 61: 1995-2010.
- Nekola, J. C. & P. S. White, 1999. The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *J. Biogeogr.* 26: 867-878.
- Parr, M., M. J. Parr & Parr, 1979. Some observations on *Ceriagrion tenellum* (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 8: 171-194.
- Petts, G. E., 1994. Rivers: Dynamic components of catchment ecosystems. *In: P. Calow & G. E. Petts (eds), The River Handbook Blackwell Scientific, Oxford: 3-22.*
- Pinhey, E., 1979. Examples of anisopteran swarms (Odonata). *Arnoldia* 8: 1-2.
- Purse, B. V. & D. J. Thompson, 2003. Reproductive morphology and behaviour in *Coenagrion mercuriale* (Charpentier) (Zygoptera : Coenagrionidae). *Odonatologica* 32: 29-37.
- R Development Core Team., 2005. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Reichholf, J., 1973. A migration of *Pantala flavescens* (Fabricius, 1798) along the shore of Santa Catarina, Brazil (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* 2: 121-124.
- Resende, D. C., 2005. Filogênia de Libellulidae (Anisoptera:Odonata) efeitos do tamanho corporal e da termorregulação sobre a evolução do comportamento. 01-93. Universidade Federal de Viçosa. Tese de doutorado.
- Ribeiro, J. E. L. S., M. J. G. Hopkins, A. Vicentini, C. A. Sothers, M. A. S. Costa, J. M. Brito, M. A. Souza, L. H. Martins, L. G. Lohmann, P. A. C. L. Assunção, E. C. Pereira, C. F. Silva, M. R. Mesquita & L. C. Procópio, 1999. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central, INPA, Manaus, 800 pp.
- Rodrigues, A. S. L., S. J. Andelman, M. I. Bakarr, L. Boitani, T. M. Brooks, R. M. Cowling, L. D. C. Fishpool, G. A. B. Fonseca, K. J. Gaston, M. Hoffmann, J. S. Long, P. A. Marquet, J. D. Pilgrim, R. L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. N. Stuart, L. G.

- Underhill, R. W., Waller, M. E. J., Watts & X. Yan, 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640-643.
- Roff, D. A., 1974. The analysis of a population model demonstrating the importance of dispersal in a heterogeneous environment. *Oecologia (Berlin)* 15: 259-275.
- Routledge, R. D., 1977. On Whittaker's components of diversity. *Ecology* 58: 1120-1127.
- Rüppell, G. & D. Hilfert, 1993. The flight of the relict dragonfly *Epiophlebia superstes* (Selys) in comparison with that of the modern Odonata (Anisozygoptera: Epiophlebiidae). *Odonatologica* 22: 295-309.
- Santos, A. J., 2003. Estimativas de riqueza em espécies. *In*: L. Cullen Jr, R. Rudran & C. Valladares-Padua (eds), Métodos de Estudos em Biologia da Conservação & Manejo da Vida Silvestre. Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Curitiba: 19-41.
- Scheiner, S. M. & J. Gurevitch, 1993. Design and analysis of ecological experiments, Chapman and Hall, New York, 445 pp.
- Scott, J. M., B. Csuti, J. D. Jacobi & J. E. Esteves, 1987. Species richness a geographical approach to protecting future biological diversity. *BioScience* 37: 782-788.
- Silva, J. M. C., A. B. Rylands & G. A. B. Fonseca, 2005. The fate of the Amazonian areas of endemism. *Conservation Biology* 19: 689-694.
- Sioli, H., 1975. Tropical River: The Amazon. *In*: B. A. Whitton (ed), River Ecology. U. Of California Press, Berkeley, California: 1-725.
- Stettmer, C., 1996. Colonization and dispersal patterns of banded (*Calopteryx splendens*) and beautiful demoiselles (*C. virgo*) (Odonata: Calopterygidae) in South-East German streams. *Eur. J. Entomol.* 93: 579-593.
- Taylor, P. D. & G. Merriam, 1995. Wing morphology of a forest damselfly is related to landscape structure. *Oikos* 73: 43-48.
- Thompson, D. J., 1991. Size-based dispersal prior to breeding in a damselfly - conflicting evidence from a natural population. *Oecologia (Berlin)* 87: 600-601.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen, R. Kalliola, A. Linna, W. Danjoy & Z. Rodriguez, 1995. Dissecting Amazonian biodiversity. *Science* 269: 63-66.
- Ueda, T., 1994. Spatial distribution of mate searching males in the damselfly, *Cercion c. calamorum* (Odonata, Zygoptera). *Journal of Ethology* 12: 97-105.
- Utzeri, C., G. Carchini & F. Falchetti, 1988. Aspects of demography in *Lestes balticus* (Fab.) and *Lestes virens vestalis* Ramb. (Zygoptera: Lestidae). *Odonatologica* 17: 107-114.
- Van der Hammen, T., 1995. Paleoecology of Amazonia. *In*: I. C. G. Vieira, J. M. C. Silva, D. C. Oren & M. A. D'Incao (eds), Diversidade biológica e cultural da Amazônia Belém - PR: 19-44.

- Van Rensburg, B. J., P. Koleff, K. J. Gaston & S. L. Chown, 2004. Spatial congruence of ecological transition at the regional scale in South Africa. *J. Biogeogr.* 31: 843-854.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell & C. E. Cushing, 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Veech, J. A., K. S. Summerville, T. O. Crist & J. C. Gering, 2002. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos* 99: 3-9.
- Wakeling, J. M., 1997. Odonatan wing and body morphologies. *Odonatologica* 26: 35-52.
- Wakeling, J. M. & C. P. Ellington, 1997. Dragonfly flight .1. Gliding flight and steady-state aerodynamic forces. *J. Exp. Biol.* 200: 543-556.
- Walker, I. R., J. P. Smol, D. R. Engstrom & H. J. B. Birks, 1991. An assessment of Chironomidae as quantitative indicators of past climatic change. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 975-987.
- Walther, B. A. & S. Morand, 1998. Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology* 116: 395-405.
- Watts, P. C., J. R. Rouquette, I. J. Saccheri, S. J. Kemp & D. J. Thompson, 2004. Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Molecular Ecology* 13: 2931-2945.
- Watts, P. C., I. J. Saccheri, S. J. Kemp & D. J. Thompson, 2006. Population structure and the impact of regional and local habitat isolation upon levels of genetic diversity of the endangered Damselfly *Coenagrion mercuriale* (Odonata:Zygoptera). *Freshw. Biol.* 51: 205.
- Whittaker, R. H., 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Wilson, M. V. & A. Shmida, 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *J Ecology* 1055-1064.
- Wojtusiak, J., 1974. A dragonfly migration in the high Hindu Kush (Afghanistan), with a note on high altitude records of *Aeshna juncea mongolica* Bartenev, and *Pantala flavescens* (Fabricius) (Anisoptera: Aeshnidae, Libellulidae). *Odonatologica* 3: 137-142.

APÊNDICE

APÊNDICE I – Índice de Integridade Física – IIF.

Local: _____ Data: __/__/__

Coordenadas: _____

1) Padrão de Uso da Terra além da zona de vegetação ribeirinha

1. Cultivos Agrícolas de ciclo curto.
2. Pasto.
3. Cultivos Agrícolas de ciclo longo.
4. Capoeira.
5. Floresta Contínua.

2) Largura da Mata Ciliar

1. Vegetação arbustiva ciliar ausente.
2. Mata ciliar ausente com alguma vegetação arbustiva.
3. Mata ciliar bem definida de 1 a 5 m de largura.
4. Mata ciliar bem definida entre 5 e 30 m de largura.
5. Mata ciliar bem definida com mais de 30 m.
6. Continuidade da mata ciliar com a floresta adjacente.

3) Estado de preservação da Mata Ciliar

1. Cicatrizes profundas com barrancos ao longo do seu comprimento.
2. Quebra freqüente com algumas cicatrizes e barrancos.
3. Quebra ocorrendo em intervalos maiores que 50 m.
4. Mata Ciliar intacta sem quebras de continuidade.

4) Estado da Mata ciliar dentro de uma faixa de 10 m

1. Vegetação constituída de grama e poucos arbustos.
2. Mescla de grama com algumas árvores pioneiras e arbustos.
3. Espécies pioneiras mescladas com árvores maduras.
4. Mais de 90% da densidade é constituída de árvores não pioneiras ou nativas.

5) Dispositivos de retenção

1. Canal livre com poucos dispositivos de retenção.
2. Dispositivo de retenção solto movendo-se com o fluxo.
3. Rochas e/ou troncos presentes mas, preenchidas com sedimento.
4. Canal com rochas e/ou troncos firmemente colocadas no local.

6) Sedimentos no canal

1. Canal dividido em tranças ou rio canalizado.
2. Barreira de sedimento e pedras, areia e silte comuns.
3. Algumas barreiras de cascalho e pedra bruta e pouco silte.
4. Pouco ou nenhum alargamento resultante de acúmulo de sedimento.

7) Estrutura do barranco do rio

1. Barranco instável com solo e areia soltos, facilmente perturbável.
2. Barranco com solo livre e uma camada esparsa de grama e arbustos.
3. Barranco firme, coberto por grama e arbustos.
4. Barranco estável de rochas e/ou solo firme, coberto de grama, arbustos e raízes.
5. Ausência de barrancos.

8) Escavação sob o barranco

1. Escavações severas ao longo do canal, com queda de barrancos.
2. Escavações freqüentes.
3. Escavações apenas nas curvas e constrições.
4. Pouca ou nenhuma evidência, ou restrita a áreas de suporte de raízes.

9) Leito do rio

1. Fundo uniforme de silte e areia livres, substrato de pedra ausente.
2. Fundo de silte, cascalho e areia em locais estáveis.
3. Fundo de pedra facilmente móvel, com pouco silte.
4. Fundo de pedras de vários tamanhos, agrupadas, com interstício óbvio.

10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros

1. Meandros e áreas de corredeiras/poções ausentes ou rio canalizado.
2. Longos poções separando curtas áreas de corredeiras, meandros ausentes.
3. Espaçamento irregular.
4. Distintas, ocorrendo em intervalos de 5 a 7 vezes a largura do rio.

11) Vegetação Aquática

1. Algas emaranhadas no fundo, plantas vasculares dominam o canal.
2. Emaranhados de algas, algumas plantas vasculares e poucos musgos.
3. Algas dominantes nos poções, plantas vasculares semi-aquáticas ou aquáticas ao longo da margem.
4. Quando presente consiste de musgos e manchas de algas.

12) Detritos

1. Sedimento fino anaeróbio, nenhum detrito bruto.
2. Nenhuma folha ou madeira, matéria orgânica bruta e fina com sedimento.
3. Pouca folha e madeira, detritos orgânicos finos, floculentos, sem sedimento.
4. Principalmente folhas e material lenhoso com sedimento.
5. Principalmente folhas e material lenhoso sem sedimento.

APÊNDICE II – Diversidade beta dos igarapés da Reserva Florestal Adolpho

Ducke (AM).

Diversidade beta dos igarapés da Reserva Florestal Adolpho Ducke, (AM), calculado com a abundância e com presença/ausência das espécies, Div. Beta= Diversidade Beta; Div. Beta P.A.= Diversidade Beta calculado com Presença/Ausência; Div. Beta Zygo.= Diversidade Beta de Zygoptera; Div. Beta Zygo, P.A= Diversidade Beta de Zygoptera calculado com Presença/Ausência.

Local	Div.beta	Div.beta P/A.	Div.beta Zygo.	Div.beta Zygo. P/A.
AC12	0,531	0,482	0,536	0,494
AC14	0,639	0,491	0,666	0,561
AC22	0,662	0,434	0,702	0,496
AC23	0,753	0,564	0,759	0,577
AC31	0,764	0,546	0,771	0,561
AC33	0,519	0,514	0,548	0,572
BO11	0,721	0,568	0,726	0,579
BO12	0,526	0,413	0,529	0,421
BO13	0,542	0,474	0,562	0,526
BO21	0,645	0,514	0,650	0,526
BO22	0,542	0,429	0,547	0,437
BO31	0,513	0,506	0,516	0,514
IP11	0,549	0,407	0,552	0,413
IP12	0,510	0,426	0,513	0,433
IP13	0,506	0,389	0,509	0,396
IP14	0,615	0,481	0,619	0,490
IP21	0,676	0,482	0,680	0,490
TI12	0,613	0,432	0,617	0,439
TI14	0,592	0,395	0,598	0,405
TI21	0,611	0,564	0,616	0,577
TI22	0,595	0,412	0,600	0,421
TI31	0,642	0,483	0,646	0,491
TI33	0,695	0,538	0,700	0,547
UB22	0,553	0,444	0,556	0,452

Apêndice III – Tabela geral de indivíduos coletados.

Adultos de Odonata capturados na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM) em número de exemplares por local de amostragem.

Espécies	Bacia Oeste												Bacia Leste											
	AC12	AC14	AC22	AC23	AC31	AC33	BO11	BO12	BO13	BO21	BO22	BO31	IP11	IP12	IP13	IP14	IP21	TI12	TI14	TI21	TI22	TI31	TI33	UB22
<i>Argia hasemani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0
<i>A. indicatrix</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>A. oculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	3	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>A. subapicalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. thespis</i>	0	5	2	0	1	5	0	1	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ischnura capreolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chalcopteryx rutilans</i>	2	7	17	16	11	2	6	4	4	7	6	1	7	2	2	3	5	4	5	3	3	6	6	3
<i>Dicterias atosanguinea</i>	0	0	0	1	0	1	0	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0
<i>Epipleoneura metallica</i>	0	1	0	2	1	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	3	0	0	0	2	1	4	1	2
<i>Psaironeura bifurcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hetaerina moribunda</i>	5	2	3	1	1	1	1	0	2	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0
<i>H. amazonica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Heteragrion silvarum</i>	2	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Oxystigma williamsoni</i>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0	4	3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Fylgia amazonica</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erythemis attala</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphidae n.id</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mecistogaster lucretia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microstigma anomalum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	9	16	28	20	14	12	10	13	17	15	16	15	14	6	5	7	9	5	5	10	6	16	11	9