



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**



**BIONOMIA DE ODONATA:  
IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA DISTRIBUIÇÃO DE  
RIQUEZA, NA DIVERSIDADE BETA E NO USO COMO  
INDICADORES AMBIENTAIS**

**Silvia Leitão Dutra**

GOIÂNIA – GOIÁS – BRASIL

– ABRIL DE 2011 –

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO**

**BIONOMIA DE ODONATA:  
IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA DISTRIBUIÇÃO DE  
RIQUEZA, NA DIVERSIDADE BETA E NO USO COMO  
INDICADORES AMBIENTAIS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Ecologia e Evolução da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**Silvia Leitão Dutra**

– DOUTORANDA –

**Profº Dr. Paulo De Marco Júnior**

– ORIENTADOR –

GOIÂNIA – GOIÁS – BRASIL

– ABRIL DE 2011 –

**Silvia Leitão Dutra**

**BIONOMIA DE ODONATA:  
IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS NA DISTRIBUIÇÃO DE  
RIQUEZA, NA DIVERSIDADE BETA E NO USO COMO  
INDICADORES AMBIENTAIS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Ecologia e Evolução da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada em 28 de Abril de 2011.

Banca Examinadora:

---

Profº Dr Artur Ângelo Bispo de  
Oliveira

---

Profª. Drª. Héliida Cunha Ferreira

---

Profº. Dr. Mário Almeida-Neto

---

Profº. Dr. Joaquín Hortal-Muñoz

---

Profº. Dr. Paulo De Marco Júnior  
(Orientador)

Mãezinha essa é pra você!!

# Agradecimentos

Agradeço a oportunidade que muitos cidadãos brasileiros me deram ao financiarem minha formação em três universidades públicas! Agradeço a UFG pelo apoio desde a graduação, a UNB e UFGM pela oportunidade de aperfeiçoamento do mestrado e a UFG novamente pela formação do Doutorado.

Agradeço a CAPES pela bolsa cedida desde o segundo ano de doutorado; à empresa de mineração Anglo-Américan pelo apoio logístico nas coletas realizadas em Barro Alto e Niquelândia e ao Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros pelo apoio logístico nas coletas realizadas dentro do parque e na cidade de Alto Paraíso.

Agradeço aos amigos da coordenação que me acolheram e ajudaram dê de sempre! Seja como aluna de graduação, como professora substituta, e novamente aluna de doutorado. Tizuko, Cida, Fernando, Rafael e Gleice.

Agradeço a todos e muitos amigos que me ajudaram nas coletas e fizeram destes momentos uma alegria!! Edu, Carol, Miriam, Nelson, Mayra, Leonardo, Paulo, Monik, Poli, Débora e Valéria (que tirou férias do emprego pra ir trabalhar comigo!). Sem vocês eu nunca conseguiria coletar em tantos pontos!

Agradeço a todos que me ensinaram a arte da identificação de libélulas! E aos que ajudaram na organização da ex muito bagunçada coleção do laboratório... Karina Furieri, Joana, Miriam, Leandro, Nelson. Agradeço também a todos que colaboraram para enriquecer esta coleção.

Agradeço ao pesquisador Frederico Lencioni pela confirmação das identificações.

Agradeço a “orientação” estatística que recebi de tantos colegas!! Essa ajuda foi imprescindível! Leandro, Du, Tiago.

Agradeço em especial as amigas que ajudaram nas discussões ecológicas e metodológicas que enriqueceram muito meu trabalho. Valeu Jú e Mayra!

Agradeço também a Carol pelo mapa lindo e pelo imenso trabalho com as imagens de NDVI. Fernanda obrigada pela ajuda com NDVI também!

Obrigada a todos que ajudaram na constante revisão do texto. Milton, Val, Karina, Carol e Sara.

Agradeço a toda *Comunidade* simplesmente por estarem lá trocando idéias, fazendo café, enchendo a paciência dos outros, fazendo agente rir ou ouvindo quando eu precisava! Paulina, Karina, Natália, Joana, Leandro, Miriam, Du, Carol, Cecília, Jú, Fernanda, Sara, Rodrigo, Lara, Nelson, Mayra, Monic, Tiago, Poli, Julio, Fábio, Flavinha, Marina, Ricardo, Heury, Lenize e José Max.

Agradeço as minhas republicas. Jú e Sara não vou me esquecer do pé de jabuticaba, das tapiocas e da nossa “piscina” no quarto!

Val e Débora muito obrigada por compartilharem comigo momentos tão bacanas! Morar com vocês foi muuuito bom!

Obrigada a Carolzinha e a Natália as conversas com vocês durante as milhares de caronas que peguei foram valiosas e divertidas!

Obrigada as pessoas que gosto profundamente mas que por enquanto estão longe de mim... Obrigada Raphael e Diogo vocês sempre foram muito importantes na minha vida!

Obrigada as pessoas da minha família e que amo profundamente!  
Brigadinha mãe, pai, Lú e Cláudio, Jú, Luiz e Elisa.

Obrigada a toda minha família adotiva! Sei que vocês sempre torceram muito por mim! Todo Clã da Vilma e da Lúcia e as meninas do centrinho e NEAP.

Obrigada a Flavinha que me colocou para trabalhar na mostra Darwin!  
Fazer o que gosto me ajudou a me manter de pé! E conhecer pessoas muito especiais!

Obrigada ao Milton por estar sempre disposto a compartilhar e multiplicar os momentos felizes do meu lado!

Por fim... Obrigada ao Paulo, a pessoa mais maluca que eu já conheci!  
Que me aceitou como orientada, mesmo sabendo que não tenho o perfil de conhecimento estatístico de seus alunos. Obrigada por ter tido a paciência que eu mesma não teria com um aluno. Obrigada por ter me desorientado com seus elogios... e por realmente ter orientado minha formação em ecologia, em pesquisa e divulgação científicas!

Muito obrigada a todos que me ajudaram nesta caminhada!

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL ..... - 3 -

REFERÊNCIAS ..... - 7 -

## **CAPÍTULO 1**

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE RIQUEZA DE ODONATA NO BRASIL

RESUMO..... - 11 -

ABSTRACT ..... - 12 -

1. INTRODUÇÃO ..... - 10 -

2. METODOLOGIA..... - 13 -

2.1. DADOS DE OCORRÊNCIA DAS ESPÉCIES ..... - 13 -

2.3. DADOS AMBIENTAIS ..... - 14 -

2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS ..... - 15 -

3. RESULTADOS ..... - 16 -

4. DISCUSSÃO ..... - 23 -

REFERÊNCIAS ..... - 29 -

## **CAPITULO 2**

PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE BETA EM ANINHAMENTO E SUBSTITUIÇÃO  
PARA AS SUBORDENS ZYGOPTERA E ANISOPTERA (ODONATA)

RESUMO..... - 34 -

ABSTRACT ..... - 35 -

1. INTRODUÇÃO ..... - 36 -

2. METODOLOGIA..... - 41 -

2.1 LOCAL DE ESTUDO..... - 41 -

2.2 COLETA DE MATERIAL BIOLÓGICO..... - 45 -

2.3 DADOS AMBIENTAIS E DE PAISAGEM .....	- 45 -
2. 4ANÁLISE DE DADOS .....	- 47 -
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>- 49 -</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA COMUNIDADE DE ODONATA .....	- 49 -
3.2 ESCALA ESPACIAL E DESCRITORES DA PAISAGEM DERIVADOS DO NDVI ....	- 49 -
3.3 DIVERSIDADE BETA - SUBSTITUIÇÃO E ANINHAMENTO .....	- 53 -
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>- 56 -</b>
4.1 ESCALA ESPACIAL E DESCRITORES DA PAISAGEM DERIVADOS DO NDVI ....	- 56 -
4.2 DIVERSIDADE BETA - SUBSTITUIÇÃO E ANINHAMENTO .....	- 60 -
REFERÊNCIAS .....	- 63 -

### **CAPÍTULO 3**

#### DIFERENÇAS BIONÔMICAS EM ODONATA E SUA INFLUÊNCIA NA EFICIÊNCIA DO USO DE ESPÉCIES INDICADORAS DE QUALIDADE AMBIENTAL

RESUMO.....	- 70 -
ABSTRACT .....	- 71 -
1. INTRODUÇÃO .....	- 74 -
2. METODOLOGIA.....	- 78 -
2.1. LOCAL DE ESTUDO.....	- 78 -
2.2. COLETA DE MATERIAL BIOLÓGICO .....	- 82 -
2.3. ANÁLISE DE DADOS .....	- 83 -
3. RESULTADOS .....	- 87 -
4. DISCUSSÃO .....	- 98 -
REFERÊNCIAS .....	- 103 -
CONCLUSÃO GERAL.....	- 103 -
MATERIAL SUPLEMENTAR .....	- 110 -

## **Resumo**

No Brasil o Grupo Odonata (Libélulas) tem representantes de duas subordens com bionomias distintas e que possuem capacidades de dispersão e termorregulação diferenciadas. Estas diferenças foram abordadas em três capítulos de acordo com processos ecológicos que ocorrem em diferentes escalas geográficas. Primeiro capítulo trata de processos ecológicos em escala regional com dados do Brasil. Discute a distribuição de riqueza de Odonata influenciada pela heterogeneidade ambiental e pela disponibilidade de água e de energia (energia solar e produtividade primária). O segundo capítulo trata de processos em escala de paisagem com a diferenciação da comunidade de Odonata entre elementos naturais e antropizados presentes no Cerrado. Também são investigado os processos de aninhamento e substituição da comunidade na paisagem e a extensão das respostas dos dois grupos. O terceiro capítulo trata da escala local e das respostas em relação a indicação de qualidade ambiental dos córregos estudados.

## **Introdução Geral**

O grupo Odonata apresenta a fase de larva aquática e a fase adulta alada, podendo colonizar ambientes aquáticos continentais lênticos (lagos e reservatórios) e lóticos (rios e córregos). As fêmeas freqüentemente dispersam para se alimentar, voltando ao ambiente aquático para a oviposição, mas grande parte dos machos é territorialista e permanece defendendo o território reprodutivo próximo aos corpos d'água (Conrad et al., 1999; Conrad et al., 2002). A defesa de território facilita a amostragem dos indivíduos, preferencialmente dos machos, o que também facilita a identificação pois as descrições são feitas, em sua maioria, com os machos das espécies. A identificação é relativamente simples e conta com literatura específica para América do Sul (Heckman, 2008) e Brasil (Lencioni, 2005; Lencioni, 2006) permitindo que grande parte da comunidade coletada seja identificada até o nível de espécie.

A ordem possui três subordens: Anisoptera, Zygoptera e Anisozygoptera (Corbet, 1952; May, 1976; Davies, 1981), mas apenas as duas primeiras ocorrem no Brasil. Grande parte dos trabalhos ecológicos de comunidades que utilizam o grupo ignora as diferentes características bionômicas das duas subordens isso pode mascarar processo ecológicos extremamente interessantes. A subordem Anisoptera apresenta maior tamanho corporal suas asas anteriores e posteriores são largas o que aumenta a capacidade de vôo, podem alcançar grandes distâncias em pouco tempo (Corbet, 1999). O movimento intenso das asas também influencia na circulação interna da hemolinfa aumentando a temperatura torácica, por esta produção de calor endógeno o grupo é considerado endotérmico. Grande parte das espécies é considerada, segundo seu

comportamento e capacidade de termoregulação, como “voadora”, pois permanecem voando em grande parte do período de atividade (Corbet, 1952; May, 1976; Corbet and May, 2008). Estas características auxiliam na maior independência da temperatura ambiental em comparação com Zygoptera. De forma geral Zygoptera apresenta menor tamanho corporal, suas asas são estreitas na base o que dificulta a dispersão do indivíduo a grandes distâncias. Permanecem em poleiros em grande parte do seu período de atividade, por isso são consideradas segundo seu comportamento de termoregulação como “pousadoras”. Considerando sua fisiologia de termoregulação também são consideradas ectotérmicos, pois têm sua temperatura corporal regulada principalmente pela temperatura do ambiente. Porém apresentam dois subgrupos diferenciados de acordo com as diferenças na superfície/área do corpo: as conformadoras termais apresentam a temperatura corpórea regulada pela transferência de calor por convecção, e as heliotérmicas têm sua temperatura regulada por contato direto com a irradiação solar (May, 1976).

Os organismos se distribuem influenciados por um conjunto de fatores ecológicos e de eventos históricos que se inter-relacionam e levam a uma grande variação na composição biótica (Lomolino et al., 2004). A presença de cada uma destas espécies em uma paisagem é influenciada por inúmeras variáveis, sejam elas condições abióticas como, por exemplo, o clima, a temperatura, a presença de corpos d’água, distribuição de recursos, ou variáveis bióticas sejam com as interações entre as espécies e os traços ecológicos decorrentes de sua história evolutiva (Bried and Ervin, 2005; Ulrich, 2008). Diante destas características ecofisiológicas distintas, foram investigados processos ecológicos que ocorrem em diferentes escalas. Lyonos & Willig (2002) hierarquizam a escala espacial de

acordo com os processos ecológicos que ocorrem em cada uma delas, da seguinte maneira: Escala local na qual a riqueza de espécies é influenciada por interações bióticas e abióticas de pequena escala, como manchas de habitats; Escala de paisagem onde a riqueza é influenciada pela substituição ou *turnover* de espécies entre os elementos da paisagem; Escala regional é influenciada pela intensidade da radiação, disponibilidade de água, área e latitude; Escala continental onde há diferença das linhagens de espécies e de riqueza decorrentes da história entre os diferentes continentes; e por fim a Escala Global, que reflete o estudo de biogeografia, como o movimento de placas tectônicas e alterações no nível dos oceanos. A compreensão dessas diferenças de escala é importante para avaliar que tipo de processo ecológico deve ser mais importante na determinação dos padrões observados de biodiversidade em cada escala.

Esta tese foi organizada em três capítulos, apresentados em formato de artigo, nos quais são investigados processos ecológicos que ocorrem em escala local, de paisagem e regional: O primeiro capítulo denominado “Padrão de distribuição de riqueza de Odonata no Brasil” trata de uma escala regional na qual os processos ecológicos testados foram a influencia da intensidade da radiação, disponibilidade de água, e heterogeneidade ambiental. O segundo capítulo em escala de paisagem é denominado “Partição da diversidade beta em aninhamento e substituição para as subordens Zygoptera e Anisoptera (Odonata)” trata de uma nova abordagem na qual aninhamento e substituição são considerados processos complementares na estruturação da comunidade (Baselga 2010). O terceiro capítulo “Diferenças bionômicas em Odonata e sua influência na eficiência do uso de espécies indicadoras de qualidade ambiental” trata de características ambientais locais que influenciam a composição de espécies.

## Referências

- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134-143.
- Bried, J.T., Ervin, G.N., 2005. Distribution of adult Odonata among localized wetlands in East-Central Mississippi. *Southeastern Naturalist* 4, 731-744.
- Conrad, K.F., Willson, K.H., Whitfield, K., Harvey, I.F., Thomas, C.J. and Sherratt, T.N., 2002. Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography* 25, 439-445.
- Conrad, K.F., Wilson, K.H., Harvey, I.V., Thomas, C.J. and Sherratt, T.N., 1999. Dispersal characteristics of seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography* 22, 524-531.
- Corbet, P.S., 1952. An Adult Population Study of *Pyrrhosoma-Nymphula* (Sulzer) - (Odonata, Coenagrionidae). *J. Anim. Ecol.* 21, 206-222.
- Corbet, P.S., 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY.
- Davies, D.A.L., 1981. A synopsis of the extant genera of the Odonata. *Rapid Communications, Societas Internationalis Odonatologica*. 3, 1-59.
- Heckman, C.W., 2008. *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata - Anisoptera*. Springer.
- Lencioni, F.A.A., 2005. *Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: I - The non-Coenagrionidae families*. All Print Editora, São Paulo, Brazil.
- Lencioni, F.A.A., 2006. *Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: II - Coenagrionidae families*. All Print Editora, São Paulo, Brazil.
- Lomolino, M.V., Sax, D.F. and Brown, J.H., 2004. *Foundations of biogeography: classic papers with commentaries*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lyons, S.K., Willig, M.R., 2002. Species Richness, Latitude and Scale-sensitivity. *Ecology* 83, 47-58.
- May, M.L., 1976. Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.* 46, 1-32.
- Ulrich, W., 2008. Species abundance distributions in space and time. *Ecological Questions* 15-20.

## **Capítulo 1**

# **PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE RIQUEZA DE ODONATA NO BRASIL**

Este capítulo segue as normas de  
publicação exigidas pela revista  
Ecological Indicator

# Padrão de distribuição de riqueza de Odonata no Brasil

## Resumo

AUTORA: Sílvia Leitão Dutra

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior

O gradiente latitudinal de distribuição de riqueza de espécies foi investigado para o grupo Odonata segundo dois modelos teóricos. O primeiro prediz que a riqueza de espécies é influenciada pela entrada de energia solar no sistema, que seria capaz de suportar um número maior de indivíduos e maior riqueza. Este modelo é composto pela *Hipótese metabólica* e *Hipótese de água-energia*, que predizem respostas diferenciadas para endotérmicos e ectotérmicos, pois os ectotérmicos seriam mais expostos às influências da variação da temperatura local. O segundo modelo, composto pela *Hipótese da heterogeneidade ambiental*, prediz que a variação das características ambientais pode afetar a riqueza regional. A ordem Odonata é ideal para o estudo da relação entre temperatura e riqueza, pois apresenta espécies endotérmicas e ectotérmicas definidas por características de comportamento de termorregulação. Os resultados sugerem que dentro de uma mesma ordem de insetos, é possível que mecanismos diferentes respondam pelos padrões observados em grupos que evoluíram de forma distintas. Outra conclusão foi que em áreas onde a baixa temperatura é limitante para o grupo o aumento de entrada de energia no sistema (temperatura, PET e AET) se correlaciona positivamente com a riqueza de espécies, mas ao nos dirigirmos para áreas tropicais a correlação vai se enfraquecendo gradativamente. Nas áreas tropicais onde não há limitação de água e energia, o que parece estar determinando a riqueza de Odonata é a heterogeneidade ambiental.

**Palavras chave:** AET, PET, gradiente latitudinal, heterogeneidade ambiental, *Hipótese metabólica*, *Hipótese de água-energia*, termorregulação, endotérmico, ectotérmico.

## Distribution of richness of Odonata in Brazil

### Abstract

AUTORA: Silvia Leitão Dutra

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior

The latitudinal gradient of species richness was investigated for the Odonata group using two theoretical models. The first one predicts that species richness is influenced by the input of solar energy in the system, which would be capable of supporting more individuals and higher species richness. This model is composed by the *Metabolic Hypothesis* and by the *water-energy hypothesis*. They predict different responses to endotherms and ectotherms, where ectotherms are more exposed to influences of local temperature. The second model consists of the *environmental heterogeneity hypothesis* and predicts that the variation of environmental characteristics may affect regional species richness. The order Odonata is ideal to study the relationship between temperature and species richness because it is composed of endothermic and ectothermic species, defined by behavioral characteristics of thermoregulation. The results suggest that within a same order of insects, it is possible that different mechanisms be accountable for patterns observed in groups that have evolved different physiological mechanisms. This study also reports that in areas where low temperature is a limiting factor for the establishment of the group, an increase of energy (temperature, PET and AET) input raises the correlation between these variables and species richness. Nevertheless as we head towards the tropics this correlation weakens. In tropical areas where water and energy are not limited, the factor that seems to be determining Odonata richness is environmental heterogeneity

**Keywords:** AET, PET, latitudinal gradients, environmental heterogeneity, metabolic hypothesis, water-energy Hypothesis, thermoregulation, endothermic, ectothermic.

## 1. Introdução

As espécies que compõem uma comunidade são influenciadas constantemente por inúmeros fatores bióticos e abióticos (Lomolino & Perault 2004). Estes fatores atuam como filtros e determinam a riqueza, distribuição e a abundância dos indivíduos ao longo do tempo e do espaço (Ulrich 2008). Podemos considerar três filtros que, de forma hierárquica selecionam as características e o conjunto de espécies que estarão presentes em determinado local: (i) filtro histórico - a capacidade das espécies em chegarem a um determinado local, (ii) filtro fisiológico - afeta o estabelecimento, crescimento, sobrevivência e reprodução dos indivíduos; e (iii) filtro biológico que são as interações como facilitação, competição e predação (Díaz *et al.* 1998; Lambers *et al.* 1998; Lortie *et al.* 2004). Estando a sobrevivência de uma espécie num local ligada a sua capacidade de transpor cada uma das barreiras que lhe são impostas, a compreensão da presença ou ausência de uma espécie fica mais completa ao levarmos em conta, além das características do ambiente e as interações, a ecofisiologia de cada organismo (Luttge & Scarano 2004).

A tendência da maior parte dos grupos de organismos de apresentarem maior riqueza de espécies nas regiões tropicais, evidenciando um gradiente latitudinal, é um dos padrões conhecidos mais antigos em ecologia e biogeografia (Brown & Lomolino 1998; Hawkins *et al.* 2001). Os mecanismos que geram este padrão, no entanto, ainda se mantêm pouco compreendidos. Dois modelos teóricos podem ser estudados para explicar esse padrão regional: O primeiro modelo prediz que a riqueza de espécies é influenciada pela entrada de energia (solar) no sistema, que seria capaz de suportar um número maior de indivíduos e maior riqueza; isso se não houver limitação por disponibilidade de água no

ambiente. A relação entre a temperatura e a riqueza seria descrita relações com diferentes valores para endotérmicos e ectotérmicos, pois os ectotérmicos seriam mais expostos às influências da variação da temperatura local que os endotérmicos ((Hawkins *et al.* 2007b) Allen *et al.* 2002). A *Hipótese metabólica* (Allen *et al.* 2002; Brown *et al.* 2004a; Allen & Gillooly 2007) diz que a alta diversidade encontrada em ambientes tropicais é causada pelo incremento de processos fisiológicos, devido às elevadas temperaturas, o que leva a um aumento da taxa de mutação e diminuição do tempo entre as gerações, aumentando a taxa de especiação (Allen & Gillooly 2007; Allen *et al.* 2002). A relação prevista para ectotérmicos, quando a abundância e o tamanho corporal são constantes, é linear (Allen & Gillooly 2007; Brown *et al.* 2004b) porém para endotérmicos a riqueza é independente da temperatura e a relação linear da riqueza apresenta um incremento com a abundância total de indivíduos por unidade de área. A *Hipótese de água-energia* (Clarke & Gaston 2006, Wriarth 1983) prediz que a riqueza de espécies é proporcional à entrada de energia no sistema, através da produtividade primária. Quanto maior a entrada de energia através da fotossíntese maior a capacidade do sistema em manter altas densidades de indivíduos e menor é a propensão da espécie a extinção (Evans & Gaston 2005). A produtividade primária é influenciada pelo balanço entre a energia e água (Clarke & Gaston 2006) que pode ser medido através da Evapotranspiração Atual (AET) (Hawkins *et al.* 2003), já a entrada de energia no ambiente pode ser medida através da Evapotranspiração Potencial (PET).

O segundo modelo prediz a maneira como avariação das características ambientais pode afetar a riqueza regional. A *Hipótese da heterogeneidade ambiental* trata do aumento na “disponibilidade” de nichos ecológicos causados

pela maior complexidade do ambiente o que acaba por influenciar a riqueza e diversidade biológica (Pianka 1966; Rodríguez *et al.* 2005) pois há uma maior oferta de refúgios, sítios reprodutivos e diversidade de alimentos comportando num mesmo local uma maior gama de espécies. Este modelo pode afetar de maneira distinta os organismos de acordo com sua capacidade de dispersão. Quando alguma condição ambiental se torna desfavorável num local as espécies capazes de dispersar podem encontrar outra área com condições apropriadas a sua sobrevivência, enquanto as espécies de capacidade de dispersão limitadas são extintas localmente ou se adaptam as novas condições (Kambhampati & Peterson 2007).

A ordem Odonata é ideal para o estudo da relação entre temperatura e riqueza, pois apresenta espécies endotérmicas e ectotérmicas definidas por seu comportamento de termorregulação (Corbet 1999; Corbet 2001). A ordem possui três subordens: Anisoptera, Zygoptera e Anisozygoptera (Corbet 1952; May 1976; Davies 1981), porém, apenas as duas primeiras ocorrem na América do Sul. As espécies de libélulas são divididas segundo seu comportamento e capacidade de termorregulação em “voadoras” (permanecem voando em grande parte do período de atividade) e “pousadoras” (permanecem em poleiros em grande parte do seu período de atividade) (Corbet 1952; May 1976; Corbet & May 2008). Os voadores (Anisoptera) possuem maior tamanho corporal e são considerados endotérmicos por controlar a temperatura torácica através do controle da circulação da hemolinfa, produzindo calor endógeno. Os pousadores (Zygoptera) são considerados ectotérmicos, pois têm sua temperatura corporal regulada pela temperatura do ambiente. Devido às diferenças na superfície/área do corpo o calor de convecção e irradiação afeta de modo diferente cada espécie sendo

estas classificadas em conformadoras termais (transferência de calor por convecção determina a variação da temperatura corpórea) e heliotérmicas (temperatura regulada por contato direto com a irradiação solar) (May 1976).

Considerando essas diferenças ecofisiológicas, seria possível considerar que a riqueza de espécies de clados com menor tamanho corporal associado à menor capacidade de termoregulação e de dispersão fosse principalmente determinada por fatores locais, favorecendo hipóteses como a de heterogeneidade ambiental. Por outro lado, espécies de maior tamanho corporal, com maior capacidade de termoregulação e de dispersão, estariam principalmente controladas pelo padrão climático global do sistema favorecendo hipóteses como as relacionadas à água-energia. Neste trabalho buscamos testar essa hipótese, avaliando se o grupo de Odonata com menor capacidade de voo (Zygoptera) teria sua riqueza mais afetada pela amplitude de variação das características ambientais, ou seja, a heterogeneidade ambiental em comparação com organismos com maior capacidade de voo (Anisoptera). Além disso, nós também testamos a hipótese de água-energia considerando se os organismos ectotérmicos (Zygoptera) teriam sua riqueza mais afetada pela entrada de energia no sistema em comparação com organismos endotérmicos (Anisoptera) que são mais independentes da temperatura do ambiente.

## **2. Metodologia**

### *2.1. Dados de ocorrência das espécies*

Os pontos de ocorrência das espécies de Odonata no Brasil foram organizados a partir de De Marco & Vianna (2005). Nesse banco de dados foram

compiladas as informações de ocorrência de espécies da literatura em taxonomia, acrescidos dos dados da coleção do Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese, coletas esporádicas e registro de algumas coleções, como por exemplo, coleção particular de Frederico Lencioni; Coleção Adolpho Lutz e da Coleção Zikán (Santos 1966; Santos 1970). Os dados mais recentes foram diretamente georreferenciados com informação de GPS, mas boa parte da informação histórica foi georreferenciada a partir dos dados das sedes dos municípios onde os dados foram coletados.

Para garantir que as análises sejam feitas em um nível de acurácia compatível com a escala em que os dados de ocorrência foram coletados, a riqueza de espécies foi determinada para uma malha regular com células de um grau de latitude por um grau de longitude, para o Brasil. As análises subsequentes foram feitas com interpolação por número de indivíduos com método de rarefação (Gotelli & Colwell 2001) para minimizar os efeitos da falta de padronização de métodos de coleta e a diferente disponibilidade de dados nas diferentes regiões do país. A rarefação estima a riqueza acumulada de cada célula para coletas com mais de 50 e 100 registros de indivíduos coletados.

### 2.3. *Dados ambientais*

As variáveis ambientais (Tabela 1) foram retiradas do WORLDCLIM disponível em <http://www.worldclim.org>. Os dados de Evapotranspiração Atual (*Actual evapotranspiration* - AET) e Evapotranspiração Potencial (*Potential evapotranspiration* - PET) foram gerados no programa AET Calculator 1.0 (Gavin 2007). Todos esses dados foram originalmente obtidos para uma resolução de 4km em toda a área de estudo. Isso permitiu que, antes que esses dados fossem

re-escalados para a malha de 1° através das medias dos valores dentro de cada célula, também se pudesse calcular a variância de cada uma dessas medidas dentro de cada uma das células. A variação dentro das células foi considerada uma medida de heterogeneidade ambiental.

**Tabela 1**

Variáveis ambientais obtidas no Wordclim com resolução de 4km, valores de média, máximo e mínimo utilizadas com resolução de um grau para as análises de dados com extensão do território brasileiro..

	Variáveis ambientais	Média	Máximo	Mínimo
Média	Temperatura média anual	22,8	27,0	17,6
	Sazonalidade da temperatura	155,5	359,0	29,6
	Temperatura do quadrimestre mais frio	21,5	27,1	14,5
	Inclinação do terreno	82,3	374,8	0,9
	Precipitação média anual	1651,3	3400,1	1125,6
	Sazonalidade da precipitação	61,1	88,7	7,9
	Precipitação no quadrimestre mais quente	436,4	728,5	141,9
	PET	1232,7	1752,8	807,8
	AET	1096,7	1690,6	801,6
Variância	Temperatura média anual	0,8	2,4	0,0
	Sazonalidade da temperatura	7,2	18,5	1,0
	Temperatura do quadrimestre mais frio	0,9	3,2	0,0
	Inclinação do terreno	92,0	346,4	1,3
	Precipitação média anual	114,0	579,5	19,5
	Sazonalidade da precipitação	3,5	12,8	0,8
	Precipitação no quadrimestre mais quente	47,4	154,9	6,5

#### 2.4. Análises estatísticas

Considerando as diferenças de esforço de coleta, representadas pelas diferenças de número de registros observados em cada célula (De Marco *et al.* 2005), é necessário o uso de um método de interpolação com cálculo da rarefação com número de indivíduos o qual permite uma comparação adequada dos valores de riqueza (Gotelli & Colwell 2001). A análise de rarefação foi gerada com dois níveis de no mínimo 50 e 100 registros de indivíduos coletados na

célula. A análise feita de maneira independente para cada uma das células estudadas, diminuindo a auto-correlação dos dados de Odonata, pois as células vizinhas não são influenciadas pelos dados coletados em outra localidade. Por outro lado esta ferramenta, e as fortes diferenças de esforço amostral, acabam gerando um número menor de células onde é possível testar as hipóteses em questão.

Os dados foram analisados utilizando regressão (Ordinary Least Square – OLS) para relacionar a riqueza de Odonata, Anisoptera e Zygoptera com cada uma das variáveis ambientais. A auto-correlação espacial geralmente existente em dados gerados com malhas contínuas e regulares foi avaliada utilizando-se o método de *I* de Moran, (Dungan *et al.* 2002) os cálculos foram executados no programa SAM (Rangel *et al.* 2010).

### **3. Resultados**

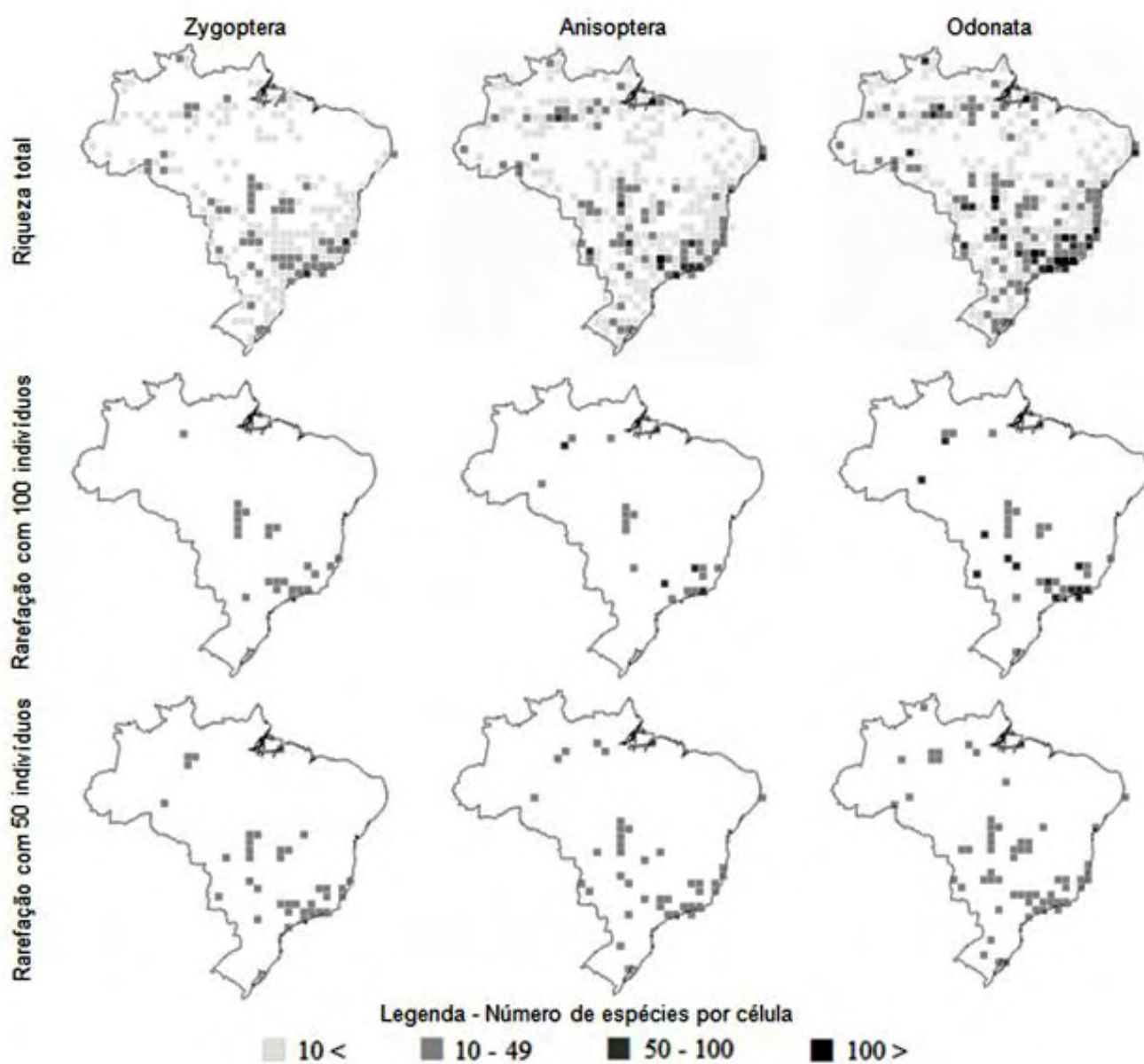
Considerando um total de 370 células com 1° x 1° de resolução que cobrem a área do Brasil na América do Sul (Fig. 1) há uma diminuição gradativa no esforço amostral ao observarmos os números de células presentes nos mapas de riqueza absoluta, rarefação com 50 e rarefação com 100 registros. A rarefação com 50 registros representou aproximadamente 10% das células e a de 100 indivíduos de menos de 9%. Também há uma diminuição do tamanho amostral do grupo de Odonata quando é separado em dois grupos de Anisoptera e Zygoptera.

Os dados de riqueza apresentaram pouca autocorrelação espacial, verificada através do método de *I* de Moran (Fig. 2) maiores valores de

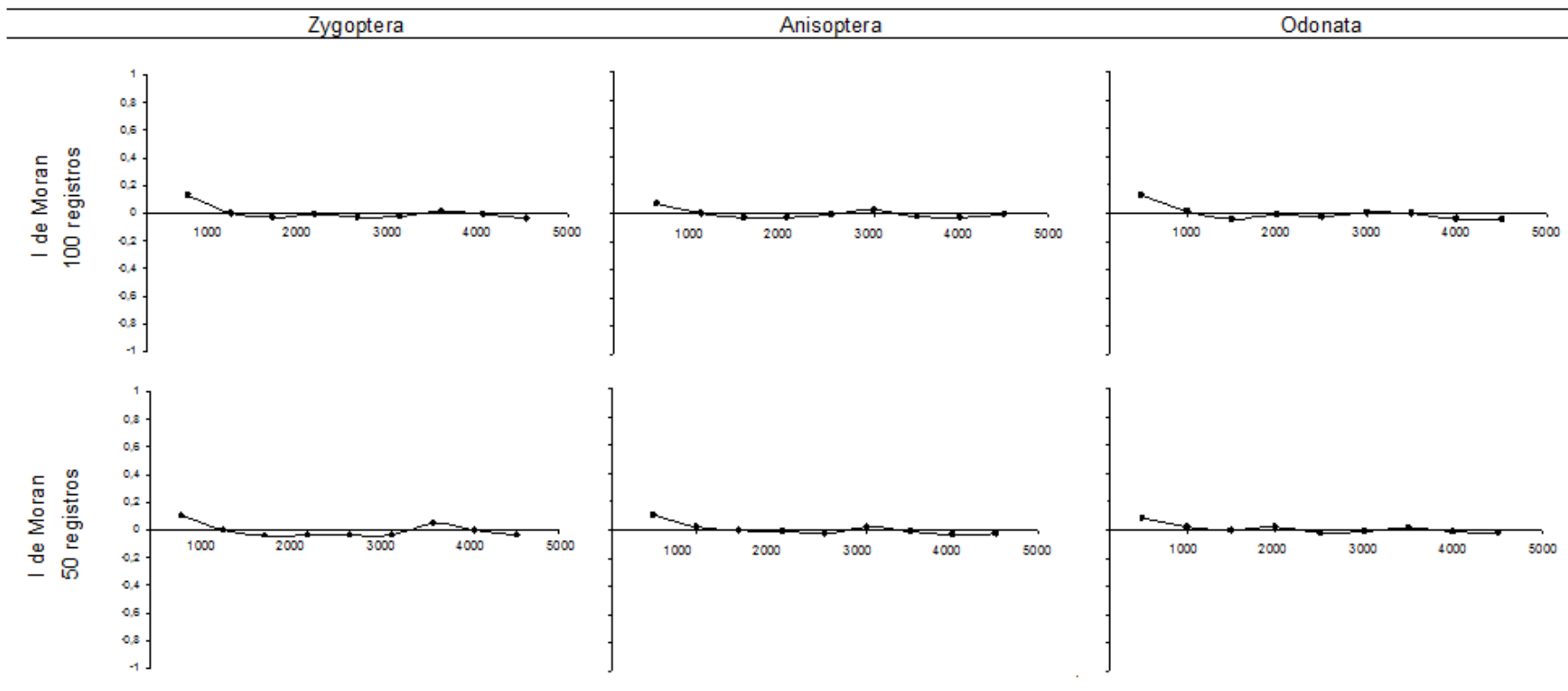
autocorrelação foram encontrados na primeira classe de distância, e diminuíram gradativamente até a décima classe de distância.

Foram realizadas 96 regressões (Tabela 2), um resultado esperado ao acaso seria de menos de 5 regressões significativas. Foram encontradas 15 relações significativas, conforme o esperado, grande parte delas foram identificadas nos grupos de Zygoptera e Anisoptera e apenas uma no grupo de Odonata. Em todos os casos, as relações encontradas com a rarefação de 100 registros são mais explicativas que as encontradas com 50 registros. Observamos também que as relações entre riqueza e variáveis ambientais são melhor evidenciadas somente quando diferenciamos a ordem Odonata em dois grupos ecofisiologicamente distintos: Anisoptera e Zygoptera.

Considerando o conjunto das análises de regressão realizadas é possível notar alguns pontos gerais importantes. As variáveis relacionadas à heterogeneidade ambiental parecem perder um pouco importância em relação às variáveis médias para o grupo Anisoptera, este grupo está mais associado a variáveis de temperatura. O grupo de Zygoptera esteve mais associado à precipitação e inclinação do terreno.



**Fig. 1.** Distribuição dos dados de riqueza absoluta e de rarefação calculada com 50 e 100 registros para Odonata no Brasil com resolução de 1°.



**Fig. 2.** Auto correlação dos dados de riqueza calculado com a rarefação de 50 e 100 registros para dados de Zygotera, de Anisoptera e de Odonata no Brasil, através do I de Moran.



precipitação média anual (VPM), variação da precipitação do quadrimestre mais quente (VPQ), de dados no Brasil com ocorrência de Odonata.

A resposta dos dois grupos de Odonata às variáveis ambientais foi diferenciada (Tabela 2). O grupo de Zygoptera apresentou maior relação com a inclinação do terreno e com precipitação. Para a rarefação de 50 registros encontramos uma explicação de 13% da riqueza deste grupo influenciada por sazonalidade da precipitação e no quadrimestre mais quente. As relações com as médias das variáveis ambientais foram evidenciadas apenas na rarefação com 100 registros, com maior poder explicativo para a precipitação do quadrimestre mais quente (17%) e inclinação do terreno (23%). Ao observarmos a relação com heterogeneidade ambiental (amplitude de variação dentro da célula) percebemos que a sazonalidade da precipitação e a inclinação do terreno apresentam um bom poder de explicação, mas é a sazonalidade da precipitação (Slope = 1,11 ;  $r^2 = 0,20$ ) que acompanha uma a variação de riqueza deste grupo.

A riqueza de Anisoptera apresentou relações com PET extremamente fracas. Tanto para a rarefação de 50 como de 100 as relações mais fortes foram evidenciadas com as variáveis relacionadas com a temperatura: temperatura média, temperatura do quadrimestre mais frio e heterogeneidade da sazonalidade da temperatura. Porém, um resultado surpreendente nesse caso foi a riqueza de Anisoptera estar inversamente relacionada à temperatura. Foram encontradas relações com sazonalidade da precipitação e no quadrimestre mais quente, porém com pouca explicação, de 16 e 11% respectivamente.

**Tabela 2**

Correlação de riqueza de Odonata calculado com rarefação de 50 e 100 registros com variáveis ambientais médias e a amplitude de variação destas variáveis dentro de cada quadricula (representando a heterogeneidade ambiental).

		Zygoptera			Anisoptera			Odonata					
		n=24	r <sup>2</sup>	p	Slope	n=22	r <sup>2</sup>	p	Slope	n=40	r <sup>2</sup>	p	Slope
Média	Rarefação 100												
	Temperatura média anual		0,13	0,08	4,45		<b>0,23</b>	<b>0,02</b>	<b>-2,22</b>		0,01	0,48	-0,61
	Sazonalidade da temperatura		0,12	0,10	0,04		<b>0,29</b>	<b>0,01</b>	<b>0,09</b>		0,05	0,17	0,04
	Temperatura do quadrimestre mais frio		0,12	0,09	-0,68		<b>0,24</b>	<b>0,02</b>	<b>-1,62</b>		0,03	0,27	-0,72
	Inclinação do terreno		<b>0,23</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>		0,05	0,31	0,03		0,02	0,34	0,03
	Precipitação média anual		0,01	0,60	0,00		0,15	0,08	-0,01		0,05	0,17	-0,01
	Sazonalidade da precipitação		0,02	0,48	-0,07		0,14	0,09	1,41		0,03	0,33	-0,14
	Precipitação no quadrimestre mais quente		<b>0,17</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>		0,06	0,28	0,02		0,06	0,14	0,02
	PET		0,06	0,24	-0,01		0,15	0,07	-0,02		0,01	0,58	0,00
	AET		0,00	0,80	0,00		0,04	0,40	-0,01		0,00	0,77	0,00
Variação	Temperatura média anual		0,12	0,10	-0,91		0,03	0,45	3,29		0,00	0,74	1,32
	Sazonalidade da temperatura		0,03	0,42	0,28		<b>0,25</b>	<b>0,02</b>	<b>1,57</b>		0,01	0,56	0,34
	Temperatura do quadrimestre mais frio		0,11	0,12	3,88		0,02	0,53	2,65		0,00	0,95	0,23
	Inclinação do terreno		<b>0,27</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>		0,02	0,49	0,02		0,05	0,16	0,04
	Precipitação média anual		0,07	0,20	0,03		0,03	0,45	-0,02		0,01	0,55	-0,01
	Sazonalidade da precipitação		<b>0,20</b>	<b>0,03</b>	<b>1,11</b>		0,03	0,45	-0,16		0,09	0,06	1,54
Precipitação no quadrimestre mais quente		0,12	0,10	0,10		0,04	0,40	0,05		0,03	0,29	0,07	
Rarefação 50		n=38				n=41				n=64			
Média	Temperatura média anual		0,00	0,75	-0,11		0,07	0,09	-0,77		0,00	0,80	-0,09
	Sazonalidade da temperatura		0,02	0,39	0,01		0,06	0,12	0,02		0,01	0,43	0,01
	Temperatura do quadrimestre mais frio		0,01	0,59	-0,13		<b>0,12</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,74</b>		0,01	0,50	-0,19
	Inclinação do terreno		0,06	0,14	0,02		0,04	0,22	0,02		0,01	0,48	0,01
	Precipitação média anual		0,02	0,44	0,01		0,06	0,12	0,00		0,04	0,12	0,00
	Sazonalidade da precipitação		0,06	0,14	-0,09		0,01	0,61	0,03		0,00	0,99	0,00
	Precipitação no quadrimestre mais quente		0,05	0,17	0,01		<b>0,16</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>		0,04	0,12	0,01
	PET		0,00	88	0,00		<b>0,10</b>	<b>0,04</b>	<b>-0,01</b>		0,00	0,77	0,00
AET		0,01	0,50	0,00		0,03	0,25	-0,01		0,00	0,78	0,00	
Variação	Temperatura média anual		0,06	0,13	2,18		0,03	0,26	2,23		0,00	0,75	0,56
	Sazonalidade da temperatura		0,00	0,90	0,03		0,01	0,62	0,14		0,00	0,77	0,07
	Temperatura do quadrimestre mais frio		0,05	0,20	1,80		0,00	0,77	0,53		0,00	0,75	-0,48
	Inclinação do terreno		0,08	0,09	0,02		0,07	0,11	0,02		0,02	0,28	0,01
	Precipitação média anual		0,00	0,68	0,00		0,00	0,90	0,00		0,01	0,56	-0,01
	Sazonalidade da precipitação		<b>0,13</b>	<b>0,03</b>	<b>0,67</b>		<b>0,11</b>	<b>0,04</b>	<b>0,87</b>		<b>0,11</b>	<b>0,01</b>	<b>1,02</b>
Precipitação no quadrimestre mais quente		<b>0,13</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>		0,03	0,27	0,04		0,04	0,14	0,04	

## 4. Discussão

Grande parte das publicações que trabalham com grupos de dados em escalas regionais, continentais ou globais vem utilizando como dados biológicos os mapas de distribuição das espécies estudadas (Rodríguez *et al.* 2005; Cassemiro *et al.* 2007; Diniz-Filho *et al.* 2008; Rundle *et al.* 2007). Um dos problemas mais sérios desses estudos atuais em sistemas neotropicais é que grandes áreas são pouco conhecidas ou virtualmente não estudadas (De Marco & Vianna 2005) gerando uma heterogeneidade no grau de conhecimento sobre os táxons, habitats e biomas (Brandon *et al.* 2005). Este trabalho se diferencia por utilizar dados de ocorrência reais, que, por outro lado, carregam o problema de variações de esforço amostral. Nós utilizamos o método de rarefação (ver Gotelli & Colwell 2001) para controlar esse efeito, e a consistência dos resultados sugere a efetividade dessa abordagem.

Os problemas gerados por áreas com vazios de amostragem podem ser facilmente identificados, como em todos os estudos sobre as estimativas de riqueza ou diversidade em grandes escalas, sejam elas regionais ou globais (Lewinsohn *et al.* 2005). Esse mesmo padrão é observado no presente estudo, apesar de estarmos trabalhando com a compilação mais completa de informações de distribuição de Odonata no Brasil. Como recentemente sugerido por (Diniz-Filho *et al.* (2010), as restrições Wallaceanas (falta de dados biogeográficos, principalmente em sistemas neotropicais) não devem limitar as abordagens de estudo face à disponibilidade de novas técnicas de estudo e ferramentas analíticas desenhadas para enfrentar esses problemas.

Até pouco tempo o grupo de Odonata era diferenciado de uma forma discreta quanto ao comportamento de termorregulação nas categorias de pousadores e voadores. Esta classificação tem perdido um pouco de espaço para a consideração de que a termorregulação é influenciada também por uma variação na massa corporal de forma contínua e gradativa tanto para Anisoptera (Sformo & Doak 2006; De Marco *et al.* 2005) quanto para Zygoptera (Samejima & Tsubaki 2010). Assumir que os dois grupos são diferentes unicamente por uma separação taxonômica seria uma simplificação, porém as duas subordens apresentam diferenciações ecofisiológicas importantes.

Um dos primeiros resultados desse trabalho foi a demonstração de que, em estudos ecológicos com clados altamente diversificados, a análise de grupos taxonômicos de forma agregada pode levar a resultados enganosos. Uma análise para toda a ordem Odonata não é capaz de identificar os efeitos da sazonalidade da temperatura ou da heterogeneidade ambiental, que só podem ser identificadas na análise das sub-ordens. As ordens taxonômicas não devem ser consideradas grupos naturais em análises ecológicas e somar espécies sem considerar as diversificações ecofisiológicas geradas por um longo tempo de evolução não compartilhada, representa uma grande perda de informação, dificultando a identificação de mecanismos importantes. Além disso, esses resultados sugerem que mesmo dentro de uma ordem de insetos, é possível que mecanismos diferentes respondam pelos padrões observados em grupos que evoluíram de forma distinta e reforçam a necessidade de uso complementar das teorias sobre os gradientes observados.

Em nossa primeira hipótese os organismos ectotérmicos teriam sua riqueza mais afetada pela entrada de energia no sistema em comparação com

organismos endotérmicos que são mais independentes da temperatura do ambiente (Clarke & Gaston 2006; Allen *et al.* 2002; Hawkins *et al.* 2007a). Portanto o grupo de Zygoptera, deveria apresentar maiores valores de riqueza correlacionada com a temperatura, precipitação, AET e PET, enquanto o grupo de Anisoptera, formado por voadores maiores e com muitas espécies endotérmicos, apresentaria relações menos evidentes. Nossos resultados mostram relações com AET e PET fracas ou inexistentes nos dois grupos. Diferente do esperado a riqueza de Anisoptera respondeu com maior intensidade às variáveis que descrevem a entrada de energia e disponibilidade de água no ambiente. Apresentando uma correlação negativa com a temperatura média anual e com a temperatura do quadrimestre mais frio, enquanto Zygoptera apresentou uma relação com precipitação.

Os dados de Odonata para a Europa não demonstram o mesmo comportamento (Keil *et al.* 2008) sendo encontrada uma relação de AET e PET com riqueza de Odonata na região que abrange a Europa e a parte do extremo norte do continente africano (com predomínio de vegetação mediterrânea e clima quente e úmido). Neste mesmo trabalho foi encontrado um padrão de correlação entre o aumento de temperatura e o aumento da riqueza na região sul da Europa onde a limitação por temperaturas baixas é muito intensa. Verificando os dados de estações meteorológicas da Europa ([www.allmetsat.com](http://www.allmetsat.com)) percebemos valores mínimos anuais que podem chegar a 20°C negativos ao norte do continente e ao sul chega a poucos graus positivos. Um outro estudo no Alaska (América do Norte) as temperaturas baixas, menores que 14°C, também limitavam as atividades de Odonata. Esta limitação era agravada em temperaturas menores que 10°C (Sformo & Doak 2006). Nas

áreas mais quentes e úmidas, como no norte da África a temperatura apresentou ausência de relação ou uma relação inversa com a riqueza de Odonata (Keil *et al.* 2008), assim como os dados de Anisoptera no Brasil. No norte da África, (dados meteorológicos da Argélia) há uma variação de 5 a 15°C de valores mínimos anuais chegando em valores de 35°C com as temperaturas máximas, sendo que a pluviometria varia de 1 a 12 mm ao longo do ano.

Assim, nas áreas onde a baixa temperatura é limitante para o grupo o aumento de entrada de energia no sistema (temperatura, PET e AET) se correlaciona positivamente com a riqueza de espécies. Ao nos dirigirmos para áreas tropicais a correlação vai se enfraquecendo gradativamente e em alguns casos fica negativa como em nossos dados e no trabalho de Keil 2008. Nas áreas tropicais onde não há limitação de água e energia, como é o exemplo do extremo norte da África e do Brasil, o que parece estar determinando a riqueza de Odonata é a heterogeneidade ambiental.

Analisando o efeito da heterogeneidade o grupo Zygoptera, que apresenta menor capacidade de termorregulação e dispersão e que é essencialmente ectotérmico, respondeu fortemente às nossas variáveis de heterogeneidade ambiental; em contraste, os Anisoptera apresentaram correlações principalmente com as variáveis ambientais médias (entre as células).

Animais ectotérmicos são mais sensíveis a diferentes tipos de microclimas (Remsburg *et al.* 2008). A heterogeneidade ligada à variação da precipitação e da inclinação do terreno propiciam a formação de uma enorme gama de microhabitats pela ação direta nas características hidrológicas dos

corpos d'água, determinando, por exemplo, a formação de ambientes aquáticos lênticos e lóticos; temporários e perenes; com variação na velocidade da correnteza (Schindler *et al.* 2003). Em Odonata já foram descritas várias características ambientais locais que influenciam a riqueza de espécies, entre elas podemos citar: área ocupada pelo corpo d'água, a concentração de oxigênio dissolvido na água (Hamasaki *et al.* 2009), a diminuição do tempo de retenção da água (Schindler *et al.* 2003) com diminuição também da concentração de amônia e clorofila *a* (Carchini *et al.* 2005). Todas estas características locais são determinadas pela entrada de água no sistema e pela inclinação do terreno e influenciaram de forma mais efetiva a riqueza de Zygoptera.

Se os padrões de ocorrência de Odonata forem apenas explicados por processos relacionados à hipótese de água-energia, explicações decorrentes apenas de uma explicação neutra seriam favorecidas. Isso porque, a teoria da *água-energia* estabelece a existência de um controle do número total de indivíduos da célula como decorrente da energia disponível, sendo o número de espécie uma simples consequência disso. Por outro lado, a existência de um efeito baseado na heterogeneidade ambiental, favorece uma interpretação decorrente de processo locais principalmente interativos ou à seleção de habitats entre as espécies. Essa distinção poderia significar também que grupos ecológicos com espécies maiores e com maior capacidade de dispersão formassem metacomunidades principalmente controladas por fenômenos neutros e que grupos ecológicos com espécies menores e mais filopátricas se organizassem de acordo com suas diferenças de nicho ecológico. Esse argumento produz previsões opostas aos de Kambhampati &

Peterson (2007), mas suportam essa distinção entre Anisoptera e Zygoptera, e abre a possibilidade de explorar teoricamente essas diferenças.

## Referências

- Allen, A.P., Brown, J.H. and Gillooly, J.F., 2002. Global biodiversity, biochemical kinetics, and the energetic-equivalence rule. *Science* 297, 1545-1548.
- Allen, A.P., Gillooly, J.F., 2007. The mechanistic basis of the metabolic theory of ecology. *Oikos* 116, 1073-1077.
- Brandon, K., da Fonseca, G.A.B., Rylands, A.B. and Danni, J.C.M., 2005. Challenges and opportunities in Brazilian conservation. *Conservation Biology* 19, 595-600.
- Brown, J.H., Gillooly, J.F., Allen, A.P., Savage, V.M. and West, G.B., 2004. Response to forum commentary on "toward a metabolic theory of ecology". *Ecology* 85, 1818-1821.
- Brown, J.H., Lomolino, M.V., 1998. *Biogeography*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, USA.
- Carchini, G., Solimini, A.G. and Ruggiero, A., 2005. Habitat characteristics and odonate diversity in mountain ponds of central Italy. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 573-581.
- Cassemiro, F.A.S., Diniz, J.A.F., Rangel, T. and Bini, L.M., 2007. Spatial autocorrelation, model selection and hypothesis testing in geographical ecology: implications for testing metabolic theory in New World amphibians. *Neotropical Biology and Conservation* 2, 119-126.
- Clarke, A., Gaston, K.J., 2006. Climate, energy and diversity. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 273, 2257-2266.
- Corbet, P.S., 1952. An Adult Population Study of *Pyrrhosoma-Nymphula* (Sulzer) - (Odonata, Coenagrionidae). *J. Anim. Ecol.* 21, 206-222.
- Corbet, P.S., 1999. *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY.
- Corbet, P.S., 2001. Book Review. *Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata*. *Freshw. Biol.* 46, 141-143.
- Corbet, P.S., May, M.L., 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology* 11, 155-171.
- 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., Latini, A.O. and Resende, D.C., 2005a. Thermoregulatory constraints on behavior: patterns in a Neotropical dragonfly assemblage. *Neotropical Entomology* 34, 155-162.
- De Marco, P., Vianna, D.M., 2005b. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil: subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* 6, 13-26.
- Díaz, S., Cabido, M. and Casanoves, F., 1998. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science* 9, 113-122.
- Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Vieira, C.M., Blamires, D., Terribile, L.C., Bastos, R.P., Oliveira, G. and Barreto, B.S., 2008. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. *Zoological Studies* 47, 146-157.
- Diniz-Filho, J.A.F., De Marco, P. and Hawkins, B.A., 2010. Defying the curse of ignorance: perspectives in insect macroecology and conservation biogeography. *Insect Conservation and Diversity* 3, 172-179.
- Dungan, J.L., Perry, J.N., Dale, M.R.T., Legendre, P., Citron-Pousty, S., Fortin, M.J., Jakomulska, A., Miriti, M. and Rosenberg, M.S., 2002. A balanced view of scale in spatial statistical analysis. *Ecography* 25, 626-640.
- Evans, K.L., Gaston, K.J., 2005. People, energy and avian species richness. *Global Ecology and Biogeography* 14, 187-196.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol Letters* 4, 379-391.
- Hamasaki, K., Yamanaka, T., Nakatani, Y., Iwasaki, N. and Sprague, D.S., 2009. Relative importance of within-habitat environment, land use and spatial autocorrelations for determining odonate assemblages in rural reservoir ponds in Japan. *Ecological Research* 597-605.
- Hawkins, B.A., Albuquerque, F.S., Araujo, M.B., Beck, J., Bini, L.M., Cabrero-Sanudo, F.J., Castro-Parga, I., Diniz-Filho, J.A.F., Ferrer-Castan, D., Field, R., Gomez, J.F., Hortal, J., Kerr, J.T., Kitching, I.J., Leon-Cortes, J.L., Lobo, J.M., Montoya, D., Moreno, J.C., Olalla-Tarraga, M.A., Pausas, J.G., Qian, H., Rahbek, C., Rodriguez, M.A., Sanders, N.J. and Williams, P., 2007a. A global evaluation of metabolic theory as an explanation for terrestrial species richness gradients. *Ecology* 88, 1877-1888.
- Hawkins, B.A., Diniz-Filho, J.A.F., Bini, L.M., Araújo, M.B., Field, R., Hortal, J., Kerr, J.T., Rahbek, C., Rodríguez, M.Á. and Sanders, N.J., 2007b. Metabolic theory and diversity gradients: Where do we go from here? *Ecology* 88, 1898-1902.

- Hawkins, B.A., Field, R., Cornell, H.V., Currie, D.J., Guegan, J.F., Kaufman, D.M., Kerr, J.T., Mittelbach, G.G., Oberdorff, T., O'Brien, E.M., Porter, E.E. and Turner, J.R.G., 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84, 3105-3117.
- Kambhampati, S., Peterson, A.T., 2007. Ecological niche conservation and differentiation in the wood-feeding cockroaches, *Cryptocercus*, in the United States. *Biological Journal of the Linnean Society* 90, 457-466.
- kambhampati, S., Peterson, T., 2007. Ecological niche conservation and differentiation in the wood-feeding cockroaches, *Cryptocercus*, in the United States. *Biological Journal of the Linnean Society* 90, 457-466.
- Keil, P., Simova, I. and Hawkins, B.A., 2008. Water-energy and the geographical species richness pattern of European and North African dragonflies (Odonata). *Insect Conservation and Diversity* 1, 142-150.
- Lambers, H., Chapin, I. and Pons, T.L., 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag, NewYork.
- Lewinsohn, T.M., Freitas, A.V.L. and Prado, P.I., 2005. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. *Megadiversidade* 1, 62-69.
- Lomolino, M.V., Perault, D.R., 2004. Geographic gradients of deforestation and mammalian communities in a fragmented, temperate rain forest landscape. *Global Ecology and Biogeography* 13, 55-64.
- Lortie, C.J., Brooker, R.W., Choler, P., Kikvidze, Z., Michalet, R., Pugnaire, F.I. and Callaway, R.M., 2004. Rethinking plant community theory. *Oikos* 107, 433-438.
- Luttge, U., Scarano, F.R., 2004. Ecophysiology. *Rev. Brasil. de Bot.* 27(1), 1-10. *Revista Brasileira de Botânica* 1, 1-10.
- May, M.L., 1976. Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.* 46, 1-32.
- Pianka, E.R., 1966. Convexity, desert lizards and spatial heterogeneity. *Ecology* 47, 1055-1059.
- Rangel, T.F.L.V.B., Diniz-Filho, J.A.F. and Bini, L.M., 2010. **SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology.** *Ecography*, 33:46-50. *Ecography* 33, 46-50.
- Remsburg, A.J., Olson, A.C. and Samways, M.J., 2008. Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata : Libellulidae) abundance. *Journal of Insect Behavior* 21, 460-468.
- Rodríguez, M.A., Belmontes, J.A. and Hawkins, B.A., 2005. Energy, water and large-scale patterns of reptile and amphibian species richness in Europe. *Acta Oecologica* 28, 65-70.

- Rundle, S.D., Bilton, D.T., Abbott, J.C. and Foggo, A., 2007. Range size in North American *Enallagma* damselflies correlates with wing size. *Freshw. Biol.* 52, 471-477.
- Samejima, Y., Tsubaki, Y., 2010. Body temperature and body size affect flight performance in a damselfly. *Behavioral Ecology Sociobiology* 685-692.
- Santos, N.D., 1966. Notas sobre alguns odonatas da coleção Adolpho Lutz. *Atas da Sociedade de Biologia do Rio De Janeiro* 10, 45-46.
- Santos, N.D., 1970. Odonatas de Itatiaia (Estado do Rio de Janeiro) da coleção Zikan, do instituto Oswaldo Cruz. *Atas da Sociedade de Biologia do Rio De Janeiro* 13, 203-205.
- Schindler, M., Fesll, C. and Chovanecl, A., 2003. Dragonfly associations (Insecta: Odonata) in relation to habitat variables: a multivariate approach. *Hydrobiologia* 497, 169-180.
- Sformo, T., Doak, P., 2006. Thermal ecology of interior Alaska dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Functional Ecology* 20, 114-123.
- Ulrich, W., 2008. Species abundance distributions in space and time. *Ecological Questions* 9, 15-20.

## **CAPITULO 2**

# **PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE BETA EM ANINHAMENTO E SUBSTITUIÇÃO PARA AS SUBORDENS ZYGOPTERA E ANISOPTERA (ODONATA)**

Este capítulo segue as normas de  
publicação exigidas pela revista  
Biodiversity and Conservation

# PARTIÇÃO DA DIVERSIDADE BETA EM ANINHAMENTO E SUBSTITUIÇÃO PARA AS SUBORDENS ZYGOPTERA E ANISOPTERA (ODONATA)

## Resumo

AUTORA: Sílvia Leitão Dutra

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior

Os processos ecológicos são dependentes tanto das características bionômicas das espécies quanto da escala espacial na qual são observadas. Estes dois aspectos foram investigados com o grupo de Odonata que no Brasil possui duas subordens com capacidade de termorregulação e dispersão diferenciadas. Organismos com menor capacidade de dispersão tendem a perceber de forma mais contundente as variações ambientais, se tornando mais especializados nestes recursos. Os efeitos da dispersão diferenciada foram investigados em múltiplas escalas espaciais com a intenção de detectar a real escala de resposta dos organismos diante de descritores ambientais gerados com imagens de satélite geradas a partir do processo de *Normalised Difference Vegetation Index* - NDVI: a cobertura vegetal foi calculada através da média do NDVI e a heterogeneidade da paisagem foi calculada através do desvio padrão do NDVI. Estes mesmos processos foram analisados entre as distintas fitofisionomias do Cerrado. Os processos ecológicos estudados foram a variação da riqueza e da composição entre comunidades (diversidade beta) que pode ser particionada em dois componentes complementares a substituição e o aninhamento. Neste ambiente tropical o grupo Odonata se mostrou fortemente influenciado pela substituição. Para o grupo de menor mobilidade, a substituição se apresentou de forma acentuada e a heterogeneidade também afetou de forma mais contundente a diversidade.

**Palavras chave:** múltiplas escalas, paisagem, capacidade de dispersão, especificidade ambiental, *turnover*.

# **PARTITION OF THE BETA DIVERSITY IN NESTEDNESS AND TURNOVER FOR SUBORDER ZYGOPTERA AND ANISOPTERA (ODONATA)**

## **Abstract**

**AUTHOR:** Silvia Leitão Dutra

**ORIENTADOR:** Paulo De Marco Júnior

Ecological processes are dependent on species life history traits and on the spatial scale at which they are observed. These two aspects were investigated with the Odonata group in Brazil. In this country only two suborders with different thermoregulation and dispersal abilities can be observed. Organisms with lower dispersal ability tend to starkly perceive environmental changes when compared to species with higher dispersal ability. Thus, such species are expected to become more specialized in resources. The different effects of dispersal were investigated at multiple spatial scales with the intention of detecting the real response scale of those individuals to environmental descriptors. These descriptors were obtained through satellite images generated by the Normalised Difference Vegetation Index – NDVI measure. Vegetation cover was estimated by the average NDVI and landscape heterogeneity was calculated using the standard deviation of NDVI for different Cerrado physiognomies. The ecological processes studied were the variation in species richness and the composition among communities (beta diversity). Partitioned into turnover and nestedness components. The Odonata group was mostly structured by turnover in this tropical environment. The turnover process was marked and the environmental heterogeneity also affected diversity for the low mobility group

**Keywords:** multiple scales, landscape, dispersal ability, environmental specificity, turnover.

## Introdução

A distribuição e abundância dos organismos são determinadas por um conjunto de processos ecológicos e de eventos históricos que se inter-relacionam tanto ao longo do tempo quanto do espaço, e levam a existência de uma grande variação na composição biótica entre diferentes regiões (Lomolino & Perault 2004). Um aspecto importante para compreender a distribuição da biodiversidade é que vários processos ecológicos se expressam em diferentes dimensões geográficas (Weber *et al.* 2004; Romdal *et al.* 2005; Loreau 2000) e variam de acordo com o organismo estudado (Magurran 1988; Rahbek 2005; Romdal *et al.* 2005). Lyonos & Willig (2002) hierarquizam esta escala espacial da seguinte maneira: Escala local na qual a riqueza de espécies é influenciada por interações bióticas e abióticas de pequena escala, como manchas de habitats; Escala de paisagem onde a riqueza é influenciada pela substituição ou *turnover* de espécies entre os elementos da paisagem; Escala regional é influenciada pela intensidade da radiação, disponibilidade de água, área e latitude; Escala continental onde há diferença das linhagens de espécies e de riqueza decorrente da história entre os diferentes continentes; e por fim a Escala Global, que reflete o estudo de biogeografia, como o movimento de placas tectônicas e alterações no nível dos oceanos. A compreensão dessas diferenças de escala é importante para avaliar que tipo de processo ecológico deve ser mais importante na determinação dos padrões observados de biodiversidade em cada escala.

A paisagem pode ser considerada como um mosaico (natural ou não) de elementos vegetacionais que apresentam variações de qualidade e que

influenciam a persistência de cada espécie particular. Como um exemplo, no Bioma Cerrado no Brasil Central é possível encontrar numa mesma paisagem um mosaico composto por elementos muito distintos que variam desde formações florestais densas até formações campestres abertas onde há predominância de gramíneas (Ratter et al. 1997; Ribeiro & Walter 1998; Ribeiro et al. 2001). Nesses sistemas, é possível identificar duas características da vegetação que influenciam no número de tipos de habitats numa paisagem: a heterogeneidade e a complexidade. A heterogeneidade é uma variação horizontal na representatividade dos diferentes tipos de elementos que podem ser dominantes ou não (Pearman 2002; Chust *et al.* 2003; Bell *et al.* 1991). A complexidade da paisagem é a estrutura e densidade de vegetação de cada um de seus elementos (Root 1973).

A diversidade biológica está diretamente relacionada com a quantidade de tipos de habitats em cada paisagem (Rosenzweig 1981; Rosenzweig 2002) por comportar o estabelecimento de espécies com diferentes requerimentos ecológicos (Pianka 1966; Rodríguez *et al.* 2005), assim, a existência de mosaicos heterogêneos e complexos na paisagem pode aumentar muito a biodiversidade total de um sistema (Tews *et al.* 2004). Apesar disso, as alterações de heterogeneidade e complexidade de sistemas naturais não seguem, necessariamente, uma ordenação em termos da conservação dos sistemas naturais já que a ação humana pode promover a alteração da heterogeneidade e da complexidade de diferentes formas (Bawa *et al.* 2002). Por exemplo, a conversão de áreas de vegetação natural (e.g. savanas abertas com baixa densidade vegetal) por monocultura de eucalipto diminui a heterogeneidade local, mas pode aumentar sua complexidade em termos de

estrutura vegetal, com o aumento da densidade de plantas e de estratos vegetacionais.

As reações às alterações ambientais podem depender também das características bionômicas do grupo estudado como mobilidade e recursos utilizados (Rensburg & Turner 2009). Isto é mais evidente para organismos com história de vida complexa como Odonata, com forte ligação ao ambiente aquático, mas também afetados pela estrutura dos sistemas terrestres ao redor dos corpos d'água. A resposta das libélulas às alterações no habitat deve variar, entre outros fatores, em função da sua capacidade de dispersão, que por sua vez, é determinada de acordo com o seu comportamento de termoregulação. Esta variação no comportamento permite classificar as espécies do grupo como "voadoras" (permanecem voando em grande parte do período de atividade) ou "pousadoras" (permanecem em poleiros em grande parte do seu período de atividade) (Corbet 1952; May 1976; Corbet & May 2008). Estudos de biomecânica do voo apontam para uma forte relação entre o tamanho do corpo (Samejima & Tsubaki 2010), especialmente comprimento das asas (Rundle *et al.* 2007) e tamanho do tórax com a presença de uma musculatura complexa e robusta (Rundle *et al.* 2007; Schilder & Marden 2004) que favorece a habilidade de voo e dispersão dos indivíduos.

Considerando essa base de informações ecofisiológicas, é possível identificar importantes diferenças entre os representantes dos dois clados dentro da ordem Odonata: Anisoptera e Zygoptera. A subordem Anisoptera, com asas anteriores e posteriores largas e grande capacidade de voo, não devem sofrer restrições biológicas fortes à sua mobilidade em uma paisagem. Em oposição, grande parte dos representantes da sub-ordem Zygoptera

possuem asas pequenas, estreitadas na base e capacidade de voo mais limitada (Corbet 1999; Conrad *et al.* 2002; Corbet 2001). Espera-se que espécies com pequena capacidade de dispersão sejam mais afetadas pelas características da paisagem (descritores de heterogeneidade e complexidade) e aquelas com maior capacidade de dispersão sejam menos influenciadas por estes mesmos aspectos da estrutura da paisagem

Diferenças de capacidade de dispersão podem ter implicações em processos ecológicos (Debinski *et al.* 2001) afetando a distribuição biogeográfica e a persistência de espécies ao longo do tempo evolutivo (Bilton *et al.* 2006; Rundle *et al.* 2007). A dispersão está extremamente interligada a outras características intrínsecas como a capacidade de tolerar as variações das condições ambientais, a especificidade na utilização de recursos (MacArthur & Levins 1964) e a capacidade de percepção das variações do ambiente (Crist *et al.* 1992). Organismos com pouca capacidade de dispersão tendem a perceber de forma mais contundente as variações ambientais mesmo em gradientes ambientais contínuos (Débarre & Gandon 2010), pois são mais dependentes dos recursos encontrados ao seu redor se tornando mais especializados nestes recursos (MacArthur & Levins 1964). Processo semelhante ocorre com a tolerância destes animais em relação às condições de *stress* ambiental (Driscoll 2008). Ao contrário os organismos mais móveis toleram uma gama maior de condições e se tornam mais generalistas.

Evidentemente, as respostas dos componentes da biodiversidade às alterações de estrutura e complexidade na paisagem dependem da escala espacial observada e suas adaptações mais específicas. Considerando os elementos conhecidos da história natural de Odonata, seria esperado que a

diversidade de grupos com maior tamanho corporal, e conseqüentemente maior capacidade de termoregulação e de mobilidade (Juen & De Marco 2011), fosse principalmente determinada por fatores observados em uma maior extensão geográfica. Argumentos semelhantes foram desenvolvidos para explicar padrões de riqueza em larga escala assumindo como mecanismo os efeitos evolutivos causados a partir da capacidade de dispersar para novos locais quando as condições locais se tornam desfavoráveis (Kambhampati & Peterson 2007).

Em modelo recente proposto por Baselga (2010) a variação total da composição entre comunidades (diversidade beta) pode ser particionada em dois componentes (substituição e aninhamento) que são considerados complementares. A substituição da comunidade entre os elementos da paisagem forma subconjuntos distintos (Koleff & Gaston 2002; Whittaker *et al.* 2001) em conseqüência de mudanças na estrutura da paisagem em pequenas unidades de tempo ou espaço (Qian *et al.* 2005). O segundo processo, o aninhamento, ao contrário significa a perda, ou ganho gradativo de espécies ao longo de um gradiente (Ulrich & Gotelli 2007; Atmar & Patterson 1993 ). O aninhamento reflete um processo não aleatório de perda de espécies como conseqüência de algum fator que ordenadamente desagrega a assembléia (Baselga 2010; Gaston & Blackburn 2000).

Neste trabalho pretendemos investigar os processos que ocorrem na escala de paisagem para as subordens Anisoptera e Zygoptera. Levantamos a hipótese de que a diversidade beta aumenta com o aumento da disponibilidade de habitats aqui representada pelo descritor de complexidade e também aumenta com a variedade ambiental descrita por medidas de

heterogeneidade. Porém esta resposta deve ser expressa em diferentes dimensões geográficas quando comparamos os dois grupos (possivelmente atingindo distâncias maiores em Anisoptera do que em Zygoptera). Além disso, espera-se que grupos com menor capacidade de dispersão (Remsburg & Turner 2009) e maior especificidade ambiental (MacArthur & Levins, 1969) apresentem maior diversidade beta e riqueza. O grupo Zygoptera satisfaz essas premissas quando comparados a Anisoptera. Diferenças na composição e riqueza dos dois grupos também seriam percebidas entre os diferentes elementos da paisagem, já que estas apresentam um gradiente de complexidade e heterogeneidade. Ainda espera-se que sub-ordem de Zygoptera, por serem mais sensíveis a alterações ambientais mais sutis, seja estruturada através do processo de substituição de espécies. Ao contrário, espera-se que o grupo Anisoptera seja estruturado através de um processo de aninhamento, pois sua grande mobilidade direciona sua percepção ambiental para alterações mais amplas.

## **Metodologia**

### *Local de Estudo*

Os dados foram coletados na bacia hidrográfica do Rio Tocantins em três cidades do estado de Goiás: Barro Alto, Niquelândia e Alto Paraíso (Fig. 1). As duas primeiras, são regiões com presença de atividade pecuária e exploração de ferro e níquel através de mineração. Já a região de Alto Paraíso é mais preservada e faz divisa com o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). As coletas nesta região se concentraram no interior e entorno do PNCV. As três cidades estão inseridas no bioma Cerrado com

extensão de mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> (Klink & Machado 2005), considerado um “hotspot” (Myers *et al.* 2000) e reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade (Furley & Ratter 1988). A região apresenta dois períodos extremamente distintos em relação à pluviometria na estação seca e chuvosa. A classificação de Köppen Aw(Cwa) (Sano *et al.* 2008) indica um clima com temperaturas elevadas (média anual de 25,6 °C), chuvas no verão (outubro-março) e seca no inverno (abril-setembro) (Nimer 1979).

Algumas fitofisionomias características deste bioma (Sano *et al.* 2008) merecem ser destacadas pela grande relevância na região como o cerrado sentido restrito caracterizado por vegetação arbustiva com troncos retorcidos e súber espesso; as veredas ou buritizais são fitofisionomias associadas aos corpos d’água que ocorrem em geral, em áreas de nascentes (Guimarães *et al.* 2002), caracterizada pela presença de plantas do gênero *Mauritia* conhecidas popularmente pelo nome de Buriti; as fisionomias florestais, conhecidas como Matas de Galeria ou Matas Ciliares, localizadas ao longo dos rios e que se originam em vales mais encaixados e com lençol freático mais rebaixado (Pinto *et al.* 2005).

Para análise das hipóteses desse estudo são necessárias amostras em riachos com diferentes tipos de alteração e áreas não alteradas dentro da paisagem. Para melhor representatividade da comunidade de Odonata no sistema foram selecionados córregos cercados de diversos elementos que compõem a paisagem de Cerrado (Tabela 1). Os córregos escolhidos sempre apresentavam largura máxima de 5m inseridos nas seguintes fisionomias pré-estabelecidas (cerrado sentido restrito, mata, vereda, campo natural, pasto, mineração) de acordo com sua disponibilidade em cada uma das três regiões.

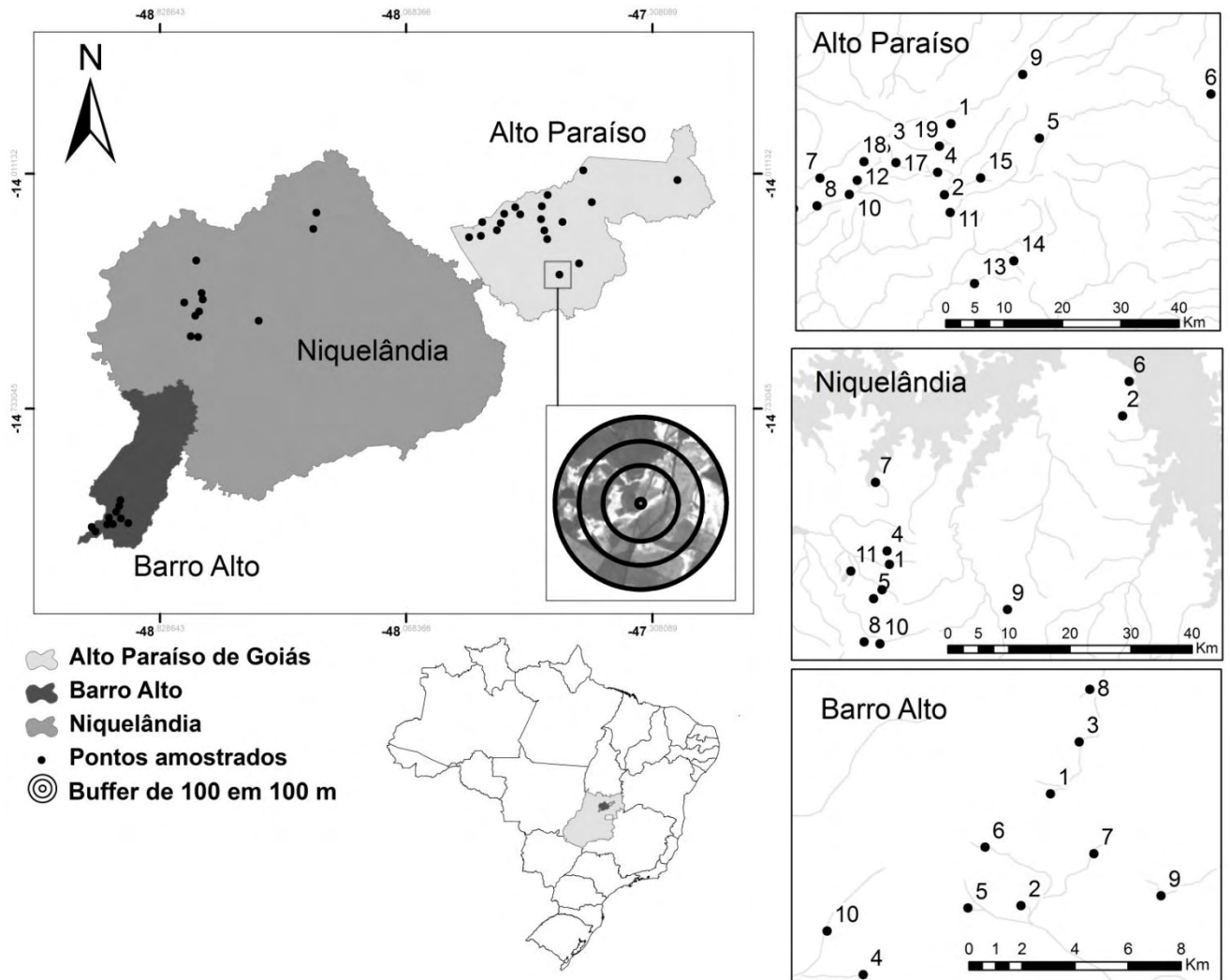


Fig. 1 Municípios e pontos de coleta de espécies de Odonata no Estado de Goiás, Brasil.

**Tabela 1** Localização e descrição dos córregos do estado de Goiás, onde foram amostrados adultos Odonata. Os pontos de coleta estão representados com códigos: Alto Paraíso (AP), Niquelândia (NIQ) e Barro Alto (BA) seguido da numeração de cada localidade.

Local	Ambiente	Descrição	Longitude	Latitude
AP1	Campo	Campo limpo - ausência natural de mata ripária, pequenos arbustos cercando o leito do córrego e gramíneas nativas dominantes	-47.63	-14.08
AP2			-47.64	-14.19
AP3			-47.73	-14.11
NIQ1	Cerrado	Cerrado Sentido Restrito - área ripária com arbustos de altura até 3 metros e poucas árvores a cima desta altura	-48.70	-14.40
AP4			-47.65	-14.15
AP5			-47.49	-14.10
NIQ2			-48.36	-14.18
AP6			-47.23	-14.03
AP7			-47.83	-14.16
AP8			-47.84	-14.20
AP9			-47.52	-14.00
BA1			-48.96	-15.05
AP10			-47.79	-14.19
AP11	Mata	Mata Ciliar - árvores com altura superior a 3m	-47.63	-14.21
AP12			-47.78	-14.16
NIQ3			-48.71	-14.43
NIQ4			-48.70	-14.38
NIQ5			-48.72	-14.45
NIQ6			-48.35	-14.13
BA2			-48.97	-15.09
BA3			-48.95	-15.03
BA4	Mineração	Áreas de cerrado sentido restrito que estão sendo mineradas, vegetação restante em torno de 5m do leito do córrego	-49.03	-15.11
BA5			-48.99	-15.09
AP13	Pasto	Pastagens para gado com mata ciliar pouco preservada e muitas vezes ausente	-47.60	-14.32
AP14			-47.53	-14.29
AP15			-47.59	-14.16
NIQ7			-48.72	-14.28
AP16			-47.87	-14.21
NIQ8			-48.73	-14.51
NIQ9			-48.52	-14.46
NIQ10			-48.71	-14.51
BA6			-48.99	-15.07
BA7			-48.95	-15.07
BA8			-48.95	-15.02
AP17	Vereda	Vereda, córregos rasos com muitos braços, presença de Buriti	-47.72	-14.14
AP18			-47.77	-14.13
AP19			-47.65	-14.11
BA9			-48.93	-15.09
BA10			-49.04	-15.10
NIQ11	-48.75	-14.41		

### *Coleta de material Biológico*

A metodologia de levantamento da comunidade de Odonata foi baseada em um método de varredura com áreas fixas (Ferreira-Peruquetti & De Marco 2002; Silva *et al.* 2010; Juen & De Marco 2011). A amostragem consiste 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. As coletas foram realizadas no período de seca, em temperaturas acima de 19 °C, pois abaixo dessa temperatura muitas espécies de Odonata diminuem sua atividade (May 1976; May 1991; De Marco & Resende 2002). Os 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 os indivíduos da subordem Zygoptera e 48 a 72 horas para aqueles da subordem Anisoptera. Após a secagem, por evaporação, os indivíduos foram acondicionados em envelopes plásticos sobre papel cartão e depositados como material testemunho na coleção. A identificação do material foi realizada com auxílio de literatura específica (Heckman, 2008; Lencioni, 2005; Lencioni, 2006) e comparação com a coleção de referência do Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese (LETS-UFG), mesmo local de depósito dos indivíduos.

### *Dados ambientais e de paisagem*

Para avaliar as diferentes escalas de resposta e gerar as informações relativas à variação espacial da paisagem foram utilizadas imagens geradas no

período do estudo a partir do satélite Landsat TM (julho de 2008) cuja resolução espacial é de 30 x 30 m e tem 7 bandas espectrais. Foi realizada a composição colorida baseada nas bandas TM5, TM4 e TM3, a técnica de registro utilizada foi a reamostragem de convolução cúbica dos “pixels” de cada cena, baseada no mosaico Landsat georreferenciado Geocover da NASA. A partir do processamento da imagem foi extraído o NDVI - *Normalised Difference Vegetation Index* calculado, um índice da presença e da atividade fotossintética da vegetação verde e que está relacionado com a biomassa e percentagem de cobertura do solo (Lillesand & Kiefer 2000). Para o cálculo do NDVI é utilizada a seguinte equação:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Sendo: *NIR* é a energia refletida na região do infravermelho próximo (banda 4), e *R* é a energia refletida na região do vermelho (banda 3) do espectro eletromagnético. Os valores de NDVI variam entre -1 e 1, as áreas sem cobertura vegetal com presença de água, rochas e solo exposto apresentam valores negativos próximos a -1.

Foram construídos 20 múltiplos buffers de 100 em 100m em torno dos pontos amostrais, sendo a menor de 100, e a maior de 2000m. A partir de cada *buffer* foram calculados dois descritores da paisagem: cobertura vegetal ou complexidade estrutural calculado através da média do NDVI com a tendência central do índice de vegetação e a heterogeneidade da paisagem calculado através do desvio padrão do NDVI (Pearman 2002; Chust *et al.* 2003). Para

diminuir os efeitos indesejados da multicolineariedade não foram utilizados pontos amostrais que apresentassem sobreposição entre os *buffers*.

#### *Análise de dados*

Há várias formas de se calcular a diversidade beta (Wilson & Shmida 1984; Harrison *et al.* 1992; Baselga 2010) tanto a partir de dados quantitativos de abundância relativa das espécies quanto a partir de dados qualitativos com dados de presença e ausência das espécies. Inicialmente foi usado o índice quantitativo de Chao que mede o grau das diferenças na composição de espécie, e é calculado com a abundância relativa total das espécies em cada área amostrada. O índice quantitativo é considerado melhor estimador de diversidade beta, porque é independente da riqueza de espécies, além de ser um estimador mais acurado mesmo com um pequeno número de amostras (Chao *et al.* 2005). A média da dissimilaridade de cada ponto em relação a todos os outros foi usada como uma medida de diversidade beta. O índice é assim definido:

$$L_{abd} = \frac{2UV}{U + V}$$

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

A diversidade beta (calculada com índice de Chao) foi utilizada para o cálculo da influência dos descritores da paisagem na composição de espécies (riqueza e diversidade) de Zygotera e Anisoptera, em diferentes extensões. Estas relações foram testadas através de Regressão Linear Simples.

Outra maneira de se calcular a diversidade Beta é através de estimadores qualitativos, que utilizam dados de presença e ausência, mas apresentam a desvantagem de serem fortemente influenciados pela riqueza de espécies. Apesar disso, essa abordagem permite diferenciar os fenômenos de substituição e aninhamento e foi utilizada para avaliar a importância desses componentes entre as fisionomias e entre as três regiões coletadas. Utilizamos o índice de Sorensen que apresenta dois componentes complementares: a substituição (calculado com o índice de Simpson) e o aninhamento (mensurado através da diferença entre o índice de Sorensen e de Simpson) (Baselga 2010) apresentados na equação abaixo:

$$\beta_{nes} = \beta_{sor} - \beta_{sim} = \frac{b + c}{2a + b + c} - \frac{\min(b, c)}{a + \min(b, c)}$$

Na qual  $a$  representa o número de espécies em comum entre os dois pontos,  $b$  é o número de espécies que ocorre somente no primeiro ponto,  $c$  é o número de espécies que ocorre apenas no segundo ponto.

Como os dois componentes da diversidade beta (substituição e aninhamento) são complementares, as comparações estatísticas foram feitas apenas com um deles. Diferenças na diversidade beta devido ao aninhamento entre as fisionomias amostradas foram analisadas através de Análise de Variância simples (ANOVA). Para verificar se há diferença entre a diversidade beta e sua variação devido ao aninhamento entre Anisoptera e Zygoptera foi feito um teste de Student pareado, entre os pontos onde ocorreram Anisoptera e Zygoptera, simultaneamente.

## Resultados

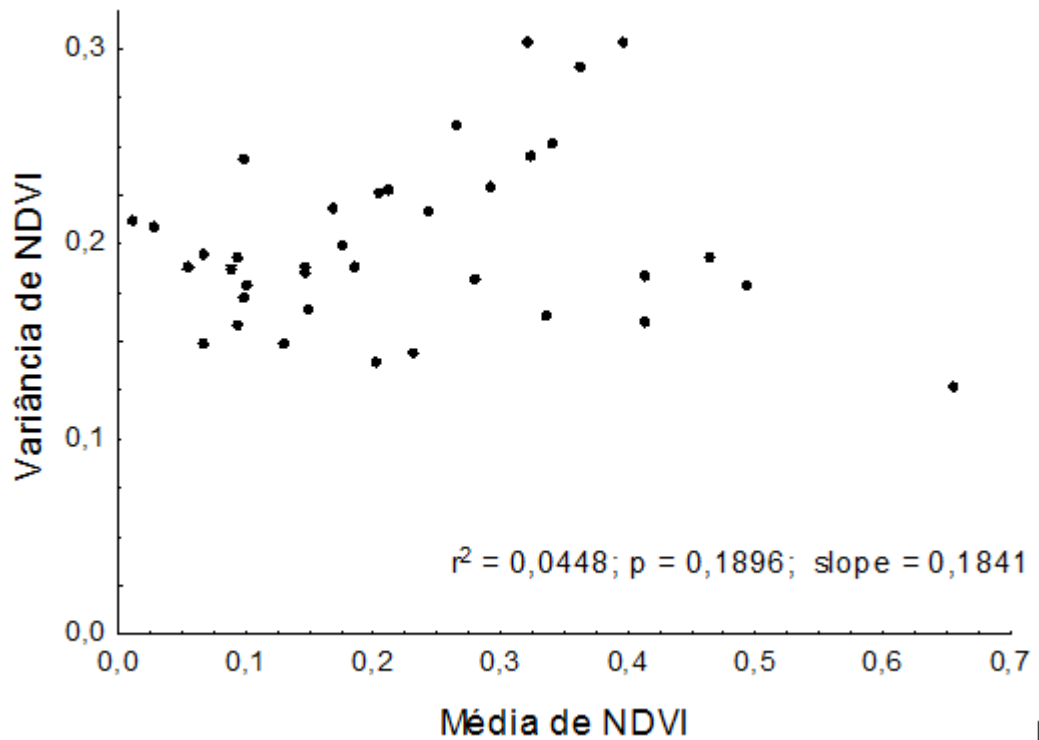
### *Descrição da comunidade de Odonata*

Grande parte da comunidade de Odonata coletadas nas diferentes fisionomias do Cerrado pertence à subordem Zygoptera, aproximadamente 90% das ocorrências registradas. Foram amostradas 40 espécies sendo o gênero *Argia* o que apresentou a maior riqueza, com oito representantes coletados, seguido dos gêneros *Acanthagrion* e *Oxyagrion*, cada um com 6 espécies. Grande parte da comunidade ocorreu em poucos córregos e a riqueza não se apresentou muito alta sendo em média 4 espécies e chegando a um máximo de 9 espécies coletadas em um único ponto amostral. *Argiamollis* e *Aargia smithiana* destacaram-se por estarem presentes em 37% dos pontos amostrados, a espécie *Hetaerina rosea* também se destacou pela presença em 32% pontos.

Entre os Anisoptera somente oito espécies foram amostradas em apenas 16 dos 40 córregos amostrados. A riqueza máxima coletada num único ponto foi de 3 espécies. O gênero *Erythrodiplax* se destacou por apresentar duas espécies com maior ocorrência: *Erythrodiplax fusca* encontrada em metade destes pontos e *Erythrodiplax juliana* presente em 30% destes.

### *Escala espacial e descritores da paisagem derivados do NDVI*

A heterogeneidade (desvio padrão de NDVI) e a complexidade (média de NDVI) da paisagem não apresentaram correlação (Fig. 2) explicitando o fato de que a informação que trazem sobre a estrutura da vegetação nas paisagens estudadas é independente.

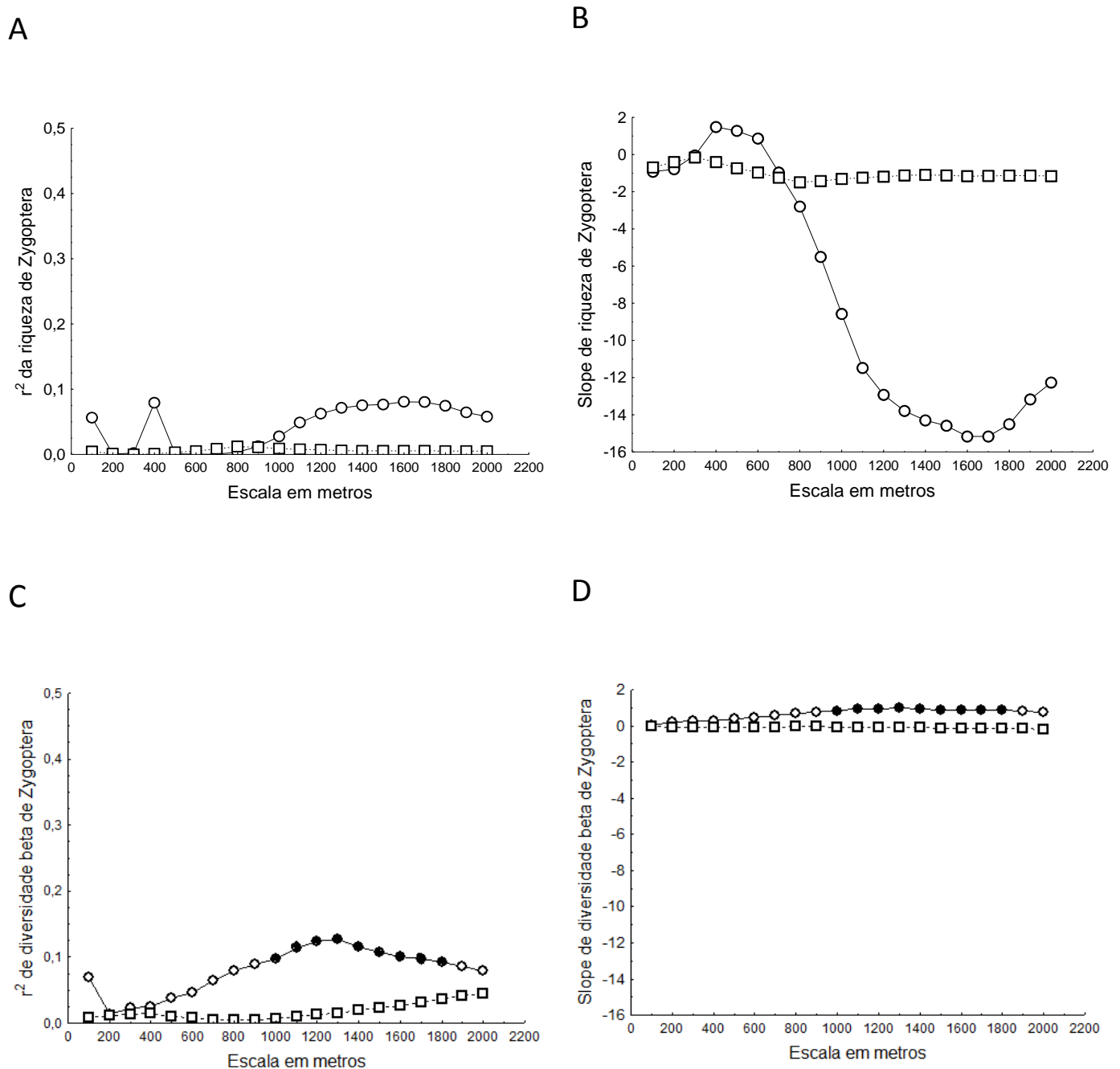


**Fig. 2** Correlação entre a variância e a média de NDVI num raio de 1200m ao redor dos 40 pontos amostrados.

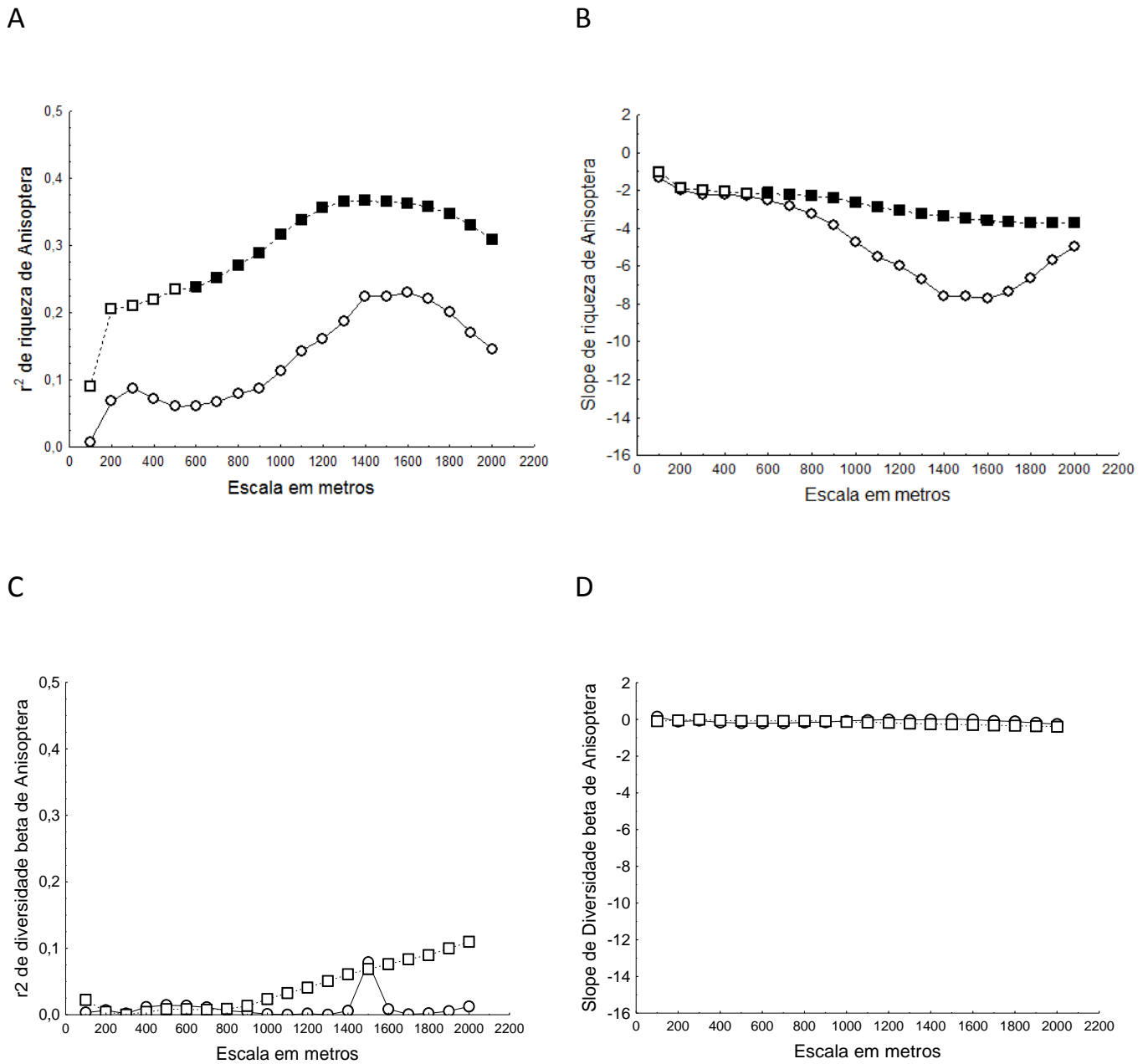
A riqueza da comunidade de Zygoptera não foi afetada pela heterogeneidade ou pela complexidade vegetal em nenhuma das escalas testadas (Fig. 3A e B). A Diversidade beta de Zygoptera apresentou uma explicação de 9 a 12% de sua variação em resposta a variação de heterogeneidade ambiental (Fig. 3 C), com uma inclinação da reta com valores próximos de 1 (Fig. 3 D). Esta resposta ocorreu no intervalo de distância de 1000 a 1800 metros ao redor do ponto amostral.

A riqueza de Anisoptera apresentou resposta negativa para complexidade e variou de -2 a -4 (Fig. 4 D) em uma distância acima de 600m, sendo que sua maior proporção de explicação foi de 36% (Fig. 4 C) em uma faixa de distância entre 1300 a 1600m. Não houve resposta da riqueza (da

comunidade de Anisoptera para heterogeneidade ambiental Fig. 4 A e B), o mesmo ocorreu com diversidade beta para os dois descritores da paisagem.



**Fig. 3.** Correlação de riqueza e diversidade beta (Índice quantitativo de Chao) de Zygoptera (Odonata) em diferentes escalas geográficas em relação aos descritores ambientais. O símbolo quadrado □ significa cobertura vegetal calculada com a média do NDVI e o círculo ○ representa heterogeneidade ambiental calculada com o desvio padrão do NDVI. Símbolos preenchidos ● ■ representam correlação significativa ( $p < 0.05$ ), nos eixos estão representados o poder de explicação ( $r^2$ ) e a inclinação da reta de correlação (*slope*) e escala geográfica mensurada a cada 100m. Dados coletados em córregos ao norte do estado de Goiás.



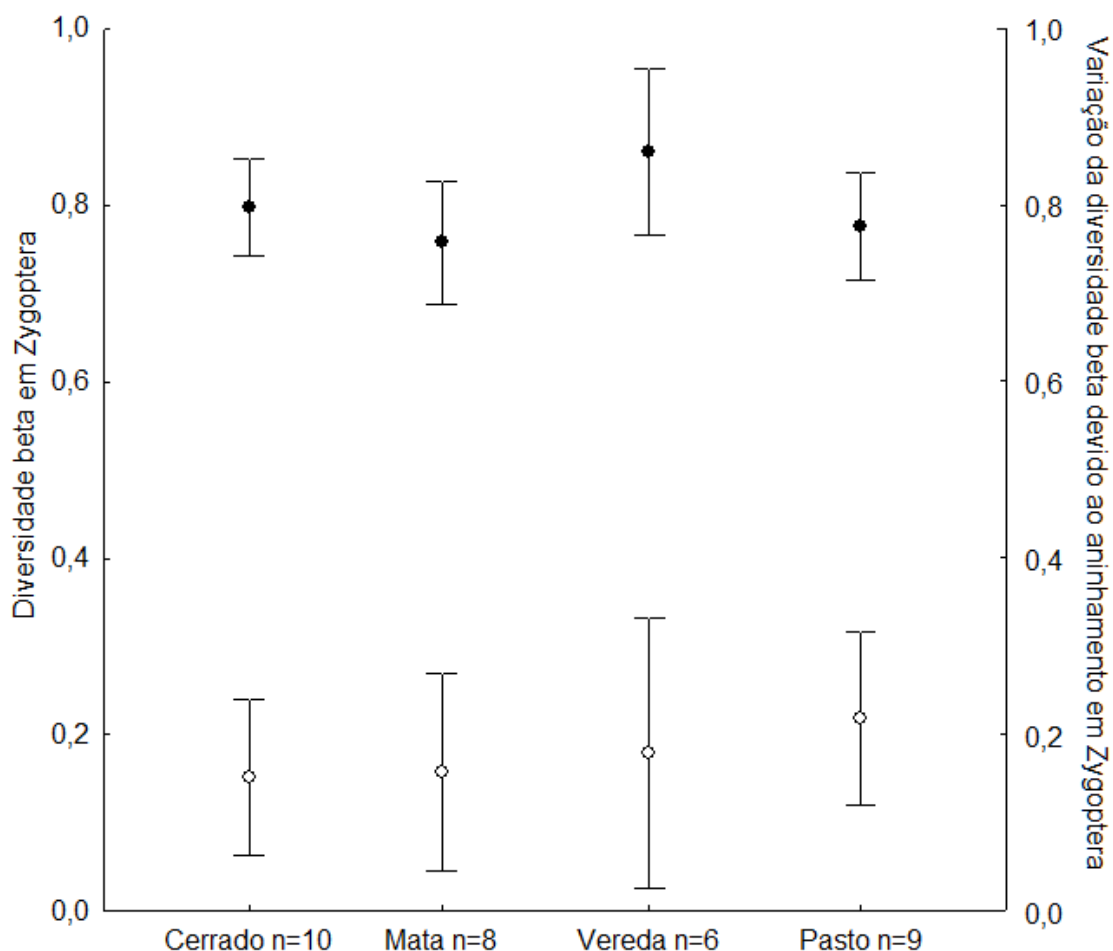
**Fig. 4.** Correlação de riqueza e diversidade beta (Índice quantitativo de Chao) de Anisoptera (Odonata) em diferentes escalas geográficas em relação aos descritores ambientais. O símbolo quadrado  $\square$  significa cobertura vegetal calculada com a média do NDVI e o círculo  $\circ$  representa heterogeneidade ambiental calculada com o desvio padrão do NDVI. Símbolos preenchidos  $\bullet$   $\blacksquare$  representam correlação significativa ( $p < 0.05$ ), nos eixos estão representados o poder de explicação ( $r^2$ ) e a inclinação da reta de correlação (*slope*) e escala geográfica mensurada a cada 100m. Dados coletados em córregos ao norte do estado de Goiás.

### *Diversidade beta - substituição e aninhamento*

A comunidade de Anisoptera foi representada por poucos indivíduos e por poucas espécies coletadas em cada ponto, no máximo 3 espécies. Não foram coletados indivíduos nas áreas de mineração. A baixa representatividade destes animais não permitiu o cálculo da diversidade beta e de sua variação devido ao aninhamento entre as fisionomias.

A comunidade de Zygoptera foi representada em todas as fisionomias coletadas, porém mineração (com apenas dois pontos amostrais) e campo (com três pontos amostrais) foram retiradas da análise por fisionomias. Os dados qualitativos mostram que a comunidade de Zygoptera não apresentou uma diferenciação maior entre as fitofisionomias (ANOVA  $F_{3,120}=1,09$ ;  $p=0.35$ ). Os valores de diversidade beta (Sorensen) foram bastante altos variando entre 0,7 e 0,9 (Fig. 4).

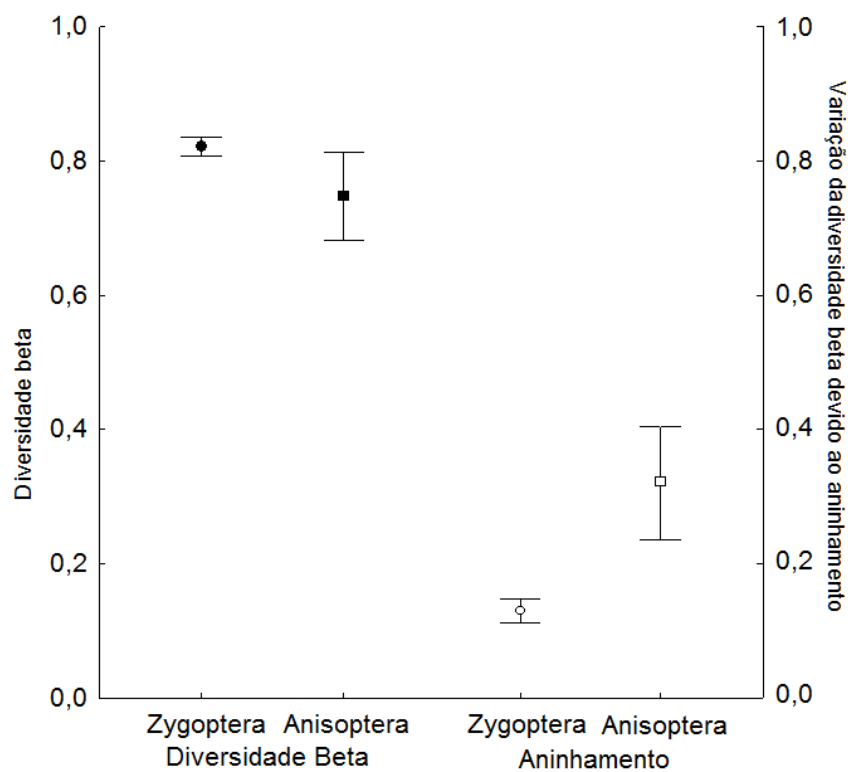
A diversidade beta é composta por dois fenômenos complementares o aninhamento e a substituição. Por este motivo apenas os dados de aninhamento (Fig. 4 e 5) foram descritos para demonstrar a parcela de contribuição de cada um destes fenômenos. A comunidade de Zygoptera apresentou menos de 30% de influência de aninhamento (Fig. 4).



**Fig.4** Média e variância da diversidade beta, ● símbolo preenchido, dentro de cada fisionomia ponto a ponto, calculada através do índice qualitativo de Sorensen. Parcela de aninhamento (diferença entre o índice de Sorensen e de Simpson), ○ representada por símbolos vazios, que compõe a diversidade beta Zygoptera (Odonata) de forma complementar a substituição em córregos do estado de Goiás cercados de diferentes fisionomias. Intervalo de confiança de 95%. ANOVA de diversidade beta  $F_{3,120}=1.09$ ;  $p=0.35$ ; ANOVA da variação causada por aninhamento  $F_{3,120}=0.37$ ;  $p=0.77$

Os 16 pontos em que foram registradas a ocorrência concomitante das duas subordens sem a distinção de fitofisionomias, foram comparados através do teste T pareado. Não foi detectada nenhuma diferença entre os valores de diversidade beta ( $T=1,60$ ;  $Df= 104$ ;  $p=0.11$ ) para Anisoptera (Média=0.77; Desvio padrão=0.35) e Zygoptera (Média=0.82; Desvio Padrão=0.19) (Fig.6 ). Porém os processos que geram esta diversidade (Fig.6 ) ocorrem com intensidade diferenciada: a tendência de substituição na comunidade de Zygoptera é clara (Média=0.08; Desvio padrão=0.18) e se diferencia da

comunidade de Anisoptera que também apresentou uma tendência de substituição (Média=0.28; Desvio Padrão= 0.45; T=-4,4; p<0.001).



**Fig.6** Média e desvio padrão da diversidade beta, símbolos preenchidos, para as subordens de Odonata Zygotera, representada por círculo, e Anisoptera representada por quadrado. Parcela de aninhamento (diferença entre o índice de Sorensen e de Simpson) que compõe a diversidade beta, representada por símbolos vazios, coletados em 16 córregos com os quais foi possível fazer o teste T pareado. Intervalo de confiança de 95%.

## Discussão

### *Escala espacial e descritores da paisagem derivados do NDVI*

Os organismos são afetados pelas características do elemento de paisagem no qual estão inseridos e também pela característica dos elementos circundantes (Graham & BlakeJ.G 2001). Esta influência se torna ainda mais evidente quando tratamos de organismos que apresentam em seu ciclo de vida duas fases com requerimentos encontrados em mais de um elemento da paisagem (Debinski *et al.* 2001), como é o caso de Odonata. Escalas espaciais muito restritas, de poucos metros, por exemplo, podem não apresentar a variação ambiental necessária para observar o processo ecológico de substituição de espécies. Para determinar esta relação são necessários dados obtidos em escalas mais amplas. Devido à dificuldade em se determinar a melhor escala de trabalho o ideal é utilizar estudos empíricos com múltiplas escalas para aumentar a confiabilidade dos resultados (Koleff & Gaston 2002), infelizmente trabalhos utilizando múltiplas escalas são raros (Chust *et al.* 2004; Koleff & Gaston 2002; Loreau 2000).

Apesar da forte influência que as características ambientais exercem sobre a comunidade de Odonata, tanto em relação ao tipo de vegetação presente que interfere em sua capacidade de termorregulação diferenciada (Corbet & May 2008; De Marco & Resende 2002) quanto por especificidades de habitat e oviposição (Corbet 1980), os descritores de NDVI mostram baixa capacidade preditiva com base nos valores de proporção da variação explicada tanto para as variações de riqueza quanto de diversidade beta do grupo. Este resultado se repetiu em todas as escalas tanto para Anisoptera que apresentou

a riqueza com uma fraca correlação negativa à complexidade; quanto para Zygoptera que também apresentou uma fraca correlação com a heterogeneidade. No entanto, as relações positivas de diversidade beta de Zygoptera e negativas de riqueza de Anisoptera com a estrutura da vegetação revelam aspectos importantes da dinâmica espacial desses dois grupos:

A diversidade beta de Zygoptera aumenta com a heterogeneidade ambiental isto deve ocorrer em função das diferentes estratégias de termorregulação apresentadas pelo grupo e da estreita relação com áreas sombreadas. A maior parte dessas espécies em ambientes tropicais é associada às áreas sombreadas, pois apresentam uma alta razão entre a superfície e o volume corporais que as tornam vulneráveis ao superaquecimento pela exposição constante à irradiação solar e à perda excessiva de água (Paulson 2006; Juen & De Marco 2011). Nesse caso, áreas abertas podem ser barreiras de difícil transposição para os indivíduos do grupo (Paulson 2006). Além disso, o calor de convecção e de irradiação afeta de modo diferente cada espécie levando à classificação de dois subgrupos dentre as espécies pousadoras: as conformadoras termais (transferência de calor por convecção determina a variação da temperatura corpórea) e as heliotérmicas (temperatura regulada por contato direto com a irradiação solar) (May 1976). Áreas heterogêneas apresentam vários tipos de cobertura vegetal, com níveis de sombreamento diferenciados permitindo o estabelecimento de libélulas com diferentes estratégias de termoregulação na mesma área.

Como exemplo podemos citar as espécies heliotérmicas *Hetaerina rosea* e *Argia reclusa* comumente encontradas defendendo território em córregos do Cerrado em locais próximos de mata mas que apresentem uma grande entrada

de luz solar. Neste trabalho elas foram amostradas ao longo dos córregos em clareiras ou alargamento do corpo d'água que permitiam a entrada de luz dentro da mata; e em locais com mudança natural de vegetação florestal para arbustiva ou campestre e em ambientes antropizados com retirada parcial da mata ripária. Outras espécies são mais limitadas à ambientes sombreados como *Perilestes solutus* coletado neste trabalho e os representantes do gênero *Heteragrion* que além da vegetação ripária com sombreamento necessitam de outras características específicas como correnteza moderada (Gonzalez-Soriano *et al.* 1982) e aglomerados de raízes ou galhos na superfície da água (Loyola, dados não publicados).

Estas características de Zygoptera evidenciam a grande importância da manutenção das áreas florestadas naturais próximas aos corpos água para a manutenção da comunidade deste grupo. De forma geral a ordem Odonata tem dependência direta da água no estágio larval, assim como na fase adulta, pois os adultos alados também estão associados a ambientes aquáticos devido ao comportamento reprodutivo (Corbet 1999). Maior parte dos machos adultos é territorial defendendo áreas próximas ao corpo d'água, já as fêmeas adultas se afastam em busca de alimentos. Espera-se que grande parte da dispersão das espécies seja realizada pelas fêmeas (Corbet 1952) que buscam novamente o ambiente aquático para a reprodução. Como esta subordem de Zygoptera apresenta mobilidade limitada e grande especificidade de habitat a manutenção da comunidade e a colonização de outras áreas somente será realizada com a presença de fragmentos florestados muito próximos uns dos outros.

Ao contrário, grande parte da comunidade de Anisoptera é formada por espécies consideradas voadoras com grande mobilidade. Este grupo também

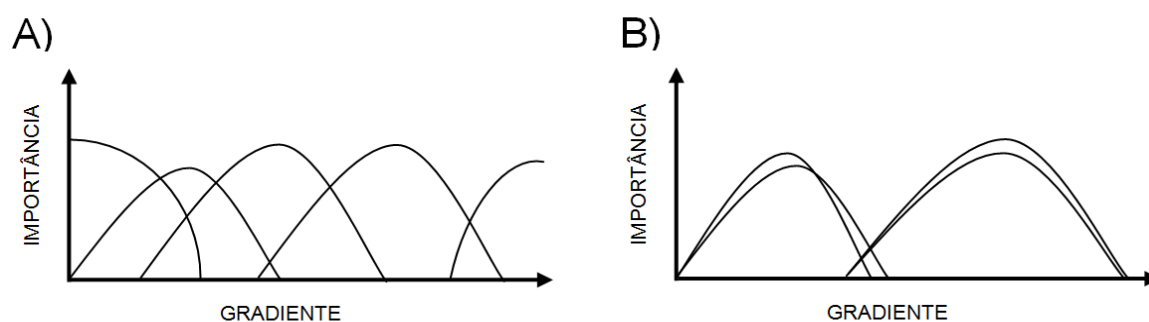
utiliza a exposição ao sol para termorregulação, mas são menos dependentes das variações diárias da intensidade solar por apresentar uma menor relação superfície corporal e volume com menor perda de calor e água para o ambiente (May 1976). São animais com menos restrições ambientais e mais generalistas com ocorrência preferencial em áreas abertas assim como as espécies *Erythrodiplax fusca* e *Erythrodiplax Juliana* (Libellulidae) coletadas neste trabalho em córregos cercados de cerrado sentido restrito, campo natural ou pastagens. A relação de riqueza de Anisoptera negativa em relação à complexidade sugere a importância de áreas com vegetação aberta ou campos para a estruturação da dinâmica espacial deste grupo.

A análise de múltiplas dimensões geográficas também mostrou resposta de diversidade beta da comunidade de Zygoptera a uma distância superior a 1000m. As características de menor mobilidade (Conrad *et al.* 1999; Watts *et al.* 2006) e maior especificidade de Zygoptera vem sendo estudadas e já se tornaram diferenças ecofisiológicas reconhecidas na literatura, mas estudos ecológicos ainda vem sendo realizados com a intenção de melhor compreender sua implicação na estruturação das comunidades de Odonata (Corbet 1999; Juen & De Marco 2011; Corbet & May 2008). Devido a estas características era esperado que a resposta destas espécies se concentrasse em uma escala menor que a escala de resposta de Anisoptera (generalista de maior capacidade de dispersão). Porém os resultados encontrados foram opostos ao esperado e a escala de resposta de Anisoptera foi menor com relações encontradas acima de 600m, uma diferença de 400m em relação a Zygoptera. Uma possível explicação para este fato é a conformação vegetacional do Cerrado onde predominam formações savânicas com grande entrada de luz

solar. Mesmo as vegetações florestais comumente encontradas ao redor dos corpos d'água (Mata de galeria e mata ciliar) dificilmente ultrapassam o comprimento de 100m. Esta predominância de áreas abertas pode explicar uma diminuição da escala de resposta de Anisoptera em relação à complexidade vegetal. Agora, com parte do mecanismo de resposta melhor compreendido, é possível orientar as futuras pesquisas com Odonata em escala de paisagem para observarem os dados de cobertura vegetal a uma distância de até 1500m ao redor das áreas de coleta influenciando a riqueza e diversidade beta da comunidade.

#### *Diversidade beta - substituição e aninhamento*

O aninhamento pode ser causado por dois mecanismos diferentes: um gradiente de qualidade de habitat (heterogeneidade, complexidade, antropização) ou um gradiente de características intrínsecas das espécies (tolerância, capacidade de dispersão) (Hylander *et al.* 2005; Kadoya *et al.* 2008; Driscoll 2008) . A substituição pode ser explicada como uma mudança gradual na composição de espécies pela existência de picos de abundância de cada espécie, presentes em ótimos ambientais que estivessem distribuídos randomicamente ao longo de um ambiente complexo, sem evidências de uma associação clara entre espécies (Whittaker 1951; Collins 1993) (Fig. 7A); ou por uma série de grupos de espécies intimamente associadas nas quais não há sobreposição dos grupos ao longo do gradiente ambiental (Clements 1936; Collins 1993) (Fig. 7B) este padrão é chamado de empacotamento (Lewinsohn *et al.* 2006).



**Fig. 7** Modelo de substituição de espécies ao longo de um gradiente ambiental de acordo com: A) distribuição randômica de picos de ótimos das espécies B) grupos de espécies intimamente associadas com grupos não sobrepostos.

Os animais com menor mobilidade tendem a responder com mais força mesmo para as menores variações ambientais e apresentariam a tendência de terem suas comunidades estruturadas através de substituição de espécies ao longo de uma paisagem, pois cada pequena alteração percebida poderia não ser tolerada (Crist *et al.* 1992; Chust *et al.* 2004). De maneira contrária animais com maior mobilidade apresentariam maior influencia do aninhamento (desagregação ou extinção gradativa de espécies da comunidade (Atmar & Patterson 1993). Essa estrutura teórica foi suportada pelos resultados desse estudo com uma maior intensidade da substituição na estruturação da comunidade de Zygoptera do que Anisoptera.

Apesar da variação de mobilidade dentro do grupo Odonata (Samejima & Tsubaki 2010; Rundle *et al.* 2007; Flenner & Sahlen 2008) ser amplamente reconhecida na literatura raramente há uma diferenciação explícita entre as subordens – Zygoptera e Anisoptera – na investigação deste processo. Outros estudos que utilizaram metodologia específica apenas para a identificação do processo de aninhamento detectaram este padrão na comunidade de Odonata tanto em suas larvas (Sahlen & Ekestubbe 2001) como em adultos de

diferentes regiões: praias nos Estados Unidos (Craig *et al.* 2008) rios e lagos na Europa (Sahlen & Ekestubbe 2001; Flenner & Sahlen 2008) e áreas de cultivo alagadas no Japão (Kadoya *et al.* 2004). As áreas estudadas nesses estudos apresentavam pouca cobertura vegetal e foram realizadas em ambiente aquático lântico. Essas duas características favorecem a presença de espécies de maior tamanho corporal como Anisoptera e uma estruturação baseada em aninhamento devido à maior capacidade de dispersão das espécies componentes. De fato na comunidade estudada por Kadoya e Suda (2004) foram encontradas 35% de espécies de Zygoptera, Sahlen & Ekestubbe (2001) encontraram 31% e Craig *et al.* (2008) apenas 21%, enquanto no presente estudo 84% das espécies coletadas foram de Zygoptera. Assim, a maior predominância de Anisoptera suporta as predições apresentadas nesse trabalho. Nos sistemas tropicais, a maior quantidade de espécies de menor tamanho corporal, mais dependentes de áreas sombreadas e com menor capacidade de dispersão deve favorecer comunidades estruturadas pela substituição.

O esclarecimento do padrão geral de distribuição do grupo Odonata pode ser melhor orientado a partir destes resultados, tanto por evidenciarem a grande importância da investigação concomitante das duas subordens, quanto pela utilização da estrutura teórica de aninhamento e substituição como processos opostos e complementares; que se mostrou útil para a evidência dos processos que estruturam a comunidade de Odonata.

## Referências

- Atmar W and Patterson BD (1993) The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia* (Berlin) 96:373-382.
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19:134-143.
- Bawa K, Rose J, Ganeshiah KN *et al.* (2002) Assessing biodiversity from space: an example from the Western Ghats, India. *Conservation Ecology* 6.
- Bell SS, McCoy ED and Mushinsky HR. (1991) *Habitat Structure*. Chapman and Hall, London.
- Bilton DT, McAbendroth L, Bedford A and Ramsay PM (2006) How wide to cast the net? Cross-taxon congruence of species richness, community similarity and indicator taxa in ponds. *Freshw Biol* 51:578-590.
- Chao A, Chazdon RL, Colwell RK and Shen TJ (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecol Letters* 8:148-159.
- Chust G, Pretus JL, Ducrot D, Bedos A and Deharveng L (2003) Identification of landscape units from an insect perspective. *Ecography* 26:257-268.
- Chust G, Pretus JL, Ducrot D and Ventura D (2004) Scale dependency of insect assemblages in response to landscape pattern. *Landscape Ecology* 19:41-57.
- Clements FE (1936) Nature and structure of the climax. *J Ecology* 24:252-284.
- Collins SL, Glenn SM and Roberts DW (1993) The Hierarchical Continuum Concept. *Journal of Vegetation Science* 4:149-156.
- Conrad KF, Willson KH, Harvey IV, Thomas CJ and Sherratt TN (1999) Dispersal characteristics of seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography* 22: 524-531. *Ecography* 22:524-531.
- Conrad KF, Willson KH, Whitfield K *et al.* (2002) Characteristics of dispersing *Ischnura elegans* and *Coenagrion puella* (Odonata): age, sex, size, morph and ectoparasitism. *Ecography* 25:439-445.
- Corbet PS (1952) An Adult Population Study of *Pyrrhosoma-Nymphula* (Sulzer) - (Odonata, Coenagrionidae). *J Anim Ecol* 21:206-222.
- Corbet PS (1980) *Biology of Odonata*. *Annu Rev Ent* 25:189-217.
- Corbet PS. (1999) *Dragonflies: behavior and ecology of Odonata*. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, NY, p.-829.

- Corbet PS (2001) Book Review. Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata. *Freshw Biol* 46:141-143.
- Corbet PS and May ML (2008) Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology* 11:155-171.
- Craig CN, Reece BA and McIntyre NE (2008) Nestedness in Playa Odonates As A Function of Area and Surrounding Land-Use. *Wetlands* 28:995-1003.
- Crist TO, Guertin DS, Wiens JA and Milne BT (1992) Animal Movement in Heterogeneous Landscapes - An Experiment with *Eleodes* Beetles in Shortgrass Prairie. *Func ecol* 6:536-544.
- De Marco P and Resende DC (2002) Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica* 31:129-138.
- Débarre F and Gandon S (2010) Evolution of specialization in a spatially continuous environment. *Journal Evolutionary Biology*:1090-1099.
- Debinski DM, Ray C and Saveraid EH (2001) Species diversity and the scale of the landscape mosaic: do scales of movement and patch size affect diversity? *Biological Conservation* 98:179-190.
- Driscoll DA (2008) The frequency of metapopulations, metacommunities and nestedness in a fragmented landscape. *Oikos* 117:297-309.
- Ferreira-Peruquetti P and De Marco P (2002) Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Rev bras Zool* 19:317-327.
- Flenner I and Sahlen G (2008) Dragonfly community re-organisation in boreal forest lakes: rapid species turnover driven by climate change? *Insect Conservation and Diversity* 1:169-179.
- Furley PA and Ratter JA (1988) Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15:97-108.
- Gaston KJ and Blackburn TM. (2000) *Pattern and process in macroecology*. Blackwell Science Publications, Oxford, pp.1-377.
- Gonzalez-Soriano E, Novelo-Gutiérrez R and Verdugo GM (1982) Reproductive behaviour of *Palaemnema desiderata* Selys (Odonata: Platysticidae). *Adv Odonat* 1:55-62.
- Graham CH and Blake.J.G (2001) Influence of patch- and Landscape-level factors on bird assemblages in a fragmented tropical landscape. *Ecol Applic* 11:1709-1721.

- Guimarães AJM, Araújo GMd and Correa GF (2002) Phytosociological structure of natural and disturbed palm swampy vegetation near Uberlândia, MG. *Acta Botanica Brasilica* 16:317-329.
- Harrison S, Ross SJ and Lawton JH (1992) Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J Anim Ecol* 61:151-158.
- Hylander K, Nilsson C, Jonsson BG and Gothner T (2005) Differences in habitat quality explain nestedness in a land snail meta-community. *Oikos* 108:351-361.
- Juen L and De Marco PJr.(2011) Odonate beta diversity in terra-firme forest streams in Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity* .2011.
- Kadoya T, Suda S, Nishihiro J and Washitani I (2008) Procedure for predicting the trajectory of species recovery based on the nested species pool information: Dragonflies in a wetland restoration site as a case study. *Restor Ecol* 16:397-406.
- Kadoya T, Suda S and Washitani I (2004) Dragonfly species richness on man-made ponds: effects of pond size and pond age on newly established assemblages. *Ecol Res* 19:461-467.
- Kambhampati S and Peterson AT (2007) Ecological niche conservation and differentiation in the wood-feeding cockroaches, *Cryptocercus*, in the United States. *Biological Journal of the Linnean Society* 90:457-466.
- Klink CA and Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv Biol* 19:707-713.
- Koleff P and Gaston KJ (2002) The relationships between local and regional species richness and spatial turnover. *Global Ecology and Biogeography* 11:363-375.
- Lewinsohn TM, Loyola RD and Prado PI (2006) Matrizes, redes e ordenações: a detecção de estrutura em comunidades interativas. *Oecol Brasil* 10:90-104.
- Lillesand TM and Kiefer RW. (2000) *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, New York, p.-724.
- Lomolino MV, Sax DF and Brown JH. (2004) *Foundations of biogeography: classic papers with commentaries*. University of Chicago Press, Chicago, p.-1291.
- Loreau M (2000) Are communities saturated? On the relationship between  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversity. *Ecol Letters* 3:73-76.

- Lyons SK and Willig MR (2002) Species Richness, Latitude and Scale-sensitivity. *Ecology* 83:47-58.
- MacArthur R and Levins R (1964) Competition, habitat selection and character displacement in a patchy environment. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA* 51:1207-1210.
- Magurran AE. (1988) *Ecological Diversity and its Measurement*. Cambridge University Press, London.
- May ML (1976) Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol Monogr* 46:1-32.
- May ML (1991) Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Adv Odonat* 5:71-88.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB and Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nimer E. (1979) *Climatologia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro, p.-422.
- Paulson DR. (2006) The importance of forest to Neotropical Dragonflies. *Forest and Dragonflies. Fourth WDA International Symposium of Odonatology*. Pensoft Publishers, Bulgaria, pp.79-101.
- Pearman PB (2002) The scale of community structure: Habitat variation and avian guilds in tropical forest understory. *Ecol Monogr* 72:19-39.
- Pianka ER (1966) Latitudinal gradients in species diversity. *The American Naturalist* 100:65-75.
- Pinto LVA, Davide AC, Botelho SA, Oliveira Filho ATd and Machado ELM (2005) Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Cerne* 11:294-305.
- Qian H, Ricklefs RE and White PS (2005) Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecol Letters* 8:15-22.
- Rahbek C (2005) The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecol Letters* 8:224-239.
- Ratter JA, Ribeiro JF and Bridgewater S (1997) The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.
- Remsburg AJ and Turner MG (2009) Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *Journal of the North American Benthological Society* 28:44-56.

- Ribeiro JF, Lazarini CE and Silva JCS. (2001) Cerrado: Caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Embrapa, Brasília, pp.29-899.
- Ribeiro JF and Walter BMT (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano SM and Almeida SP (eds), Cerrado Ambiente e Flora pp. 87-166. Embrapa, Planaltina D.F.
- Rodríguez MA, Belmontes JA and Hawkins BA (2005) Energy, water and large-scale patterns of reptile and amphibian species richness in Europe. *Acta Oecologica* 28:65-70.
- Romdal TS, Colwell RK and Rahbek C (2005) The influence of band sum area, domain extent, and range sizes on the latitudinal mid-domain effect. *Ecology* 86:235-244.
- Root RB (1973) Organization of a plant-arthropod association in a simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol Monogr* 43:95-124.
- Rosenzweig ML (1981) A theory of habitat selection. *Ecology* 62:327-335.
- Rosenzweig ML. (2002) *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rundle SD, Bilton DT, Abbott JC and Foggo A (2007) Range size in North American *Enallagma* damselflies correlates with wing size. *Freshw Biol* 52:471-477.
- Sahlen G and Ekestubbe K (2001) Identification of dragonflies (Odonata) as indicators of general species richness in boreal forest lakes. *Biodiversity and Conservation* 10:673-690.
- Samejima Y and Tsubaki Y (2010) Body temperature and body size affect flight performance in a damselfly. *Behavioral Ecology Sociobiology*:685-692.
- Sano SM, Almeida SP and Ribeiro JF. (2008) Cerrado: Ecologia e Flora. Embrapa Cerrados, Brasília, pp.1-406.
- Schilder RJ and Marden JH (2004) A hierarchical analysis of the scaling of force and power production by dragonfly flight motors. *J Exp Biol* 207:767-776.
- Silva DP, de Marco P and Resende DC (2010) Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecol Indic* 10:744-752.
- Tews J, Brose U, Grimm V, Schwager M and Jeltsch F (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79-92.
- Ulrich W and Gotelli J (2007) Disentangling community patterns of nestedness and species co-occurrence. *Oikos* 116:2053-2061.

Watts PC, Saccheri IJ, Kemp SJ and Thompson DJ (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.

Weber D, Hintermann U and Zangger A (2004) Scale and trends in species richness: considerations for monitoring biological diversity for political purposes. *Global Ecology and Biogeography* 13:97-104.

Whittaker RH (1951) A criticism of the plant association and climatic climax concepts. *Northwest Science*:17-31.

Whittaker RJ, Willis KJ and Field R (2001) Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *J Biogeogr* 28:453-470.

Wilson MV and Shmida A (1984) Measuring beta diversity with presence-absence data. *J Ecology*:1055-1064.

## **CAPÍTULO 3**

# **DIFERENÇAS BIONÔMICAS EM ODONATA E SUA INFLUÊNCIA NA EFICIÊNCIA DO USO DE ESPÉCIES INDICADORAS DE QUALIDADE AMBIENTAL**

Este capítulo segue as normas de  
publicação exigidas pela revista  
Ecological Indicator

# DIFERENÇAS BIONÔMICAS EM ODONATA E SUA INFLUÊNCIA NA EFICIÊNCIA DO USO DE ESPÉCIES INDICADORAS DE QUALIDADE AMBIENTAL.

## Resumo

**AUTORA:** Silvia Leitão Dutra

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Paulo De Marco Júnior

Os organismos respondem às alterações ambientais de acordo com suas características bionômicas como a mobilidade, tamanho corporal e recursos utilizados. A capacidade de dispersão em Odonata está ligada às diferenças de termoregulação e de tamanho corporal. Organismos com pouca capacidade de dispersão tendem a perceber de forma mais contundente as variações ambientais, pois são mais dependentes dos recursos encontrados ao seu redor se tornando mais especializados nestes recursos. Investigamos a eficiência das duas sub-ordens de Odonata como ferramentas de bioindicação devido as suas diferenças bionômicas, foram avaliadas as respostas de riqueza, composição e valor de indicação em diferentes ambientes lóticos de Cerrado. A variação na composição das espécies de Odonata foi eficiente para detectar impactos que atingem a vegetação ripária. As áreas impactadas apesar de manter a riqueza de espécies perderam as espécies mais específicas e raras, mantendo apenas uma comunidade de espécies generalistas. Zygoptera apresentou uma grande gama de táxons com exigências mais específicas se associando aos diferentes níveis de sombreamento, às fisionomias de Cerrado, à profundidade e integridade ambiental, e foi considerada como um grupo mais eficiente para indicação de qualidade ambiental.

**Palavras chave:** IndVal, mobilidade, bioindicador, dispersão, Anisoptera Zygoptera, especificidade, integridade ambiental, lótico.

# **BIONOMICS DIFFERENCES IN ODONATA AND ITS INFLUENCE IN THE EFFICIENCY OF THE USE OF INDICATING SPECIES OF ENVIRONMENTAL QUALITY**

## **Abstract**

**AUTHOR:** Silvia Leitão Dutra

**SUPERVISOR:** Paulo De Marco Júnior

Organisms respond to environmental changes according to their bionomic characteristics such as mobility, body size and resource preference. In Odonata dispersal ability is usually related to thermoregulation and body size differences. Organisms with low dispersal ability tend to starkly perceive environmental variations, and they are more dependent on resources found in the surroundings. We investigated the efficiency of the two Odonata sub-orders as bioindicator due to their bionomic differences. We assessed the responses of species richness, composition and bioindication values in different lotic environments of Cerrado. Odonata species composition was an efficient indicator of impacts that affect the riparian vegetation, with impacted areas maintaining species richness but lost more specific and rare species retaining only a community of generalists. Zygoptera exhibited a wide range of taxa with more specific requirements associated to different shading, depth and environmental integrity levels. The group was also considered effective in environmental quality indication.

**Keyword:** IndVal, mobility, bioindicator, dispersion, Anisoptera Zygoptera, specificity, environmental integrity, lotic.

## 1. Introdução

Uma comunidade biológica pode ser reconhecida através de seus atributos estruturais como a abundância, composição de espécies, distribuição no espaço, tamanho de indivíduos e também por seus atributos funcionais como número de guildas tróficas ou os tipos funcionais presentes (espécies ecologicamente similares com uma ou mais características morfológicas compartilhadas) (McIntyre et al., 1999). Um distúrbio pode afetar estes atributos e iniciar um processo lento e gradual de extinção de espécies, podendo atingir um limite crítico de desestruturação da comunidade que perde a capacidade de manter seus processos organizadores causando um rápido aumento nas extinções. Este processo pode ser percebido, por exemplo, em áreas fragmentadas com redução contínua de conectividade em paisagens alteradas por atividades humanas (Metzger and Decamps, 1997). O reconhecimento das respostas das espécies diante de um distúrbio é muito valioso para antever os níveis mais críticos de desestruturação numa comunidade sendo a identificação das relações das espécies com fatores ambientais específicos o primeiro passo para o uso sistemático de respostas biológicas como indicadores de qualidade ambiental (McGeoch, 2008).

As respostas às alterações ambientais também dependem de características bionômicas do grupo estudado como a mobilidade e recursos utilizados (Remsburg and Turner, 2009). Isto é mais evidente para organismos com história de vida complexa como Odonata, com forte ligação ao ambiente aquático, mas que também é afetado pela estrutura dos sistemas terrestres ao redor dos corpos d'água (Ferreira-Peruquetti and De Marco, 2002; Silva et al.,

2010). A variação de comportamento, escolha de territórios, especificidade de habitat, dentre outras características bionômicas, podem determinar a sensibilidade de uma espécie às alterações no ambiente. No caso de Odonata, a variação no comportamento permite classificar as espécies do grupo como voadoras (permanecem voando em grande parte do período de atividade) ou pousadoras (permanecem em poleiros em grande parte do seu período de atividade) (May, 1976; Corbet and May, 2008). Os voadores possuem maior tamanho corporal, são considerados endotérmicos e possivelmente menos dependentes de condições ambientais. Por outro lado, pousadores são considerados ectotérmicos, pois apresentam a temperatura corporal muito dependente da temperatura ambiental. Os pousadores são divididos em dois subgrupos: as conformadoras termais (transferência de calor por convecção determina a variação da temperatura corpórea) e as heliotérmicas (temperatura regulada por contato direto com a irradiação solar) (May, 1976). Espera-se que espécies conformadoras sejam mais dependentes de áreas florestadas com manutenção de um ambiente térmico mais estável do que para espécies heliotérmicas. Esta classificação acaba sendo uma simplificação pois o mais provável é que entre os pousadores a variação de tamanho corporal esteja associada a um contínuo comportamental (De Marco et al., 2005). Além da termoregulação a capacidade de dispersão em Odonata esta ligada às diferenças de tamanho corporal (Samejima and Tsubaki, 2010) especialmente comprimento da asas (Rundle et al. 2007) e tamanho do tórax com a presença de uma musculatura complexa e robusta (Rundle et al. 2007; Schilder & Marden 2004) que favorece a habilidade de voo e dispersão dos indivíduos.

A capacidade de dispersão neste grupo também já foi associada à capacidade de responder às alterações de habitat (Rouquette and Thompson, 2007). Essa ligação é resultado de processos evolutivos que tendem a interligar várias características intrínsecas como a capacidade de tolerar as variações das condições ambientais, a especificidade na utilização de recursos, a capacidade de dispersão (MacArthur and Levins, 1964) e a capacidade de percepção das variações do ambiente (Crist et al., 1992). Organismos com pouca capacidade de dispersão tendem a perceber de forma mais contundente as variações ambientais mesmo em gradientes ambientais contínuos (Débarre and Gandon, 2010), pois são mais dependentes dos recursos encontrados ao seu redor se tornando mais especializados nestes recursos (MacArthur et al., 1964). Processo semelhante ocorre com a tolerância destes animais em relação às condições de *stress* ambiental (Driscoll, 2008).

Por estarem associadas aos mais diversos habitats aquáticos, possuírem machos territorialistas, larvas pouco móveis (Corbet, 1980) e identificação de grande parte da comunidade a nível específico as libélulas são consideradas espécies bioindicadoras (Ferreira-Peruquetti and De Marco, 2002; Ferreira-Peruquetti and Fonseca-Gessner, 2003; Smith et al., 2007), têm sido utilizadas como indicadores substitutos de diversidade de outros grupos (Sahlen and Ekestubbe, 2001; Bried et al., 2007), na avaliação da integridade de habitats (Foote and Hornung, 2005; Reece and McIntyre, 2009; Simaika and Samways, 2009), e como medida de restauração ecológica (D'Amico et al., 2004). Mas para ser considerado um bioindicador eficiente a espécie deve apresentar duas características principais: a especificidade que é a presença limitada a uma determinada característica ambiental e também a fidelidade que

é ter a presença detectada sempre que esta característica ambiental ocorrer (McGeoch et al., 2002). Estas duas características associadas a uma alta abundância e uma boa detectabilidade da espécie em campo (Makenzie and Royle, 2005) são importantes no levantamento de novas ferramentas de bioindicação.

Neste trabalho pretendemos investigar o uso de Odonata como indicadores de qualidade ambiental. Trabalhamos com a hipótese de que a riqueza da comunidade é positivamente relacionada com a integridade ambiental e que a composição de espécies é mais diferenciada em locais íntegros por possuir mais espécies raras. Também trabalhamos com a diferenciação entre as duas subordens: Anisoptera de maior tamanho corporal e maior capacidade de dispersão, portanto mais generalistas e Zygoptera de menor tamanho corporal, menor capacidade de dispersão e mais especialistas. Esperamos que a proporção de espécies de Zygoptera que se apresentam como bons indicadores seja maior que em Anisoptera. Esperamos também que Zygoptera apresente a indicação de mais tipos de descritores de habitats, por ser mais especialista, e que o tamanho médio de suas espécies seja inversamente proporcional a cobertura vegetal dos pontos amostrados, devido as suas características de termorregulação.

## 2. Metodologia

### 2.1. Local de Estudo

Os dados foram coletados na bacia hidrográfica do Rio Tocantins em três cidades do estado de Goiás: Barro Alto, Niquelândia e Alto Paraíso (Fig. 1). As duas primeiras são regiões com presença de atividade pecuária e exploração de ferro e níquel através de mineração. Já a região de Alto Paraíso é mais preservada e faz divisa com o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). As coletas nesta região se concentraram no interior e entorno do PNCV. As três cidades estão inseridas no bioma Cerrado com extensão de mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> (Klink and Machado, 2005) é considerado um “hotspot” (Myers et al., 2000) e reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade (Furley and Ratter, 1988). A região apresenta dois períodos extremamente distintos em relação à pluviometria na estação seca e chuvosa. A classificação de Köppen Aw (Cwa) (Sano et al., 2008) indica um clima com temperaturas elevadas (média anual de 25,6 °C), chuvas no verão (outubro-março) e seca no inverno (abril-setembro) (Nimer, 1979).

Algumas fitofisionomias características deste bioma (Sano et al., 2008) merecem ser destacadas pela grande relevância na região como o cerrado sentido restrito caracterizado por vegetação arbustiva com troncos retorcidos e súber espesso; as veredas ou buritizais são fitofisionomias associadas aos corpos d’água que ocorrem em geral, em áreas de nascentes (Guimarães et al., 2002), caracterizada pela presença de plantas do gênero *Mauritia* conhecidas popularmente pelo nome de Buriti; as fisionomias florestais,

conhecidas como Matas de Galeria ou Matas Ciliares, localizadas ao longo dos rios e que se originam em vales mais encaixados e com lençol freático mais rebaixado (Pinto et al., 2005).

Para melhor representatividade da comunidade de Odonata no sistema foram selecionados córregos cercados de diversos elementos que compõem a paisagem de Cerrado (Tabela 1) e com diferentes níveis de alteração. Os córregos escolhidos sempre apresentavam largura máxima de 5m inseridos nas seguintes fisionomias pré-estabelecidas (cerrado sentido restrito, mata, vereda, campo natural, pasto, mineração) de acordo com sua disponibilidade em cada uma das três regiões.

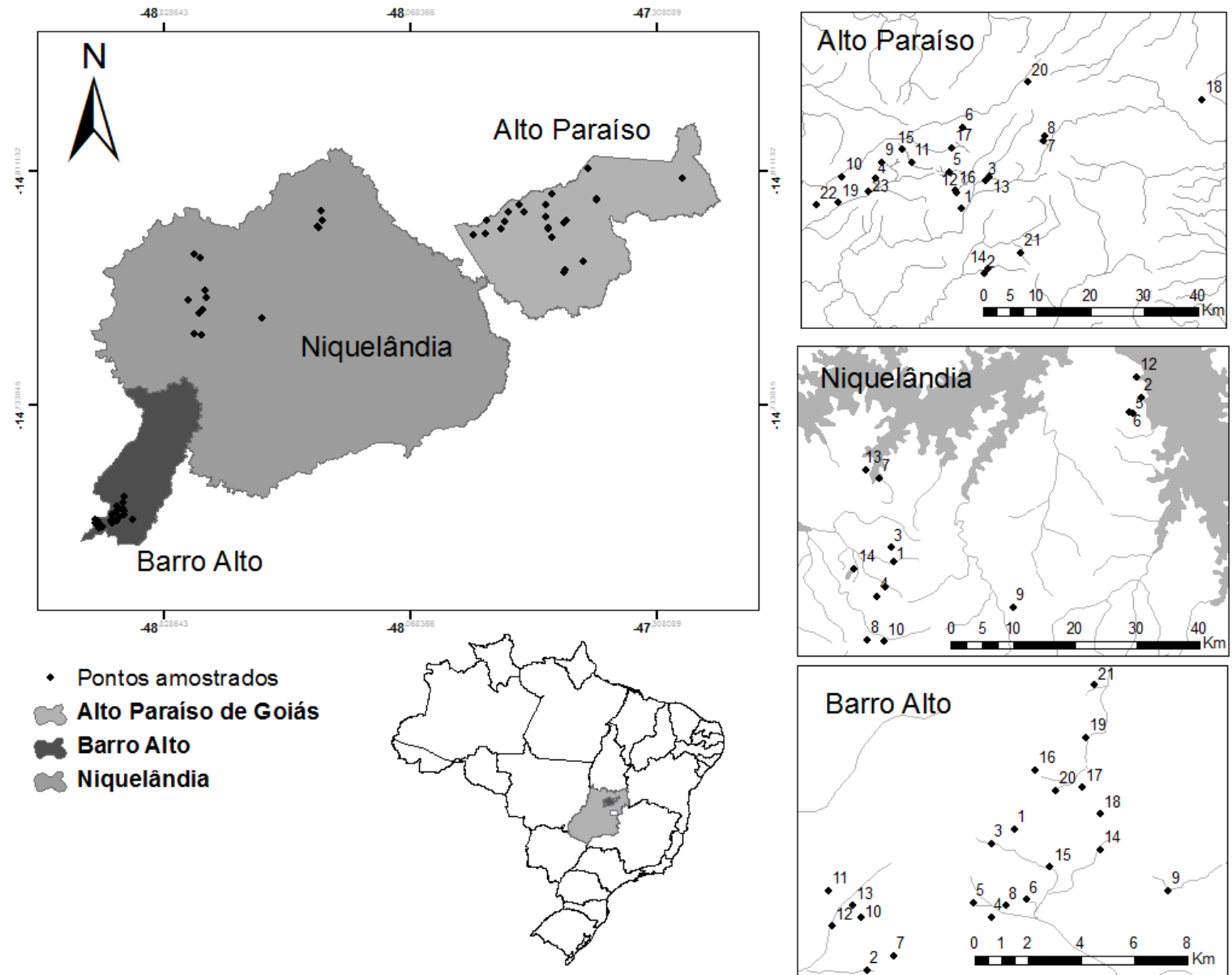


Fig. 1 Municípios e pontos de coleta de espécies de Odonata no Estado de Goiás, Brasil.

**Tabela 2**

Localização e descrição dos córregos do estado de Goiás, onde foram amostrados adultos Odonata. Os pontos de coleta estão representados com códigos: Alto Paraíso (AP), Niquelândia (NIQ) e Barro Alto (BA) seguido da numeração de cada localidade. IIF índice de integridade ambiental.

Local	IIF	Profundidade (cm)	Longitude	Latitude	Vegetação Ripária	Fisionomia
AP6	0.5	150	-47.631	-14.077	Ausente	Campo limpo - ausência natural de mata ripária, pequenos arbustos cercado o leito do córrego e gramíneas nativas dominantes
AP12	0.7	75	-47.641	-14.186	Ausente	
AP15	0.7	35	-47.732	-14.114	Ausente	
AP5	0.8	100	-47.652	-14.151	Parcial	Cerrado Sentido Restrito - Vegetação ripária presente cercada de arbustos de altura até 3 metros e poucas árvores a cima desta altura
AP7	0.8	30	-47.494	-14.092	Parcial	
AP8	0.9	50	-47.495	-14.099	Parcial	
AP10	0.9	30	-47.833	-14.160	Parcial	
AP18	0.8	80	-47.231	-14.031	Galeria	
AP19	0.8	50	-47.838	-14.203	Galeria	
AP20	0.9	100	-47.521	-14.001	Parcial	
AP23	0.8	30	-47.788	-14.185	Ausente	
N1	0.6	60	-48.697	-14.398	Galeria	
N6	0.7	20	-48.355	-14.181	Ciliar	
N5	0.6	15	-48.351	-14.184	Parcial	
BA10	0.7	40	-49.030	-15.094	Parcial	Mata - Vegetação ripária presente cercada de árvores com altura superior a 3m
BA13	0.7	80	-49.033	-15.090	Parcial	
BA17	0.6	30	-48.955	-15.050	Galeria	
BA20	0.7	60	-48.964	-15.051	Galeria	
AP1	0.8	100	-47.633	-14.213	Galeria	
AP4	0.9	30	-47.776	-14.163	Galeria	
N3	0.8	90	-48.700	-14.378	Galeria	
N4	0.8	50	-48.720	-14.448	Galeria	
N11	0.9	20	-48.708	-14.435	Galeria	
N12	0.5	60	-48.345	-14.131	Parcial	
BA4	0.6	70	-48.986	-15.094	Parcial	Vereda, córregos rasos com muitos braços, presença de Buriti
BA6	0.9	50	-48.974	-15.088	Galeria	
BA19	0.8	40	-48.954	-15.033	Galeria	
AP9	0.9	80	-47.765	-14.135	Parcial	
AP11	0.8	10	-47.716	-14.136	Galeria	
AP16	0.7	10	-47.643	-14.182	Galeria	
AP17	0.8	90	-47.649	-14.111	Galeria	
BA8	0.7	50	-48.981	-15.090	Galeria	
BA9	0.5	20	-48.926	-15.085	Galeria	
BA12	0.7	15	-49.040	-15.097	Galeria	
N14	0.6	40	-48.753	-14.408	Galeria	

**Tabela 1**  
Continuação

Local	IIF	Profundidade (cm)	Longitude	Latitude	Vegetação Ripária	Fisionomia
AP2	0.4	40	-47.595	-14.322	Parcial	Pastagens para gado com mata ciliar pouco preservada e muitas vezes ausente
AP3	0.5	150	-47.593	-14.167	Galeria	
AP13	0.7	60	-47.586	-14.160	Galeria	
AP14	0.4	30	-47.589	-14.314	Parcial	
AP21	0.6	150	-47.534	-14.287	Galeria	
AP22	0.5	45	-47.874	-14.207	Parcial	
N7	0.7	80	-48.717	-14.278	Galeria	
N8	0.4	20	-48.734	-14.511	Ciliar	
N9	0.3	20	-48.524	-14.464	Parcial	
N10	0.4	70	-48.711	-14.514	Parcial	
N2	0.5	30	-48.339	-14.161	Parcial	
N13	0.8	200	-48.736	-14.265	Parcial	
BA1	0.8	40	-48.978	-15.064	Galeria	
BA3	0.7	50	-48.986	-15.069	Galeria	
BA11	0.6	30	-49.041	-15.085	Galeria	
BA14	0.2	40	-48.949	-15.071	Ausente	
BA15	0.6	70	-48.966	-15.077	Parcial	
BA16	0.6	80	-48.971	-15.044	Galeria	
BA18	0.5	30	-48.949	-15.059	Parcial	
BA21	0.6	75	-48.951	-15.015	Galeria	
BA2	0.6	60	-49.028	-15.112	Galeria	Áreas de cerrado sentido restrito que estão sendo mineradas, vegetação restante em torno de 5m do leito do córrego
BA5	0.8	60	-48.992	-15.089	Galeria	
BA7	0.7	40	-49.019	-15.107	Parcial	

## 2.2. Coleta de material biológico

A metodologia de levantamento da comunidade de Odonata foi baseada em um método de varredura com áreas fixas (Ferreira-Peruquetti et al., 2002; Silva et al., 2010; Juen and De Marco, 2011). A amostragem consiste 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. As coletas foram realizadas no período de seca,

em temperaturas acima de 19 °C, pois abaixo dessa temperatura muitas espécies de Odonata diminuem sua atividade (May, 1976; May, 1991; De Marco and Resende, 2002). Os 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 os indivíduos da subordem Zygoptera e 48 a 72 horas para aqueles da subordem Anisoptera. Após a secagem, por evaporação, os indivíduos foram acondicionados em envelopes plásticos sobre papel cartão e depositados como material testemunho na coleção. A identificação do material foi realizada com auxílio de literatura específica (Lencioni, 2005; Lencioni, 2006; Heckman 2008), comparação com a coleção de referência do Laboratório de Ecologia Teórica e Síntese (LETS-UFG) onde foram depositados e confirmação da identificação com especialistas.

Os indivíduos de Zygoptera foram medidos com auxílio de paquímetro digital, foram tomadas as medidas de comprimento total. O peso dos indivíduos foi tomado com auxílio de uma balança de precisão Chimadzu modelo AY220.

### *2.3. Análise de dados*

A Integridade ambiental foi determinada através dos valores do Índice de Integridade Física do ambiente (IIF) (Nessimian et al., 2008). O IIF é um protocolo constituído por itens que descrevem as condições ambientais de rios e córregos avaliando características como: o padrão de uso da terra; largura e estado de preservação da mata ripária; tipo de sedimento e dispositivos de retenção no canal; estrutura do leito do rio com a presença de corredeiras,

meandros ou barrancos e presença de vegetação aquática. O índice varia de zero a um (ambiente íntegro) e é calculado a partir das seguintes fórmulas:

$$p_i = \frac{a_o}{a_m} \qquad IIF = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

$P_i$  representa cada um dos 12 itens do índice  $a_m$  é o valor máximo do item  $a_o$  o valor observado do item. O índice final (IIF) é a média desses valores em relação ao número de variáveis amostradas ( $n$ ).

A riqueza de espécies foi estimada pelo procedimento de Jackknife de primeira ordem de acordo com o programa PAST 2.07, disponível na página eletrônica <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Foram feitas regressões simples para verificar a relação entre a riqueza estimada através do método de Jackknife de primeira ordem com os descritores de habitat quantitativos (IIF, largura e profundidade) e para os categóricos (vegetação ripária e fitofisionomia) foram feitas análises de variância (ANOVA).

Para complementar as informações de similaridade entre a composição das comunidades das unidades amostrais foram feitas as análises de correspondência com remoção do efeito do arco (*Detrended Correspondence Analysis*, DCA) (Moretto et al., 2003; Bini, 2004) com dados de abundância logaritmizados, o programa utilizado foi PCORD 5. Os scores dos eixos 1 e 2 foram relacionados com os descritores de habitat quantitativas (IIF, largura e profundidade) com regressões simples e com dados categóricos (sombreamento e fitofisionomia) foram feitas análises de variância (ANOVA).

As espécies e gêneros indicadores de qualidade do habitat foram detectadas através do método do valor indicador conhecido como IndVal (IV) (Dufrene and Legendre, 1997) atualizado (De Caceres and Legendre, 2009; De Caceres et al., 2010) e foi calculado no programa estatístico R com o pacote `indicspecies` (1.5.1) disponível no site do autor (<http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/software>). Este método fornece um valor de indicação para cada espécie (McGeoch and Chown, 1998) de forma independente das outras espécies observadas (De Caceres et al., 2009). Seu cálculo combina medidas de abundância da espécie (especificidade) com sua frequência de ocorrência (fidelidade) nos locais estudados. O índice atualizado pode ser obtido somente para um tipo de habitat ou para uma combinação de tipos de habitat, dependendo do nível de associação que a espécie tem com cada um deles (De Caceres et al., 2009; De Caceres et al., 2010). Através do método de randomização de Monte Carlo, foi avaliada a significância dos maiores valores de Indval de cada espécie ( $p > 0,05$ ). Foram consideradas características do habitat as espécies que atingiram mais de 70% no valor de indicação, a baixo deste valor as espécies foram consideradas detectoras de habitat. O Indval pode ser calculado para grupos de habitat pré-definidos ou não. Para evitar este problema e evidenciar as hipóteses propostas o Indval foi aplicado para cinco características de habitat definidas e categorizadas previamente: profundidade e largura do córrego, características de cobertura ou sombreamento causadas pela vegetação ripária, fitofisionomia de Cerrado que cerca o córrego e integridade ambiental (Tabela 2).

**Tabela 2**

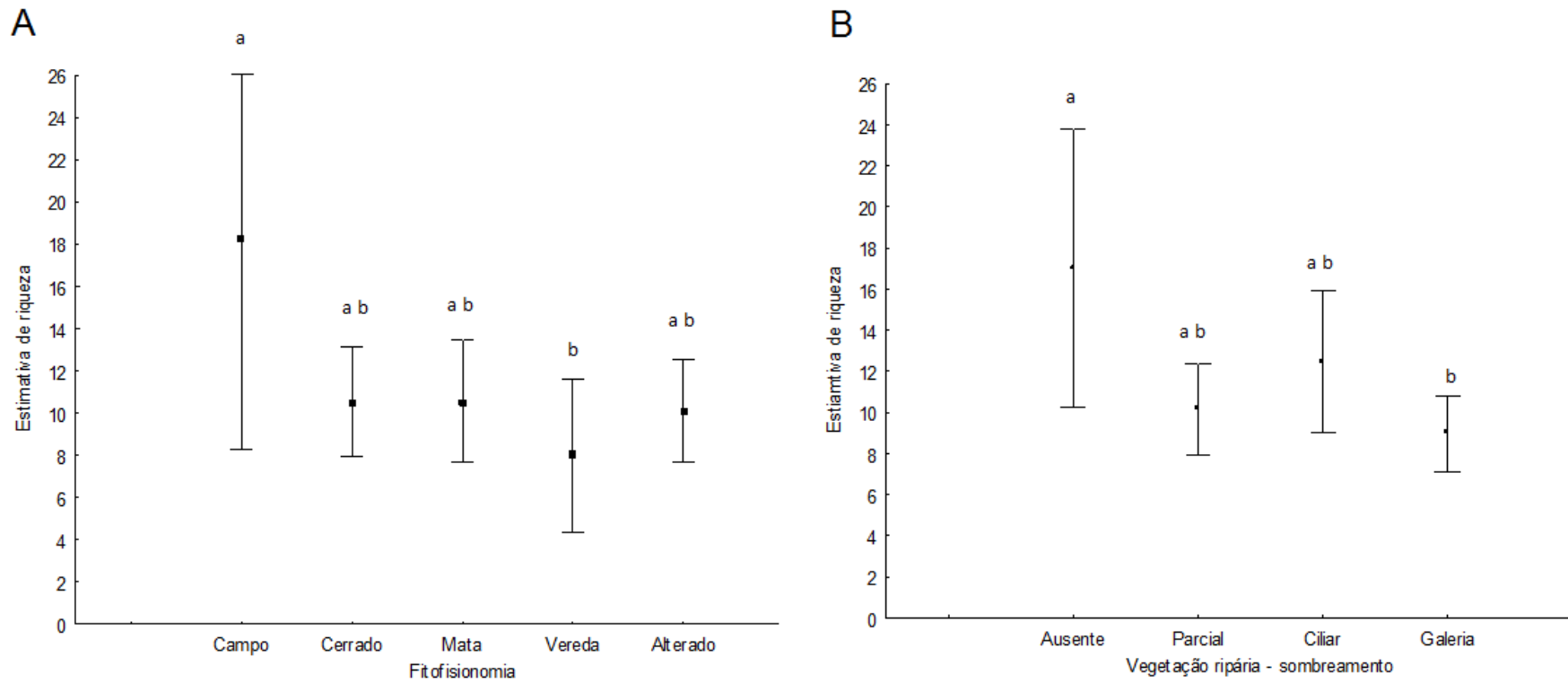
Categorias das características ambientais descritoras dos habitats dos córregos amostrados em Goiás.

	Categorias				
	1	2	3	4	5
Profundidade	<30cm	30cm > 59cm	60cm > 89cm	> 90cm	-
Largura	<1m	1m>1,99m	2m>3,99m	>4m	-
Integridade Ambiental - IIF	Muito Impactado (<0.4)	Impactado (0.4 > 0.59)	Pouco Impactado (0.6 > 0.79)	Íntegro (> 0.8)	-
Características da vegetação ripária -Sombreamento-	– Ausente –	– Parcial – composta por poucos arbustos ou quando retirada por atividade humana	– Ciliar – o dossel das duas margens não se tocam.	– Galeria – o dossel da mata ripária cobre totalmente o córrego	-
Fitofisionomia	Campo natural	Cerrado sentido restrito	Mata	Vereda	Alterada por retirada de vegetação

A proporção de Zygotera na comunidade foi comparada à sua proporção entre as espécies indicadoras através do teste de  $\chi^2$ . A relação de tamanho de Zygotera (peso e comprimento) e potencial de indicação foi avaliada através de regressão logística. Para verificar a relação entre comprimento e peso médios das espécies de Zygotera em relação aos descritores de habitat quantitativos foram feitas regressões simples e com dados categóricos foram feitas análises de variância. Estas análises foram realizadas no programa Statistica 8.

### **3. Resultados**

Foram identificados 1833 indivíduos. A riqueza estimada não apresentou nenhuma relação com as características de integridade ambiental ( $r^2=0.01$ ;  $p=0.56$ ), largura ( $r^2=0.02$ ;  $p=0.85$ ) ou profundidade ( $r^2=0.01$ ;  $p=0.97$ ) do córrego. A riqueza foi diferenciada apenas em extremos de características de fisionomia e de sombreamento: áreas abertas com vegetação de campo apresentaram maior riqueza que as áreas de vereda ( $F_{4,52}=2.49$ ;  $p=0.05$ ) e as áreas com sombreamento ausente foram mais ricas que as áreas de mata de galeria com maior sombreamento ( $F_{3,54}=4.81$ ;  $p=0.01$ ) (Fig. 2).

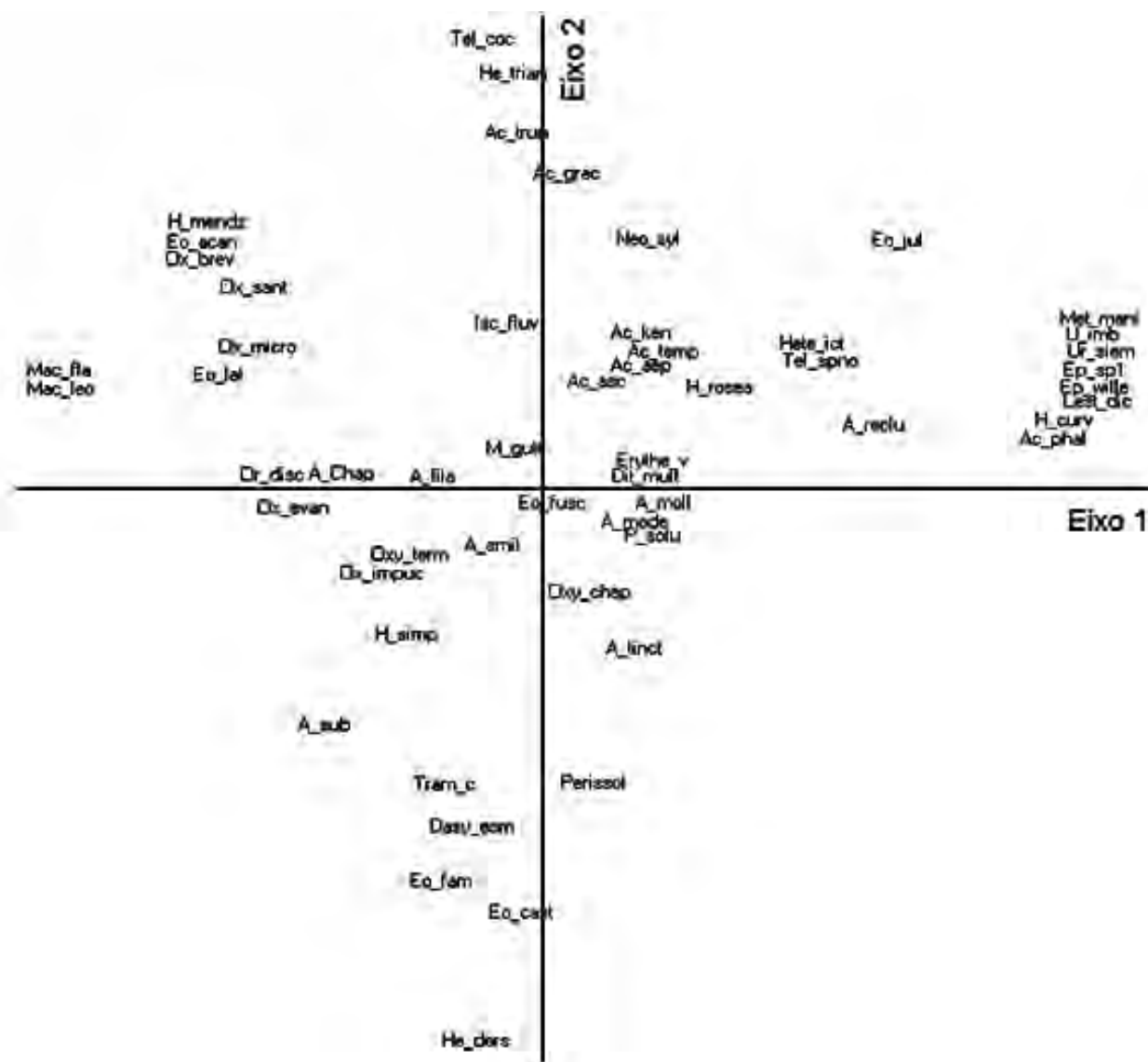


**Fig. 2.** Análise de variância da riqueza estimada de Odonata através da metodologia de Jackknife de primeira ordem em A) diferentes tipos de fisionomia de Cerrado B) diferentes tipos de tipos de vegetação ripária – sombreamento. Intervalo de confiança de 95%

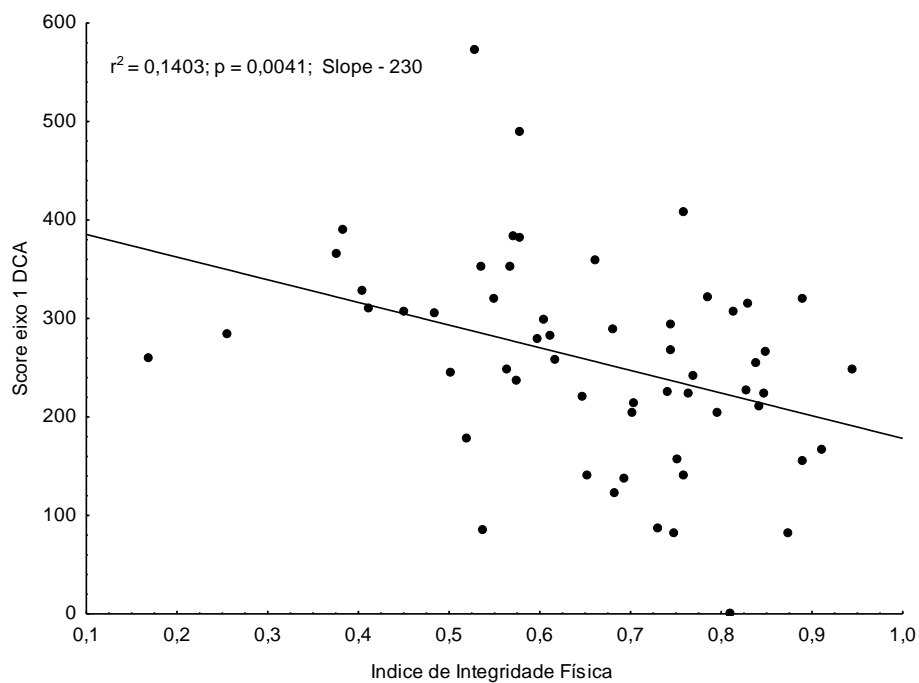
A similaridade dos pontos amostrais foi explicada em 20% de sua variação pelo eixo 1 da DCA (Fig. 3). No extremo a esquerda do eixo 1, estão espécies encontradas em áreas com pouco ou nenhum sombreamento como os *Oxyagrion* spp., *Eritrodiplax fusca* e *E. latimaculata*. Na região central da Fig. 3 e a direita do eixo 1 ficaram concentrados os pontos de menor qualidade ambiental mesmo que apresentassem cobertura vegetal. Estes pontos foram caracterizados por espécies como *Argia reclusa*, *Argia smithiana* e *Eritrodiplax fusca*. A extrema direita se concentraram algumas espécies de Zygoptera de maior tamanho encontradas em áreas sombreadas como *Metaleptobasis manicaria*, *Lestes dicrostigma*, e *Epipleoneura willimsoni*. A comunidade de campo natural apresentou uma comunidade diferenciada dos outros pontos principalmente pela presença de várias espécies do gênero *Oxyagrion* e da espécie *Argia lilacina*. Mata e cerrado apresentaram espécies em comum como *Argia mollis*, *A. tinctipennis*, *Erythrodiplax fusca* e *Hetaerina rosea*. As veredas foram pouco similares entre si, pois a maioria das espécies presentes era pouco abundante ou coletada apenas em um dos pontos deste tipo de vegetação como *Metaleptobasis manicaria* e *Epipleoneura williansoni*. Chama a atenção o fato de não haverem espécies raras ou específicas nos pontos alterados e com integridade ambiental muito ruim as espécies ali encontradas apresentaram uma tendência de similaridade com vários outros pontos de diferentes características.

A similaridade da composição da comunidade de Odonata representada pelos scores do eixo 1 foi relacionada com a integridade física dos córregos ( $r^2=0.14$ ;  $p=0.01$ ) (Fig. 4); com a presença de vegetação ripária ( $F_{3,53}=3.7$ ;  $p=0.01$ )

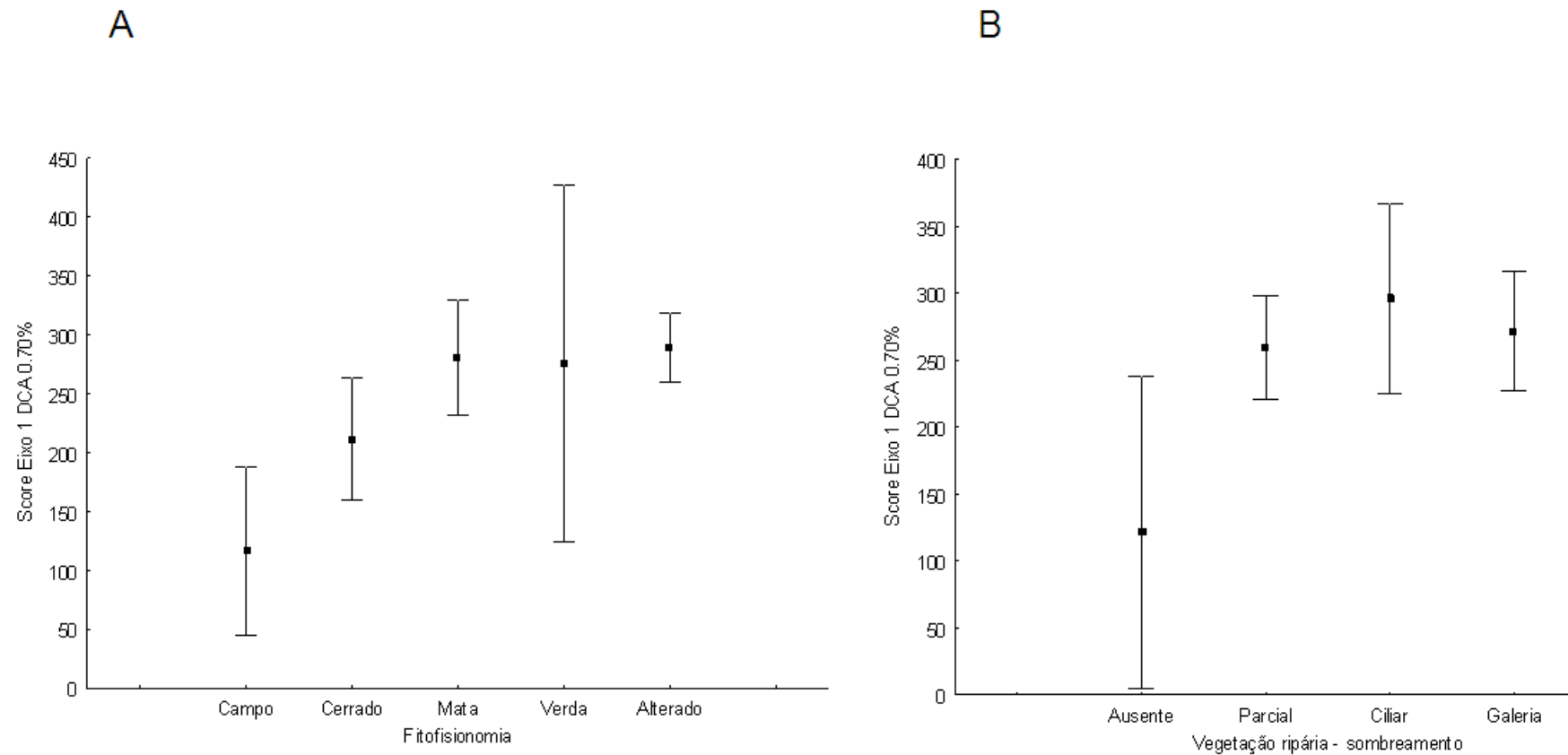
que diferenciou ambientes sem sombreamento dos outros que possuem algum nível de sombreamento. As fitofisionomias do cerrado ( $F_{4,52}=3.20$ ;  $p=0.01$ ) também foram relacionados com a composição da comunidade de Odonata e demonstraram uma substituição gradativa de espécies entre as fisionomias campo, cerrado e mata (Fig. 5). As áreas alteradas se apresentaram mais distintas e as áreas de Vereda apresentaram um intervalo de confiança grande, sugerindo maior heterogeneidade nesse sistema.



**Fig. 3.** Similaridade entre as comunidades de Odonata coletadas em córregos de Cerrado. DCA explicação do eixo 1=20%, eixo 1e2=29%, eigenvalue do eixo 1=0,70 e eixo 2=0.48.



**Fig. 4.** Regressão dos scores do eixo 1 da DCA de composição de espécies de Odonata com a variação do índice de integridade física IIF dos córregos de Goiás.



**Fig 5.** Análise de variância dos scores do eixo 1 da DCA de composição de espécies de Odonata com os diferentes tipos de A) fisionomia ( $F=_{4,52}=3.2$ ;  $p=0.01$ ) e B) sombreamento ( $F=_{3,53}=3.7$ ;  $p=0.01$ ) dos córregos de Goiás.

Ao todo 17 espécies (Tabela 3) e 8 gêneros (Tabela 4) foram identificados como indicadores de alguma característica de habitat, 15 deles foram associados à presença de vegetação ripária, outros 12 às fitofisionomias do Cerrado, apenas cinco associadas ao IIF e três a profundidade do córrego. Das 54 espécies coletadas aproximadamente 72% da comunidade é de Zygoptera, entre as espécies indicadoras esse percentual diminuiu para 68%, porém estas diferenças foram atribuídas ao acaso ( $\chi^2=0.82$ ; Gl=1;  $p=0.36$ ). Apesar da proporção de representatividade não ter sido maior, como era esperado, a qualidade das características indicadas por esta subordem é mais eficiente. Zygoptera apresentou uma grande gama de táxons com exigências mais específicas se associando aos diferentes níveis de sombreamento, as fisionomias de Cerrado, a profundidade e integridade ambiental enquanto as espécies indicadoras de habitat da subordem Anisoptera indicaram apenas ambientes abertos com pouca vegetação ripária ou com baixo índice de integridade ambiental (Tabela 5 e 6).

Houve uma diferenciação entre o peso das espécies de Zygoptera em ambientes com diferentes níveis de sombreamento, no entanto, diferente do previsto locais totalmente abertos apresentaram espécies com menor peso que as encontradas em locais com algum tipo de sombreamento ( $F_{3,53}=3.75$ ;  $p=0.02$ ) (Tabela 7e Fig. 7), a mesma previsão não se confirmou para comprimento corporal. Entre os Zygoptera o tamanho corporal também não esteve relacionado com o número de espécies indicadoras (peso  $\chi^2=2,59$ ; Gl=1;  $p=0,10$ ; comprimento  $\chi^2=2,08$ ; Gl=1;  $p=0,14$ )

**Tabela 3**

Valor de indicação (IndVal - IV) de características de habitat das espécies de Odonata em córregos do Cerrado de Goiás.

Subordem	Espécie	Característica	Nível representado	IV	p
Anisoptera	<i>Erythrodiplax latimaculata</i>	Fisionomia	Campo	0.78	0.01
Zygoptera	<i>Hetaerina simplex</i>	Fisionomia	Campo	0.74	0.01
Zygoptera	<i>Argia lilacina</i>	Fisionomia	Campo	0.81	<0.01
Zygoptera	<i>Ischnura fluviatilis</i>	Fisionomia	Campo	0.51	0.03
Zygoptera	<i>Oxyagrion evanescens</i>	Fisionomia	Campo	0.57	0.04
Zygoptera	<i>Oxyagrion impuctatum</i>	Fisionomia	Campo	0.97	<0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion microstigma</i>	Fisionomia	Campo	0.82	0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion santosi</i>	Fisionomia	Campo	0.76	0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion terminale</i>	Fisionomia	Campo	0.79	<0.01
Zygoptera	<i>Argia mollis</i>	Fisionomia	Cerrado+Vereda	0.76	0.02
Zygoptera	<i>Argia reclusa</i>	IIF	Muito impactado + impactado	0.74	0.01
Anisoptera	<i>Erythrodiplax fusca</i>	IIF	Muito impactado	0.64	0.02
Zygoptera	<i>Argia smithiana</i>	IIF	Muito impactado	0.68	0.04
Zygoptera	<i>Acanthagrion gracile</i>	IIF	Muito impactado	0.69	<0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion evanescens</i>	Profundidade	Maior que 90cm	0.45	0.03
Zygoptera	<i>Oxyagrion terminale</i>	Profundidade	Maior que 90cm	0.56	0.01
Anisoptera	<i>Orthemis discolor</i>	Sombreamento	Ausente	0.63	0.01
Anisoptera	<i>Erythrodiplax latimaculata</i>	Sombreamento	Ausente	0.62	0.02
Zygoptera	<i>Hetaerina simplex</i>	Sombreamento	Ausente	0.71	0.01
Zygoptera	<i>Argia lilacina</i>	Sombreamento	Ausente	0.81	<0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion impuctatum</i>	Sombreamento	Ausente	0.75	<0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion microstigma</i>	Sombreamento	Ausente	0.63	0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion santosi</i>	Sombreamento	Ausente	0.61	0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion terminale</i>	Sombreamento	Ausente	0.60	0.02
Zygoptera	<i>Argia smithiana</i>	Sombreamento	Ausente+Ciliar+Parcial	0.70	0.03
Zygoptera	<i>Hetaerina rósea</i>	Sombreamento	Ciliar	0.77	0.01
Zygoptera	<i>Argia mollis</i>	Sombreamento	Dossel+Ciliar	0.73	0.04

**Tabela 4**

Valor de indicação (IndVal - IV) de características de habitat dos gêneros de Odonata em córregos do Cerrado de Goiás.

Subfamília	Gênero	Característica	Nível representado	IV	p
Anisoptera	<i>Erythrodiplax</i>	Fisionomia	Campo	0.84	<0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion</i>	Fisionomia	Campo	0.91	<0.01
Zygoptera	<i>Acanthagrion</i>	IIF	Muito impactado	0.71	0.01
Zygoptera	<i>Heteragrion</i>	Profundidade	Entre 30 e 90cm	0.56	0.03
Anisoptera	<i>Erythrodiplax</i>	Sombreamento	Ausente	0.77	0.01
Zygoptera	<i>Oxyagrion</i>	Sombreamento	Ausente	0.82	<0.01
Anisoptera	<i>Macrothemis</i>	Sombreamento	Ausente+Ciliar	0.45	0.03
Zygoptera	<i>Hetaerina</i>	Sombreamento	Ausente+Ciliar+Parcial	0.88	0.02

**Tabela 5**

Porcentagem das espécies de Anisoptera e Zygoptera (subordens de Odonata) indicadores de qualidade ambiental através do método de IndVal e as características de habitat as quais são associadas.

Característica	Nível representado	Número de espécies indicadoras	Anisoptera		Zygoptera	
			Número de espécies	%	Número de espécies	%
Fisionomia	Campo	9	1	25	8	35
Fisionomia	Cerrado+Vereda	1		0	1	4
IIF	Muito impactado + impactado	1		0	1	4
IIF	Muito impactado	3	1	25	2	9
Profundidade	Maior que 90cm	2		0	2	9
Sombreamento	Ausente	8	2	50	6	26
Sombreamento	Ausente+Ciliar	1		0		0
Sombreamento	Ausente+Ciliar+Parcial	1		0	1	4
Sombreamento	Ciliar	1		0	1	4
Sombreamento	Dossel+Ciliar	1		0	1	4
	<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>23</b>	<b>100</b>

**Tabela 6**

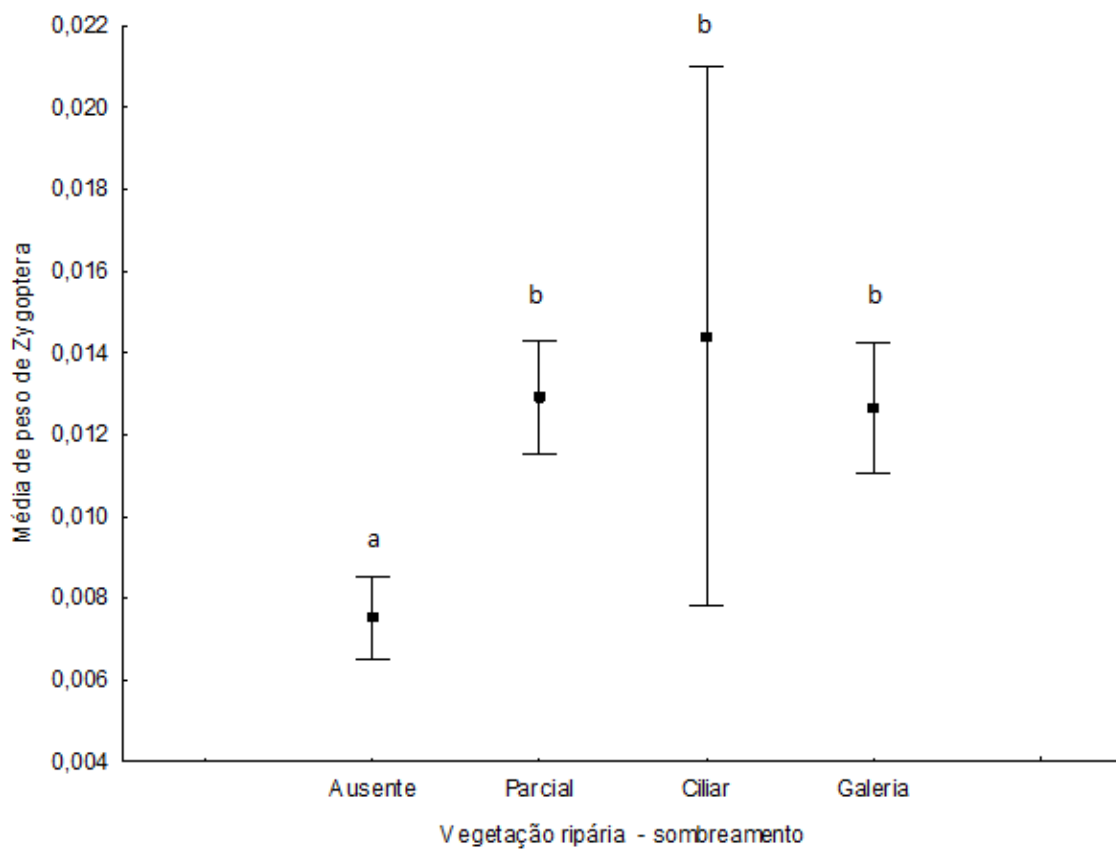
Porcentagem Dos gêneros de Anisoptera e Zygoptera (subordens de Odonata) indicadores de qualidade ambiental através do método de IndVal e as características de habitat as quais são associadas.

Característica	Nível representado	Número de gêneros indicadores	Anisoptera		Zygoptera	
			Número de gêneros	%	Número de gêneros	%
Fisionomia	Campo	2	1	33	1	20
IIF	Muito impactado	1		0	1	20
Profundidade	Entre 30 e 90 cm	1		0	1	20
Sombreamento	Ausente	2	1	33	1	20
Sombreamento	Ausente+Ciliar	1	1	33		0
Sombreamento	Ausente+Ciliar+Parcial	1		0	1	20
Sombreamento	Ciliar			0		0
Sombreamento	Dossel+Ciliar			0		0
	<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

**Tabela 7**

Comprimento e peso médio das espécies de Zygoptera coletados em córregos de Cerrado com diferentes características de habitat.

Zygoptera	Característica do habitat	
Comprimento médio	IIF	Regressão $r^2=0.02$ ; $p=0.27$
	Largura	Regressão $r^2=0.06$ ; $p=0.06$
	Profundidade	Regressão $r^2=0.01$ ; $p=0.56$
	Sombreamento	ANOVA $F_{3,54}=0.26$ ; $p=0.09$
	Fitofisionomia	ANOVA $F_{4,52}=1.8$ ; $p=0.14$
Peso médio	IIF	Regressão $r^2=0.01$ ; $p=0.49$
	Largura	Regressão $r^2=0.04$ ; $p=0.1$
	Profundidade	Regressão $r^2=0.01$ ; $p=0.97$
	Sombreamento	ANOVA <b><math>F_{3,54}=3.75</math>; <math>p=0.02</math></b>
	Fitofisionomia	ANOVA $F_{4,52}=2.05$ ; $p=0.1$



**Fig. 6.** Peso médio das espécies de Zygoptera (Odonata) coletadas em córregos de Cerrado com diferentes níveis de sombreamento ( $F_{3,53}=3.75$ ;  $p=0.02$ ), intervalo de confiança de 95%.

## 4. Discussão

Os bioindicadores são ferramentas que devem ser escolhidas de acordo com as respostas que podem produzir sejam elas de detecção da alteração de um estado específico do ambiente, de monitoramento em longo prazo de fatores que causam *stress* ecológico ou da estimativa da diversidade (ou de sua alteração) numa área específica (*ex: surrogates*). O levantamento da eficácia destas ferramentas sempre se inicia com a compreensão da relação dos táxons com o ambiente e passa pela escolha das melhores respostas biológicas. Partindo destas informações é construído um sistema bioindicador específico, ou seja o uso das informações biológicas para basear decisões de manejo de uma determinada área (McGeoch, 1998; McGeoch, 2008).

As respostas encontradas neste trabalho apontam para a pouca eficiência do uso de estimativas de riqueza de Odonata para bioindicação, uma vez que esta ferramenta não foi capaz de diferenciar as qualidades de habitat levantadas. Apesar de ser extremamente comum em estudos ecológicos a estimativa de riqueza é afetada pela escala espacial e área amostrada (Simaika and Samways, 2009) além de não refletir de forma eficaz características biológicas valiosas como o endemismo e similaridade de composição entre elementos da paisagem. Por isso nunca deve ser utilizada de forma isolada e sim com a adição de outras métricas que também auxiliam no planejamento de manejo ou conservação (Fleishman et al., 2006). Para Odonata a variação da riqueza parece responder em escalas espaciais mais amplas como a escala regional ligada a limitação por

água, temperatura e heterogeneidade de ambiental (Keil et al., 2008) (veja capítulo 1) e não aos processos ecológicos locais, como a estrutura de habitats tratada aqui.

A similaridade da composição da comunidade entre os pontos amostrais mostrou que ambientes mais íntegros apresentam comunidades menos similares entre si, pois apresentam mais espécies raras, e que ambientes com baixa integridade perdem muitas das espécies mais especializadas que diferenciavam este ponto. Em estudos de comunidade de insetos aquáticos, a integridade biológica é definida comumente como a habilidade do ambiente em suportar e manter em equilíbrio a capacidade de adaptação da comunidade, a composição de espécies, a diversidade, e a organização funcional da comunidade quando comparadas a uma área em condições naturais (Karr, 1981) geralmente chamada de área de referência (Junqueira et al., 2000; Nessimian et al., 2008). No entanto as comunidades de Odonata, tanto a subordem Zygoptera quanto Anisoptera, são fortemente influenciadas pela substituição de espécies em ambientes de Cerrado, mesmo entre pontos da paisagem com as mesmas características de habitat (veja capítulo 2); já em ambientes temperados nos quais há dominância de Anisoptera a influência de aninhamento parece ser mais forte (Sahlen et al., 2001; Craig et al., 2008). Esta característica da comunidade tropical de Odonata diminui a frequência de ocorrência das espécies (fidelidade) associada muitas vezes a uma baixa abundância relativa (especificidade) pode dificultar o uso da similaridade de composição como uma ferramenta para comparação da presença de táxons semelhantes em áreas de referência. Apesar disto a composição de espécies respondeu à integridade física dos córregos, à presença de vegetação ripária e a

algumas das fitofisionomias do Cerrado, demonstrando que é uma ferramenta de monitoramento ambiental eficaz quando utilizada de forma correta.

Este trabalho apresenta um grande suporte a idéia de que o uso de Odonata como bioindicadores de riachos de ambientes tropicais sejam feitos preferencialmente com a subordem Zygoptera. As principais razões para essa escolha são (i) que grande parte da comunidade destes ambientes ser composta por este grupo, e (ii) sua maior eficiência como indicador, possivelmente associada a exigências ecológicas mais específicas devido a sua menor capacidade de dispersão. A outra subordem presente no Brasil, Anisoptera é um grupo mais adaptado aos ambientes abertos com pouca vegetação que promova sombreamento. Sua resposta às alterações de tipos vegetacionais é a invasão de áreas florestadas quando estas sofrem algum tipo de perturbação, enquanto os animais adaptados a ambientes florestados não tem a mesma capacidade de invasão de ambientes abertos. Espécies de insetos adaptadas a ambientes savânicos florestados fornecem respostas mais contundentes de alteração em diferentes níveis de formação florestais (Tidon, 2006). Este processo é ainda mais evidente em Odonata, pois a capacidade de dispersão é limitada em animais de mata (em sua maioria Zygoptera) e a sua persistência nestes ambientes ao longo do processo evolutivo permitiu que se tornassem mais especialistas, na utilização de recursos (MacArthur et al., 1964) e mais sensíveis ao *stress* ambiental (Driscoll, 2008).

O uso do IndVal, com enfoque voltado para as espécies, parece mais adequado pois detecta a presença de espécies especializadas com grande abundância ou seja que estão bem estabelecidas. Porém se o nível de especialização da espécie indicadora é muito grande, e ela é considerada

característica de um habitat, provavelmente seu nível de especialização alto pode não permitir que ela se mantenha num sistema após as alterações de habitat (Driscoll, 2008). O desaparecimento das espécies características logo no início do processo de alteração pode e deve ser utilizado, mas as mudanças de abundância das espécies menos sensíveis como as detectoras podem ser ferramentas mais eficientes para detectar de forma clara e rápida alterações sutis no ambiente (McGeoch et al., 2002). O raciocínio inverso também pode ser válido e a recolonização das espécies mais especialistas pode ser utilizado na avaliação de projetos de recuperação da qualidade ambiental avaliando a eficiência da recuperação de processos ecológicos mais complexos ao ambiente. Argumento semelhante foi utilizado em trabalhos de avaliação da restauração ecológica feitos com a comunidade Odonata no Japão (Kadoya et al., 2008).

Diferenças bionômicas entre Zygoptera e Anisoptera, principalmente associadas a diferenças de tamanho corporal e seus efeitos sobre capacidade de termorregulação (De Marco et al., 2005) e de dispersão (Schilder et al., 2004; Rundle et al., 2007; Samejima et al., 2010), parecem explicar convenientemente as diferenças de eficiência na bioindicação entre os dois grupos. No entanto, também se poderia prever, dada a grande variação corporal dentro do grupo Zygoptera, que um efeito do tamanho pudesse também ali ser observado. Os resultados observados, foram contrários à hipótese original de que grupos de maior tamanho seriam encontrados em áreas não sombreadas. Esse resultado pode sugerir que outras adaptações mais finas, possivelmente incluindo forma do corpo e adaptação a diferentes micro-ambientes presentes na margem dos riachos, possa estar explicando diferenças dentro da sub-ordem. Uma diferença entre explicações entre subordem e dentro da sub-ordem para os padrões

observados de resposta ambiental seria esperado considerando que as pressões evolutivas afetando as mudanças em traços ecológicos e comportamentais não devem ser as mesmas em organismos de tamanhos corporais discrepantes (LaBarbera, 1989). Essas idéias, ainda iniciais, podem representar um novo avanço na compreensão do grupo que, até agora, esteve voltada para explicar grande diferenças entre os representantes da sub-ordem ou das famílias mais comuns.

Alguns estudos demonstram que o enfoque em espécies pode apresentar um grande custo pela dificuldade de identificação ou pelo número insuficiente de espécies descritas (Diniz et al., 2010). Estes problemas são relativamente pequenos em Odonata, mesmo nos táxons de menor tamanho corporal, o esforço de identificação a nível específico é de fácil alcance inclusive aos parataxônomos e gera grandes vantagens. Primeiramente a possibilidade de se relacionarem as informações já conhecidas de ecologia, comportamento e do nicho ecológico da espécie aperfeiçoando as informações geradas sobre a integridade ambiental. Além disso, é possível que estas informações sejam utilizadas em outros locais ou mesmo outros biomas onde estas espécies estejam distribuídas.

## Referências

- Bini, L.M., 2004. Análises multivariadas e limnologia: exploração, síntese e inferência de um mundo aquático complexo. In: Bicudo, C.E.d.M., Bicudo, D.d.C. (Eds.), *Amostragem em Limnologia Rima*, São Paulo, pp. 73-101.
- Bried, J.T., Herman, B.D. and Ervin, G.N., 2007. Umbrella potential of plants and dragonflies for wetland conservation: a quantitative case study using the umbrella index. *J. Appl. Ecol.* 44, 833-842.
- Corbet, P.S., 1980. Biology of Odonata. *Annu. Rev. Ent.* 25, 189-217.
- Corbet, P.S., May, M.L., 2008. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology* 11, 155-171.
- Craig, C.N., Reece, B.A. and McIntyre, N.E., 2008. Nestedness in Playa Odonates As A Function of Area and Surrounding Land-Use. *Wetlands* 28, 995-1003.
- Crist, T.O., Guertin, D.S., Wiens, J.A. and Milne, B.T., 1992. Animal Movement in Heterogeneous Landscapes - An Experiment with *Eleodes* Beetles in Shortgrass Prairie. *Func. ecol* 6, 536-544.
- D'Amico, F., Darblade, S., Avignon, S., Blanc-Manel, S. and Ormerod, S.J., 2004. Odonates as indicators of shallow lake restoration by liming: Comparing adult and larval responses. *Restor. Ecol.* 12, 439-446.
- De Caceres, M., Legendre, P., 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology* 90, 3566-3574.
- De Caceres, M., Legendre, P. and Moretti, M., 2010. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos* 119, 1674-1684.
- De Marco, P., Resende, D.C., 2002. Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica* 31, 129-138.
- De Marco, P.Jr., Latini, A.O. and Resende, D.C., 2005. Thermoregulatory constraints on behavior: patterns in a Neotropical dragonfly assemblage. *Neotrop. Entomol.* 34, 155-162.
- Débarre, F., Gandon, S., 2010. Evolution of specialization in a spatially continuous environment. *Journal Evolutionary Biology* 1090-1099.
- Diniz, J.A.F., de Marco, P. and Hawkins, B.A., 2010. Defying the curse of ignorance: perspectives in insect macroecology and conservation biogeography. *Insect Conservation and Diversity* 3, 172-179.

- Driscoll, D.A., 2008. The frequency of metapopulations, metacommunities and nestedness in a fragmented landscape. *Oikos* 117, 297-309.
- Dufrene, M., Legendre, P., 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecol. Monogr.* 67 Numero 3, 345-366.
- Ferreira-Peruquetti, P., De Marco, P., 2002. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Rev. bras. Zool.* 19, 317-327.
- Ferreira-Peruquetti, P., Fonseca-Gessner, A.A., 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. *Rev. bras. Zool.* 20, 219-224.
- Fleishman, E., Noss, R.F. and Noon, B.R., 2006. Utility and limitations of species richness metrics for conservation planning. *Ecological Indicators* 6, 543-553.
- Foote, A.L., Hornung, C.L.R., 2005. Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecol. Entomol.* 30, 273-283.
- Furley, P.A., Ratter, J.A., 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* 15, 97-108.
- Guimarães, A.J.M., Araújo, G.M.d. and Correa, G.F., 2002. Phytosociological structure of natural and disturbed palm swampy vegetation near Uberlândia, MG. *Acta Botanica Brasilica* 16, 317-329.
- Heckman, C.W., 2008. *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata - Anisoptera*. Springer.
- Juen, L., De Marco, P.Jr., 2011. Odonate beta diversity in terra-firme forest streams in Central Amazonia: On the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*.
- Junqueira, M.V., Amarante, M.C., França, E.S. and Dia, C.F.S., 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia* 12, 73-87.
- Kadoya, T., Suda, S., Nishihiro, J. and Washitani, I., 2008. Procedure for predicting the trajectory of species recovery based on the nested species pool information: Dragonflies in a wetland restoration site as a case study. *Restor. Ecol.* 16, 397-406.

- Karr, J.R., 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6, 21-27.
- Keil, P., Simova, I. and Hawkins, B.A., 2008. Water-energy and the geographical species richness pattern of European and North African dragonflies (Odonata). *Insect Conservation and Diversity* 1, 142-150.
- Klink, C.A., Machado, R.B., 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conserv Biol* 19, 707-713.
- LaBarbera, M., 1989. Analysing body size as a factor in ecology and evolution. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 97-117.
- Lencioni, F.A.A., 2005. Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: I - The non-Coenagrionidae families. All Print Editora, São Paulo, Brazil.
- Lencioni, F.A.A., 2006. Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: II - Coenagrionidae families. All Print Editora, São Paulo, Brazil.
- MacArthur, R., Levins, R., 1964. Competition, habitat selection and character displacement in a patchy environment. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA* 51, 1207-1210.
- Mackenzie, D.I., Royle, J.A., 2005. Designing occupancy studies: general advice and allocating survey effort. *Journal of Applied Ecology* 42, 1105-1114.
- May, M.L., 1976. Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.* 46, 1-32.
- May, M.L., 1991. Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Adv. Odonat.* 5, 71-88.
- McGeoch, M.A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews* 73, 181-201.
- McGeoch, M.A., 2008. Insects and bioindication: theory and progress. In: Stewart, A.J.A., New, T.R., Lewis, O.T. (Eds.), *Insect conservation biology* CABI Publishing, pp. 144-174.
- McGeoch, M.A., Chown, S.L., 1998. Scaling up the value of bioindicators. *Trends in Ecology & Evolution* 13, 46-47.
- McGeoch, M.A., Rensburg, B.J.V. and Botes, A., 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology* 661-672.
- McIntyre, S., Díaz, S., Lavorel, S. and Cramer, W., 1999. Plant functional types and disturbance dynamics – Introduction. *Journal of Vegetation Science* 10, 603-608.

- Metzger, J.P., Decamps, H., 1997. The structural connectivity threshold: An hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 18, 1-12.
- Moretto, Y., Higuti, J. and Takeda, A.M., 2003. Spatial variation of the benthic community in the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. *Acta Scientiarum* 25, 23-30.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Fonseca, G.A.B. and Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Nessimian, J.L., Venticinque, E., Zuanon, J., de Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J.D. and Juen, L., 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614, 117-131.
- Nimer, E., 1979. *Climatologia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro.
- Pinto, L.V.A., Davide, A.C., Botelho, S.A., Oliveira Filho, A.T.d. and Machado, E.L.M., 2005. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. *Cerne* 11, 294-305.
- Reece, B.A., McIntyre, N.E., 2009. Community assemblage patterns of odonates inhabiting a wetland complex influenced by anthropogenic disturbance. *Insect Conservation and Diversity* 2, 80.
- Remsburg, A.J., Turner, M.G., 2009. Aquatic and terrestrial drivers of dragonfly (Odonata) assemblages within and among north-temperate lakes. *Journal of the North American Benthological Society* 28, 44-56.
- Rouquette, J.R., Thompson, D.J., 2007. Patterns of movement and dispersal in an endangered damselfly and the consequences for its management. *J. Appl. Ecol.* 44, 692-701.
- Rundle, S.D., Bilton, D.T., Abbott, J.C. and Foggo, A., 2007. Range size in North American *Enallagma* damselflies correlates with wing size. *Freshw. Biol.* 52, 471-477.
- Sahlen, G., Ekestubbe, K., 2001. Identification of dragonflies (Odonata) as indicators of general species richness in boreal forest lakes. *Biodiversity and Conservation* 10, 673-690.
- Samejima, Y., Tsubaki, Y., 2010. Body temperature and body size affect flight performance in a damselfly. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 64, 685-692.
- Sano, S.M., Almeida, S.P. and Ribeiro, J.F., 2008. *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa Cerrados, Brasília.

- Schilder, R.J., Marden, J.H., 2004. A hierarchical analysis of the scaling of force and power production by dragonfly flight motors. *J. Exp. Biol.* 207, 767-776.
- Silva, D.P., de Marco, P. and Resende, D.C., 2010. Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecol. Indic.* 10, 744-752.
- Simaika, J.P., Samways, M.J., 2009. An easy-to-use index of ecological integrity for prioritizing freshwater sites and for assessing habitat quality. *Biodiversity and Conservation* 18, 1171-1185.
- Smith, J., Samways, M.J. and Taylor, S., 2007. Assessing riparian quality using two complementary sets of bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 16, 2695-2713.
- Tidon, R., 2006. Relationships between drosophilids (Diptera, Drosophilidae) and the environment in two contrasting tropical vegetations. *Biological Journal of the Linnean Society* 87, 233-247.

## **Conclusão geral**

A relação de Odonata com evapotranspiração indica resultados de baixa influencia sobre o grupo aqui no Brasil, resultado semelhante aos dados africanos e diferenciados dos dados europeus, indicando que os processos em ambientes tropicais e temperados são diferenciados. Em escala regional a riqueza de Anisoptera apresentou maior relação com água-energia; enquanto Zygoptera apresentou maior relação com heterogeneidade ambiental.

Em escala de paisagem percebemos a heterogeneidade e a configuração natural do Cerrado em mosaicos auxilia na estruturação da comunidade de Odonata com substituição. Porém este fenômeno tem mais influência na estruturação da diversidade da comunidade de Zygoptera. Outro resultado indica a grande importância de áreas com heterogeneidade de cobertura vegetal para Zygoptera e de áreas abertas para Anisoptera. O grupo respondeu as características ambientais num raio de 1500m dos córregos amostrados por isso indicamos este valor para orientar as futuras pesquisas com Odonata em escala de paisagem.

Em escala local as respostas de Zygoptera foram sensíveis a uma maior gama de variáveis ambientais indicando que esta comunidade é mais eficiente como indicador de qualidade ambiental quando comparada a Anisoptera. Outra informação importante encontrada é a ausência das espécies mais raras nas áreas antropizadas, que foram capazes de manter apenas as espécies generalistas. Já as áreas com melhores condições ambientais foram capazes de manter as espécies mais especializadas.

As diferentes abordagens de cada um dos capítulos reforçaram a visão de que os processos ecológicos são diferenciados nos dois clados de Odonata (Zygoptera e Anisoptera) e abre caminho para uma melhor compreensão da ecologia e evolução deste grupo.





**Tabela 3**

Espécies de Odonata coletadas em córregos de Niquelandia no estado de Goiás.

		Niquelandia													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Anisoptera	<i>Dasythemis esmeralda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Dithemis multipunctata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
	<i>Erythrodiplax acantha</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Erythrodiplax famula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Erythrodiplax castanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Erythemis vesiculosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
	<i>Erythrodiplax fusca</i>	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-	-	X	X	-
	<i>Erythrodiplax juliana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Erythrodiplax latimaculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Macrothemis flavesens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Macrothemis lecozona</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Orthemis discolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Tramea cophysa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Urasis imbuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Urasis siemensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zygoptera	<i>Acanthagrion aepiolum</i>	X	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	X	X
<i>Acanthagrion ascendens</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Acanthagrion gracile</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-
<i>Acanthagrion kennedii</i>		-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthagrion phallicorne</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Acanthagrion temporale</i>		-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthagrion truncatum</i>		-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Argia chapadae</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Argia lilacina</i>		-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Argia modesta</i>		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Argia mollis</i>		X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X
<i>Argia reclusa</i>		X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X
<i>Argia smithiana</i>		-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-
<i>Argia subapicalis</i>		-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Argia tinctipennis</i>		X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-
<i>Epipleoneura sp</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epipleoneura williamsoni</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heliocharis amazona</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Hetaerina curvicauda</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hetaerina mendezi</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
<i>Hetaerina rosea</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hetaerina simplex</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Heteragrion icterops</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Heteragrion dorsale</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heteragrion triangulare</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ischnura fluviatilis</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-
<i>Lestes dichrostigma</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metaleptobasis manicaria</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Minesarete guttifer</i>		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Neoneura sylvatica</i>		-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-
<i>Oxyagrion microstigma</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyagrion brevistigma</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyagrion chapadense</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Oxyagrion evanescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Oxyagrion impuctatum</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Oxyagrion santosi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Oxyagrion terminale</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Perilestes solutus</i>	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	
<i>Perissolestes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Telebasis coccinea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Telebasis sp. 1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	

