



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**



Programa de Pós-graduação  
em Biodiversidade,  
Ambiente e Saúde

**DANIEL SILAS VERAS**

**EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE HABITAT DE RIACHOS SOBRE AS  
ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO  
MARANHÃO**

**CAXIAS, MA.**

**2017**

**DANIEL SILAS VERAS**

**EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE HABITAT DE RIACHOS SOBRE AS  
ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO  
MARANHÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde PPGBAS/CESC/UEMA, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo

**Co-orientador:** Prof. Dr. Leandro Juen

**CAXIAS, MA.**

**2017**

V473e Veras, Daniel Silas

Efeito da perda de integridade de habitat de riachos sobre as assembleias de Odonata (Insecta) na zona ecotonal do leste do Maranhão / Daniel Silas Veras. – Caxias: CESC/UEMA, 2017.

69f.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Estudos Superiores de Caxias, curso de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde.

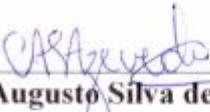
**DANIEL SILAS VERAS**

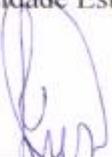
**EFEITO DA INTEGRIDADE DE HABITAT DE RIACHOS SOBRE AS  
ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO  
MARANHÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde PPGBAS/CESC/UEMA, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ambiente e Saúde

**DATA DE DEFESA:** 20/ 06/2017

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo -(Orientador)**  
Universidade Estadual do Maranhão-UEMA

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Leandro Juen – (Membro)**  
Universidade Federal do Pará-UFPA

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Flávio Kulaif Ubaid – (Membro)**  
Universidade Estadual do Maranhão-UEMA

*“Ninguém pode construir em teu lugar as pontes que precisarás passar, para atravessar o rio  
da vida - ninguém, exceto tu, só tu.  
Existem, por certo, atalhos sem números, e pontes, e semideuses que se oferecerão para  
levar-te além do rio; mas isso te custaria a tua própria pessoa; tu te hipotecarias e te  
perderias.  
Existe no mundo um único caminho por onde só tu podes passar.  
Onde leva? Não perguntes, segue-o!”*

(Friedrich Nietzsche)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos aqueles que direta ou indiretamente me ajudaram a percorrer o caminho até essa conquista, em especial a toda minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Estudos Superiores de Caxias - CESC/UEMA, pela oportunidade do mestrado e pela disponibilidade e sabedoria dos professores que compõem o Programa de Pós- Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde -PPGBAS.

Ao Instituto Federal do Maranhão - IFMA Campus Caxias, pela liberação parcial de minhas atividades docentes, bem como aos professores companheiros de área.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Carlos Augusto Silva de Azevêdo, pela oportunidade e acolhida em seu Laboratório.

Ao meu Co-orientador, e amigo Prof<sup>o</sup>. Dr. Leandro Juen, por todas as orientações e ensinamentos no fascinante mundo da estatística.

Aos meus pais Raimundo Rogério e Lucia Veras e a meus irmãos Ben-Hur, Caio e Sarah pelo apoio e compartilhamento dessa existência.

Á minha esposa amada Edna Veras, por todo amor e compreensão, e a minha filha Samia Daniele que sem dúvida é meu maior feito para esse mundo.

Aos meus amigos de Laboratório em especial a Lazaro Carlos e Diego Sousa por toda contribuição durante as diversas coletas realizadas.

Á minha turma do mestrado PPGBAS: Jairina, Juliete, Tharliane, Renato, Rosângela, Luanna, Katione, Regiglaucia, Aylane, Lindalva, Luciana, Filipe e Daniel Limeira, todos sem dúvida são NASAS.

Aos amigos do Instituto Federal do Maranhão - Campus Caxias em especial a Francisco das Chagas Oliveira pelo apoio na estadia durante todo o período do mestrado.

Aos meus orientandos que contribuíram valiosamente com a organização dos espécimes coletados.

A todos os componentes do Laboratório de Ecologia e Conservação da UFPA, em especial a Dra Lenize Batista Calvão pelo auxílio nas diversas etapas deste trabalho.

## RESUMO

A ordem Odonata é um grupo de insetos com ampla distribuição na região Neotropical, no entanto, no Brasil esse táxon apresenta áreas com lacunas de conhecimento em termos de déficit de ocorrência e de distribuição das suas espécies. A composição de espécies deste grupo está fortemente relacionada a variáveis estruturais e ambientais dos ecossistemas, por estas razões seus representantes têm sido bastantes utilizados como indicadores ambientais. O estudo está dividido em dois capítulos: O primeiro apresenta uma lista de espécies da ordem para o estado do Maranhão e o segundo trata dos efeitos de variáveis ambientais sobre a estrutura da comunidade, como da identificação dos limiares nos quais ocorrem mudanças na abundância e ocorrência da comunidade. A pesquisa foi realizada no município de Caxias, Maranhão, Brasil, em 24 riachos. Foram coletados 844 espécimes, distribuídos em sete famílias, 26 gêneros e 59 espécies. No estudo registrou-se 46 novas ocorrências para o estado do Maranhão, elevando-se o registro de 23 espécies para 69 espécies, destas, um gênero e 17 espécies podem ser novos registros para o Nordeste. Foram testadas as hipóteses: H1. A redução da integridade de habitat, da cobertura de dossel e maior largura do canal dos córregos ocasionará uma menor riqueza de Zygoptera, devido às restrições de sua termorregulação em relação à Anisoptera, uma vez que a maior entrada de luz é favorável às espécies heliotérmicas. E H2. A alteração na integridade do habitat cria limiares ecológicos e pontos de mudança na abundância e frequência das espécies de Odonata por gerar gradientes nas condições estruturais dos ambientes lóticos. As variáveis estruturais afetaram a riqueza ( $R^2=0,355$ ;  $p=0,029$ ) e abundância ( $R^2=0,365$ ;  $p=0,025$ ) de Anisoptera, a análise de limiar (TITAN) indicou espécies indicadoras para a integridade de habitat, cujos pontos de mudança comunitária foram de 0,43 (Z-) e 0,79 (Z+). A pesquisa ampliou o conhecimento da ocorrência e distribuição das espécies de Odonata para o Nordeste brasileiro, bem como possibilitou identificar os efeitos das variáveis estruturais (integridade de habitat e cobertura de dossel) do ambiente sobre a riqueza e abundância da subordem Anisoptera, assim como determinou espécies indicadoras para os limiares da integridade de habitat onde ocorre a mudança na ocorrência e abundância dos táxons.

**Palavras-chave:** Checklist, condições ecofisiológicas, heterogeneidade ambiental, libélulas.

## ABSTRACT

The order Odonata is a group of insects with ample distribution in the Neotropical region; however, in Brazil this taxon presents several areas with knowledge lacuna, in terms of occurrence deficit, as well as in terms of the distribution of its species. The species composition of this group is strongly related to structural variable and environmental of the ecosystems, for this reason, their representatives have been enough used as environmental indicators. The study is divided into two chapters: The first chapter presents a list of order species for the state of Maranhão and the second deals with the effects of environmental variables about the community structure, well as the identification of thresholds in which changes occur in the Abundance and occurrence of the community. The research was realized in the city of Caxias, Maranhão, Brazil, where 24 streams were sampled. A total of 844 specimens were collected distributed in seven families, 26 genera and 59 species. In the first chapter, there were 46 new occurrences for the state of Maranhão, rising the record of 23 species for 69 species, of which one genus and 17 species may be new records for the Northeast. In the second chapter, the hypotheses were tested: H1. The reduction of the habitat integrity, dossal covering and greater channel width of the streams will cause a lower Zygoptera richness, due to the restrictions of its thermoregulation in relation to Anisoptera, since the greater light input is favorable to the heliothermic species. E H2. The change in habitat integrity creates ecological thresholds and points of change in the abundance and frequency of Odonata species by generate gradients in the structural conditions of lotic environments. The structural variables affected the richness ( $R^2 = 0.355$ ,  $p = 0.029$ ) and abundance ( $R^2 = 0.365$ ,  $p = 0.025$ ) of Anisoptera, the threshold analysis (TITAN) indicated habitat integrity indicator species, whose Community change were of 0.43 (Z-) and 0.79 (Z+). The research extended the knowledge of the occurrence and distribution of the Odonata species to the Northeast of Brazil, as well as to identify the effects of the structural variables (habitat integrity and canopy cover) on the richness and abundance of the suborder Anisoptera, as well as determining Species indicating the thresholds of habitat integrity where the occurrence and abundance of taxa occurs.

**Key words:** Checklist, ecophysiological conditions, environmental heterogeneity, dragonflies

## **LISTA DE SIGLAS**

**IIH** - Índice de Integridade de Habitat

**INDVAL** - Análise de Espécies Indicadoras

**IUCN** - União Internacional de Conservação da Natureza

**NCPA** - Análise de Ponto de Mudança

**TITAN** Análise de Táxons Indicadores de Limiares

**UC** - Unidades de Conservação

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru e do rio Parnaíba no município de Caxias (MA), localização em relação ao Brasil. ....	18
Figura 2. Riachos com diferentes influências de uso e ocupação do solo em Caxias, MA: A. Sumidouro do Padre (Ua3); B. Água Sumida (Ua20); C. Buriti Corrente (Ua16); D. Riachão (Ua5); E. Batatal (Ua11); F. Ouro (Ua9).....	20
Figura 3. Caracteres utilizados para identificação taxonômica ao nível de espécie da ordem Odonata: A: Nervuras das asas; B: Apêndice anal; C: Genitália secundária. ....	21
Figura 4. Curva de acumulação de espécies de Odonata coletadas em riachos de Caxias, Maranhão, Brasil. ....	36
Figura 5. Ordenação de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) dos ambientes amostrados com relação a composição de espécies de Odonata do município de Caxias, Maranhão, Brasil. ....	52
Figura 6. Distribuição da assembleia de Odonata ao longo de gradientes ambientais em riachos tropicais em Caxias, Maranhão. A) Gradiente de cobertura de dossel (%); B) Gradiente de integridade de habitat. ....	53
Figura 7. Análise de Táxons Indicadores de Limiars (TITAN) com resposta da comunidade de Odonata a integridade de habitat. O tamanho do círculo é proporcional à magnitude da resposta a pontuação Z. Linhas horizontais tracejadas que se sobrepõem a cada símbolo representam percentis 5° e 95° entre 250 repetições de inicialização.....	55
Figura 8. Valores de soma (Z+) e (Z-) correspondentes a todos os pontos de mudança ao longo do gradiente ambiental. As linhas verticais continua e tracejada representam a distribuição de frequência cumulativa de pontos de mudança entre 250 repetições de inicialização para soma (Z-) e soma (Z +), respectivamente.....	56

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Locais, siglas, coordenadas dos pontos de coleta amostrados nas Bacias Hidrográficas do Rio Itapecuru e do Rio Parnaíba, Caxias, Brasil. ....	19
Tabela 2. Número de espécies de Odonata coletas por família em Caxias (MA). ....	31
Tabela 3. Lista de espécie de Odonata para o estado do Maranhão, com respectivas referências de registro e fonte (NR, novo registro; PE, presente pesquisa). ....	32
Tabela 4. Resultados da Regressão Múltipla e dos coeficientes parciais para riqueza e abundância das subordens Anisoptera e Zygoptera em relação as variáveis ambientais dos riachos amostrados em Caxias (MA).....	51
Tabela 5. Índices da Análise de Táxons Indicadores de Limiares (TITAN) e resultados individuais dos pontos de mudança para % de dossel. ....	54
Tabela 6. Índices da Análise de Táxons Indicadores de Limiares (TITAN) e resultados individuais dos pontos de mudança para IHH.....	54

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	14
OBJETIVOS .....	16
GERAL .....	16
ESPECÍFICOS .....	16
HIPÓTESES TESTADAS .....	17
METODOLOGIA .....	17
Coleta, triagem e identificação de adultos de Odonata .....	20
Coleta dos Parametros Ambientais.....	22
REFERÊNCIAS .....	23
CHECKLIST DE ODONATA (INSECTA) PARA O ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL .....	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO .....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
REFERÊNCIAS .....	37
EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE RIACHOS SOBRE ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO MARANHÃO .....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT.....	43
INTRODUÇÃO .....	44
MATERIAIS E MÉTODOS .....	46
Área de estudo.....	46
Coleta, triagem e identificação de adultos de Odonata .....	47
Coleta dos parâmetros ambientais .....	48
ANÁLISE DE DADOS.....	49
RESULTADOS.....	50
DISCUSSÃO .....	56
REFERÊNCIAS .....	59
CONCLUSÃO GERAL .....	65
ANEXO A.....	66
APÊNDICE I .....	68
APÊNDICE II .....	69

## INTRODUÇÃO GERAL

Os insetos apesar de possuírem a maior biodiversidade da fauna do planeta, ainda são muito negligenciados nas pesquisas, mesmo havendo alguns grupos considerados importantes para os serviços ecossistêmicos por atuarem de forma ativa na polinização, na degradação de matéria orgânica, no controle biológico e na transferência de energia dentro da cadeia trófica (Gullan; Cranston, 2012).

Em riachos de primeira e segunda ordem, principalmente os que apresentam mata ciliar abundante, os insetos são importantes por participarem dos processos ecológicos relacionados às cadeias tróficas dos corpos hídricos, contribuindo na ciclagem da matéria e no fluxo de energia desses ecossistemas (Gonçalves Júnior *et al.*, 2014). Isso ocorre devido a matéria orgânica alóctone nestes locais ser a principal fonte de energia para o sistema, tendo em vista ocorrer uma redução na entrada de radiação solar, que ocasiona uma redução do processo fotossintético, fato que leva a esses locais apresentarem metabolismo heterotrófico dominante (Esteves; Gonçalves Júnior, 2011).

Além disso, os insetos são considerados bons bioindicadores ambientais e até mesmo mais eficientes do que os vertebrados por indicar alterações no ambiente ou responder as variações das condições de habitat, por estes serem facilmente amostrados e identificados, serem comuns ao longo de todo o ano, possuírem alta fidelidade a condições e recursos, e respondem rapidamente as alterações ambientais (Freitas; Francini; Brown Jr, 2006). Por estes motivos, tornam-se cada vez mais importantes no reconhecimento de padrões ecológicos dos ecossistemas e no monitoramento ambiental (Poletto, 2010).

Dentre os insetos, a ordem Odonata tem se destacado como organismos modelos para estudos ecológicos e evolutivos, sendo que para os ecossistemas aquáticos várias espécies têm sido eficientes bioindicadoras da qualidade ambiental (Carvalho *et al.*, 2013; Juen *et al.*, 2014; Miguel *et al.*, 2017a). Atualmente existem cerca de 6.500 espécies descritas em três subordens, das quais apenas Anisóptera e Zygoptera estão presentes para o Brasil, com cerca de 800 espécies descritas (Souza *et al.*, 2007), representando cerca de 48% das espécies neotropicais. Dentro dessa estimativa, o Brasil se apresenta como o país com a maior quantidade de espécies descritas, 860 distribuídas em 14 famílias e 145 gêneros (Pinto, 2016).

Para a região Neotropical há a ocorrência de duas subordens, Anisoptera e Zygoptera. Anisoptera possui a cabeça hemisférica grande anexada ao tórax por um pescoço

membranoso estreito (Garisson; Von Ellenrieder; Louton, 2006), os olhos ocupam quase toda a cabeça e são unidos, possui uma linha mediana de contato entre os dois, a célula discoidal da asa anterior é dividida em supatriângulo, triângulo e subtriângulo (Costa; Santos; Oldrini, 2012). Em Zygoptera os olhos são compostos e separados, as asas com a célula discoidal de ambas subquadrangular (Costa; Santos; Oldrini, 2012).

Ecologicamente, tanto larvas quanto adultos de odonatas são predadores, e apresentam alta fidelidade ao habitat, pois à maioria das espécies necessitam de condições restritas para ocupação de um determinado habitat (De Marco; Vianna, 2005; Mugnai, Nessimian, Baptista, 2010; Oliveira; Takeuchi; Cerutti, 2013). Alterações na estrutura do ecossistema como a redução na cobertura de dossel e da mata ciliar, podem ocasionar alterações na composição da assembleia de Odonata. Pois, afetam diretamente os padrões ecofisiológicos das espécies, alterando a entrada de luz necessária ao processo de termorregulação dos adultos (Monteiro Júnior *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2013; De Marco *et al.*, 2015).

A ordem Odonata em decorrência de suas exigências ecofisiológicas apresentam dois padrões de comportamento: um denominado “*Flier*”, pois seus representantes quando ativos permanecem em voo, e o outro denominado “*Percher*”, tendo em vista que no período de atividade os mesmos ficam revezando entre voos curtos e uma grande parte do tempo empoleirados (Cobert; May, 2008). Os “*Fliers*” possuem corpos grandes e fortes e através de seu vigoroso batimento de asas, são capazes de gerar calor interno, ou seja, são endotérmicos (May, 1976). Por outro lado, os “*Perchers*”, podem apresentar dois tipos de termorregulação, dependendo de seu tamanho corporal, os que possuem uma relação tamanho e volume que permite uma baixa condutância térmica, expõem-se diretamente a radiação solar para aquecer sua hemolinfa (heliotérmicos), e aqueles cuja relação tamanho e volume gera uma alta condutância térmica, dependendo da convecção da temperatura ambiental para seu aquecimento corporal, sendo denominados conformadores termais (May, 1976; De Marco; Resende, 2002; Cobert; May, 2008). Nesse aspecto, as espécies conformadoras termais (a maioria dos Zygoptera) são encontradas com maior frequência em ambientes com mata ciliar preservada e os Anisoptera devido sua dependência a incidência da luz solar direto sobre seus corpos, estão presentes em áreas abertas (hipótese ecofisiológica) (De Marco *et al.*, 2015).

Então, como observado os ecossistemas tendem a apresentar um gradiente na distribuição de suas condições, geralmente nesses casos pode ser observado um “*turnover*” de

espécies ao longo desses gradientes (Firmiano *et al.*, 2017). As ações antropogênicas podem criar limiares ecológicos dentro desses gradientes, nos quais ocorre uma mudança abrupta nas condições ecológicas (Baker; King, 2010).

Nestes gradientes ambientais a mudança na estruturação da comunidade ocorre de forma síncrona, mas com o surgimento de limiares ecológicos a mudança na composição da comunidade pode apresentar uma resposta não linear (Rodrigues *et al.*, 2016). Considerando que a estruturação da ordem Odonata apresenta-se bastante susceptível as mudanças ambientais, principalmente as que ocorrem na mata ripícola (Miguel *et al.*, 2017b), seus representantes podem ser bons indicadores de limiares ecológicos criados pelas ações antrópicas, como podem apresentar padrões não lineares de mudança na ocorrência e abundância de seus táxons.

Mesmo havendo um crescimento no conhecimento em âmbito mundial e brasileiro sobre a Odonatofauna nos últimos anos, no Brasil ainda há regiões com dados bastantes escassos, como é o caso do Nordeste (Miguel *et al.*, 2017b), sendo que nessa região o estado do Maranhão possui escassos registros sobre o grupo (De Marco; Vianna, 2005). Portanto, esta pesquisa é fundamental para a superação de lacunas de conhecimento sobre quais espécies existem e como elas estão distribuídas regionalmente, assim como compreender como as ações antropogênicas têm influenciado a estruturação deste táxon.

## **OBJETIVOS**

### **GERAL**

Registrar a ocorrência e a distribuição das espécies de libélulas (Odonata) adultos na Zona Ecotonal do Leste do Maranhão, testando a hipótese de que a perda de integridade de habitat, de cobertura de dossel da mata ciliar e a maior largura do canal do riacho afetam negativamente a estrutura da assembleia de Zygoptera e positivamente a de Anisoptera. Buscando estabelecer os pontos de mudança de abundância e ocorrência dos táxons dentro do gradiente ambiental.

### **ESPECÍFICOS**

➤ Identificar ao nível taxonômico de gênero, e morfoespeciar os espécimes de Odonata dos afluentes amostrados.

- Elaborar uma lista de espécies de Odonata com suas distribuições no estado do Maranhão e com os novos registros realizados no município de Caxias.
- Verificar o efeito das variáveis estruturais cobertura do dossel da mata ripária, da largura do canal do córrego e da integridade ambiental sobre a estruturação da comunidade de adultos de Odonata.
- Estabelecer os limites e pontos de mudança na abundância e ocorrência comunidade de Odonata.

## **HIPÓTESES TESTADAS**

H1. A redução da integridade de habitat, da cobertura de dossel e maior largura do canal dos córregos ocasionará uma menor riqueza de Zygoptera, devido às restrições de sua termorregulação em relação à Anisoptera, uma vez que a maior entrada de luz é favorável às espécies heliotérmicas.

H2. A alteração na integridade do habitat cria limiares ecológicos e pontos de mudança na abundância e frequência das espécies de Odonata por gerar gradientes nas condições estruturais dos ambientes lóticos.

## **METODOLOGIA**

Nesse estudo foi utilizado dados primários coletados diretamente em campo e por registros secundários, com base em coleções e em consultas a literatura científica. O registro secundário baseou-se na compilação de informações bibliográficas realizadas por De Marco e Vianna (2005), este banco de dados é composto por uma ampla revisão da literatura que é frequentemente atualizado, e por De Marco (2008), através de um artigo realizado na reserva do Itapiracó e Dalzochio et al (2011) que aponta a ocorrência de *Orthemis schimidti* para o estado do Maranhão, sendo uns dos poucos trabalhos realizados no estado do Maranhão.

Além de dados fornecidos por outros grupos de pesquisa no Brasil (liderados pelos pesquisadores Ângelo Machado e Frederico Lencioni), informações diretas de museus (Museu

Paraense Emílio Goeldi, Instituto de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal da Bahia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Universidade Federal de Goiás, Universidade Federal do Pará e Universidade Estadual do Maranhão) e dados de grupos de pesquisa nos estados do Amazonas, Mato Grosso, Maranhão, Pará e Rondônia e da coleta em campo no município de Caxias, Maranhão.

O município de Caxias (Figura 1) possui uma área de 5.197,32 Km<sup>2</sup>, localizado na parte leste do estado (Tabela 1) às margens da BR-316 (Fernandes *et al.*, 2010; Medeiros, 2015), ocupa uma posição próxima a faixa equatorial, o clima é quente e úmido, com um período chuvoso que vai de dezembro a maio e outro seco de junho a novembro, a temperatura média é de 28,2 °C, com médias das máximas de 27 °C e médias das mínimas de 17 °C. O índice pluviométrico está entre 1.100 e 1.500 mm/ano.

O município é banhado por três bacias, sendo a bacia do Itapecuru a principal de Caxias, com cerca de 3.567,40 Km<sup>2</sup> (68,4%) do território, a bacia do Parnaíba com 1.581,80 Km<sup>2</sup> (30,43%) e a bacia do rio Munin que representa apenas 0,98% do território. A área é considerada uma ecótono entre o Cerrado e a Caatinga, apresentando uma diversidade de biomas e formações vegetacionais (Medeiros, 2015).

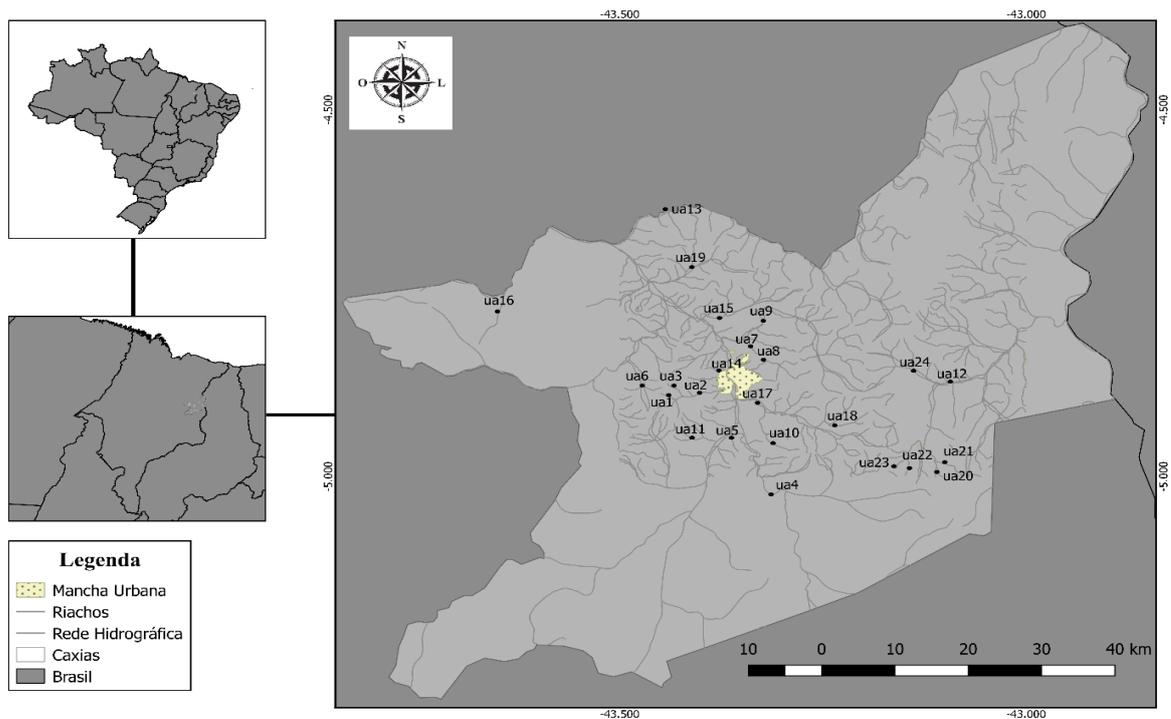


Figura 1. Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru e do rio Parnaíba no município de Caxias (MA), localização em relação ao Brasil.

As coletas ocorreram de abril de 2016 a abril de 2017, neste período foram amostrados 24 riachos. Os riachos que apresentam-se mais íntegros têm por principais características a presença de floresta contínua e poucas quebras na zona ripícola, que é formada predominantemente por árvores nativas, apresentam áreas de corredeiras com detritos de folhas e troncos, os ambientes alterados estão localizados em locais que apresentam algum grau de uso do solo, no entanto, a mata ripícola tem até 30 m de largura com poucas quebras, e é formada por árvores pioneiras mescladas com árvores maduras, possuem barrancos estáveis (Silva; Conceição, 2011; Neto, 2015).

Os ambientes degradados possuem algum padrão de uso do solo, mas sua mata ciliar está ausente, podem apresentar alguma vegetação arbustiva geralmente com quebras frequentes, quase não apresenta dispositivos de retenção. (Tabela 1; Figura 2). Na maior parte destas áreas o uso e ocupação do solo descontrolado têm gerado diversos danos à integridade física das bacias, sendo os mais visíveis o desmatamento para fins agrícolas, atividade que vem sendo realizada desde o início do século XIX e da expansão urbana, principalmente a partir dos anos de 1990 (Silva; Conceição, 2011; Neto, 2015).

Tabela 1. Locais, siglas, coordenadas dos pontos de coleta amostrados nas Bacias Hidrográficas do Rio Itapecuru e do Rio Parnaíba, Caxias, Brasil.

<b>Amostras</b>	<b>Igarapés</b>	<b>Coordenadas</b>	
ua1	Inhamum	-43,5853	-5,0367
ua2	Soledade	-43,4628	-5,0075
ua3	Sumidouro	-43,5619	-4,9614
ua4	Deserto	-43,4439	-5,9136
ua5	Riachão	-43,4239	-5,1719
ua6	Areia Branca	-43,4858	-5,0372
ua7	Lamego	-43,4386	-5,1375
ua8	São José	-43,3997	-4,9019
ua9	Ouro	-43,5586	-4,7111
ua10	Planalçúcar	-43,4756	-4,9689
ua11	Batatal	-43,4194	-5,0669
ua12	Buriti	-43,1197	-5,0594
ua13	Limpeza	-43,5586	-4,7122
ua14	Sanharó	-43,4642	-4,8972
ua15	Cocos	-43,4417	-4,9236
ua16	Buriti Corrente	-43,8258	-4,8044
ua17	Itapecuruzinho	-43,4783	-5,0791
ua18	Lava-Pé	-43,4222	-5,1000

ua19	Poço Dantas	-43,5547	-4,8400
ua20	Água Sumida	-43,1292	-5,0011
ua21	Caititu	-43,2522	-5,0247
ua22	Xanadu	-43,3352	-5,0333
ua23	Bate-Forquilha	-43,1519	-5,1725
ua24	Barragem	-43,3822	-5,1706

Nota: As coordenadas foram tomadas em graus decimais.

## COLETA, TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE ADULTOS DE ODONATA

Para a coletados espécimes adultos seguiu-se a metodologia de varredura em áreas fixas usadas por Juen; De Marco (2011) e Juen *et al.*, (2014), onde foi demarcado um trecho de 100 metros às margens dos riachos amostrados, sendo divididos em 20 segmentos de cinco metros. Com o uso de rede entomológica foram coletados os indivíduos presentes em cada um dos segmentos. O tempo médio de permanência em cada ponto de amostragem foi de uma hora, preferencialmente das 10 às 14 horas, possibilitando que todos os grupos estivessem ativos no momento da coleta.



Figura 2. Riachos com diferentes influências de uso e ocupação do solo em Caxias, MA: A. Sumidouro do Padre (Ua3); B. Água Sumida (Ua20); C. Buriti Corrente (Ua16); D. Riachão (Ua5); E. Batatal (Ua11); F. Ouro (Ua9).

No campo, após os espécimes serem coletados foram acondicionados em envelopes de papel-de-seda e transportados até o Laboratório de Entomologia Aquática, na Universidade Estadual do Maranhão-Campus Caxias. No laboratório, os envelopes com os espécimes foram imersos em acetona P.A. durante 24hs (Zygoptera) e 48hs (Anisoptera). Posteriormente, os espécimes foram retirados dos envelopes e colocados em papel toalha para secagem por evaporação, em seguida foram acondicionamento em envelopes plásticos sobre papel cartão, para identificação, seguindo o protocolo de Lencioni (2005).

A identificação ao nível de espécies ou morfoespécies foi realizada utilizando-se chaves taxonômicas especializadas (Lencioni 2005; 2006; Garrison *et al.*, 2006; Heckman, 2006, 2008; Garrison, 2009; Garrison *et al.*, 2010; Von Ellenrieder, 2012; Garrison; Von Ellenrieder, 2015). As principais características utilizadas para identificação foram: a nervação das asas, os apêndices anais e a genitália acessória (Figura 3). A confirmação da identificação das espécies de Zygoptera foi realizada por Frederico A. Lencioni, e a confirmação das espécies do gênero *Erythrodiplax* foi realizada por Alejandro Del Palácio do Museu de La Plata, Argentina. A classificação sistemática usada no estudo segue a proposta de Dijkstra *et al.* (2014).

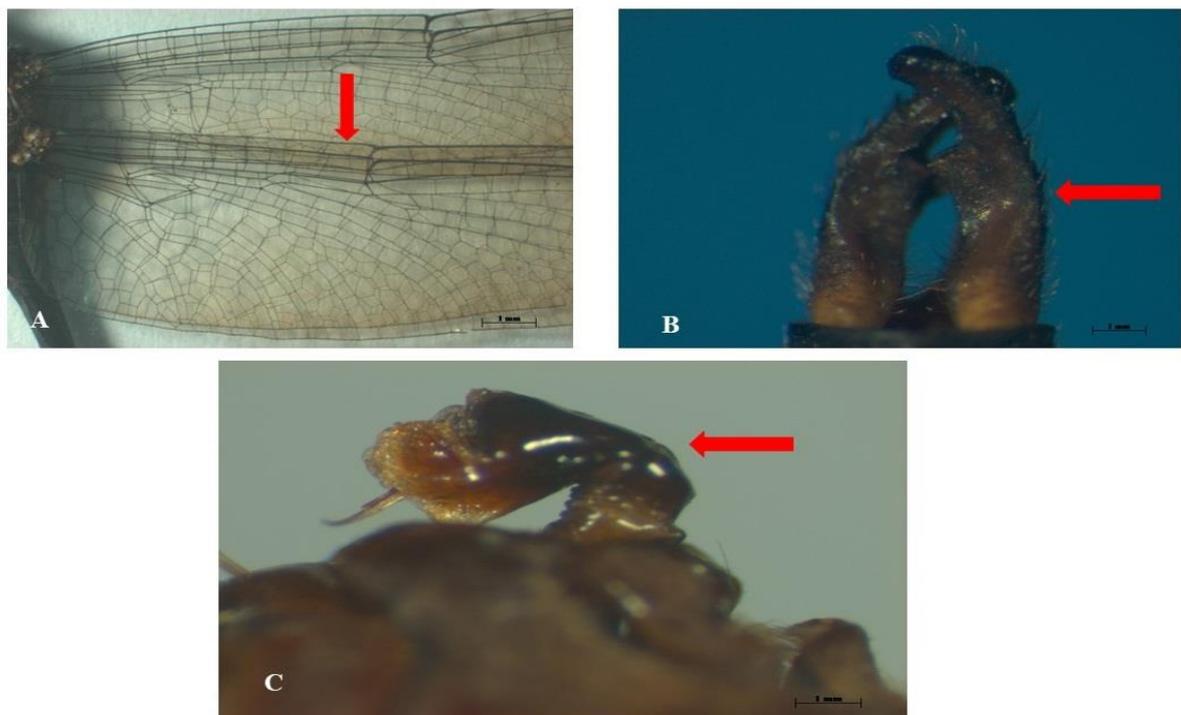


Figura 3. Caracteres utilizados para identificação taxonômica ao nível de espécie da ordem Odonata: A: Vista dorso-lateral das nervuras das asas; B: vista dorsal do apêndice anal, apresentado os cercos superiores inseridos no décimo segmento abdominal; C: Genitália secundária inserida no segundo segmento abdominal, posição ventral.

## COLETA DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS

As coordenadas geográficas dos pontos amostrados foram identificadas usando GPS eTrex 30. Em cada ponto foram mensurados os parâmetros ambientais como integridade do habitat, com o objetivo de avaliar o efeito das mudanças da paisagem sobre a estrutura e funcionalidade dos córregos amostrados. A cobertura do dossel com intuito de mensurar o sombreamento dentro do ecossistema, tendo em vista esta variável influenciar na estruturação da comunidade, e a largura do igarapé pois independente de seu estado de conservação riachos mais largos podem ter uma comunidade diferente em decorrência da maior entrada de luz no sistema.

As características estruturais do riacho foram mensuradas aplicado o Índice de Integridade de Habitat (IIH) (Anexo I). Esse índice leva em consideração a avaliação de 12 características das condições ambientais, e assim realiza-se uma avaliação visual em relação ao uso da terra, zona ribeirinha, características do leito, e morfologia do canal de fluxo (Nessimian *et al.*, 2008). Esse questionário pode ser aplicado a todos os tipos de riachos, o mesmo possui valores que vão de zero a um, sendo que os mais próximos de um indicam uma área com maior integridade (Nessimian *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2013).

Para avaliar o sombreamento dentro do riacho foi utilizado um densiômetro convexo, este consiste de um espelho convexo com centro dividido em 24 quadrantes, destes quadrantes foram selecionados 17 vértices, as leituras de quantos vértices refletiam o dossel foram feitas ao Norte, Sul, Leste e Oeste a 1 m do solo, no centro, na margem direita e esquerda do córrego, o valor final de cobertura foi a média destas medidas, posteriormente através de regra de três simples a média dos valores dos vértices foram transformadas em porcentagem de cobertura. A largura do riacho foi aferida com uma trena de 50 m, esses parâmetros foram avaliados em três pontos: no início, no meio e no final do transecto, sendo a largura final a média dessas medidas.

## REFERÊNCIAS

- BAKER, M. E.; KING, R. S. A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 25–37, 2010.
- CARVALHO, F. G. *et al.* Efeitos da retirada da vegetação marginal sobre a comunidade de Odonata. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 10–18. 2013.
- COBERT, P. S.; MAY, M. L. Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. **International Journal of Odonatology**, v. 11, n. 2, p. 155-171. 2008.
- COSTA, J. M.; SANTOS, T. C.; OLDRINI, B. B. Odonata Fabricius, 1792. In: RAFAEL, J. A. *et al.* (Ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos editora, 2012.
- DALZUCHIO, M. S. *et al.* First Records of Odonata (insecta) From the Bodoquena Mountains, Mato Grosso do Sul, Brazil. **EntomoBrasilis**, v. 4, n.3, p. 135-138, 2011.
- DE MARCO. Libellulidae (Insecta: Odonata) from Itapiracó reserve, Maranhão, Brazil: new records and species distribution information. **Acta Amazonica**, vol. 38, n. 4, p. 819 – 822. 2008.
- DE MARCO, P.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Community Assembly of Adult Odonates in Tropical Streams: An Ecophysiological Hypothesis. **PLoS ONE** v.10, n. 4, p. 1-17, 2015.
- DE MARCO, P.; RESENDE, D. C. Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. **Odonatologica**, v.31, n. 2, p. 129-138. 2002.
- DE MARCO, P.; VIANNA, D. M. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil – subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. **Lundiana**, v. 6 (supplement), p. 13-26. 2005.
- DIJKSTRA, K. B. *et al.* Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of Zygoptera. **Systematic Entomology**, v. 39, p. 68-96. 2014.
- ESTEVEZ, F. A.; GONÇALVES JÚNIOR, J. F. Etapas do metabolismo aquático. In: ESTEVES, F. A. *et al.* **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FERNANDES, R. S. *et al.* Samambaias e licófitas do município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 5, n. 3, p. 345-356. 2010.
- FIRMIANO, K. R. *et al.* Mayfly bioindicator thresholds for several anthropogenic disturbances in neotropical savanna streams. **Ecological Indicators**, v. 74, p. 276–284, 2017.
- FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B.; BROWN Jr., K. S. Insetos como indicadores ambientais. In: CULLEN, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, 2006.

- GARRISON, R. W.; VON ELLERIEDER, N.; LOUTON, J. A. **Dragonfly Genera of the New World: an illustrated and annotated key to the Anisoptera**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2006.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos: um resumo de entomologia**. São Paulo: Roca, 2012.
- GONÇALVES JÚNIOR, J. F. et al. Uma visão sobre a decomposição foliar em sistemas aquáticos brasileiros. In: HAMADA, N; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos Aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014.
- JUEN, L. et al. Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 175 – 184. 2014.
- JUEN, L.; DE MARCO, Jr, P. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. **Insect Conservation and Diversity**, v.4, p. 265–274. 2011.
- LENCIONI, F.A.A. **The damselflies of Brazil: an illustrated identification guide**. 2, Coenagrionidae. São Paulo: All Print Editora. 2006.
- MAY, M. L. Thermoregulation and adaptation to temperature in dragonflies (ODONATA: ANISOPTERA). **Ecological Monographs**, v. 46, p. 1-32. 1976.
- MEDEIROS, R. N. Visões da natureza. In: SOUSA, I. G.; VIANNA, J. M.; MENESES, R. L. **Cartografias invisíveis: saberes e sentires de Caxias**. Caxias: Academia Caxiense de Letras, 2015.
- MIGUEL, T. B. et al. A scientometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. **International Journal of Odonatology**, v. 20, n.1, p. 27-42, 2017a.
- MIGUEL, T. B. et al. Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 81, p. 555–566, 2017b.
- MONTEIRO JÚNIOR, C. et al. Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. **International Journal of Odonatology**, v. 16, n. 2, p. 135–144. 2013.
- MUGNAI, R.; NESSEMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Rio de Janeiro**. 1 ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010.
- NESSIMIAN, J. L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hidrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117-131. 2008.
- NETO, E. B. Desenvolvimento urbano. In: SOUSA, I. G.; VIANNA, J. M.; MENESES, R. L. **Cartografias invisíveis: saberes e sentires de Caxias**. Caxias: Academia Caxiense de Letras, 2015.

OLIVEIRA, E.; TAKEUCHI, S.S.; CERUTTI, V. E. Assembleia de Larvas de Odonata (Insecta) em ambientes límnicos do Parque Estadual de Vila Velha, Paraná, Brasil. **Estudos de Biologia**, n. 85, v. 35, p. 163-176. 2013.

PINTO, A. P. Informativo da Sociedade Brasileira de Zoologia: A fauna de libélulas da América do Sul: a última fronteira a ser desvendada. **Zoologia**. v. 117, p. 7 – 9. 2016.

POLETO, C. **Introdução ao gerenciamento ambiental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

RODRIGUES, M. E. et al. Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savanna landscape. **Biological Conservation**, v. 194, p.113–120, 2016.

SOUZA, L.O.I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. 2007. Odonata In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.). Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online).

SILVA, D. J.; CONCEIÇÃO, G. M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, v.7, n.1, 012401. 2011.

**Artigo 1**

**CHECKLIST DE ODONATA (INSECTA) PARA O ESTADO DO  
MARANHÃO, BRASIL**

Formatado de acordo com as normas da revista *Iheringia Série Zoologia*

Apêndice I

## CHECKLIST DE ODONATA (INSECTA) PARA O ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Daniel Silas Veras<sup>1,2</sup>, Carlos Augusto Silva de Azevêdo<sup>2</sup> e Leandro Juen<sup>3</sup>

1. Instituto Federal do Maranhão. Campus Caxias. [daniel.veras@ifma.edu.br](mailto:daniel.veras@ifma.edu.br)

2. Universidade Estadual do Maranhão. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde. Laboratório de Entomologia Aquática. Centro de Estudos Superiores de Caxias. 65604.380. Caxias, MA, Brasil. [casazevedo@yahoo.com.br](mailto:casazevedo@yahoo.com.br)

3. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Biológicas. Laboratório de Ecologia e Conservação.

### RESUMO

A ordem Odonata possuem representantes que estão amplamente distribuídos na região Neotropical, apesar de sua ampla distribuição, há regiões que apresentam lacunas sobre as espécies que ocorrem em seus territórios. O Maranhão é um dos estados que apresenta poucos estudos sobre o táxon, apresentando apenas uma lista para Libellulidae no qual há o registro de 23 espécies, assim o presente trabalho apresenta a ampliação nos registros de espécies para o estado. O estudo foi realizado no município de Caxias (MA), Brasil, sendo amostrados 24 riachos, entre abril de 2016 a abril de 2017. No estudo foi coletado um total de 844 espécimes de Odonata, distribuídos em 59 espécies, 27 gêneros e sete famílias. A família com maior representatividade de espécies foi Libellulidae (48,94%) seguida de Coenagrionidae (38,30%). Do total de espécimes, registrou-se 46 novas ocorrências para o estado do Maranhão elevando-se o registro de 23 espécies para 69 espécies, das quais um gênero e 17 espécies podem ser novos registros para o Nordeste.

**PALAVRAS-CHAVE.** Anisoptera, libélulas, ecótono, Zygoptera.

### ABSTRACT

The Odonata order have representatives that are largely distributed in the Neotropical region, even though their large distribution, there are regions that present gaps on the species that occur in their territories. Maranhão is one of the states that has few studies about the taxon, presenting only a list for Libellulidae in which there is a record of 23 species, so the present study introduce the expansion in the registers of species to the state. The study was realized in the city of Caxias (MA), Brazil, 24 streams were sampled from April 2016 to April 2017. In the study was collected a total of 844 specimens of Odonata, distributed in 59 species, 26 genus and seven families. The most representative family of species was Libellulidae (48.94%) followed by Coenagrionidae (38.30%). Of the total of specimens, 46 new occurrences were registered for the state of Maranhão rising the record of 23 species for 69 species, of which one genus and 17 species may be new records for the Northeast.

**KEY-WORDS.** Anisoptera, ecotone, dragonflies, Zygoptera.

## INTRODUÇÃO

A ordem Odonata está amplamente distribuída em todos os continentes com exceção da Antártida. Tanto as larvas quanto os adultos possuem uma grande variedade de habitats no ambiente aquático e terrestre (KALKMAN *et al.*, 2008; ROGRIGUES & ROQUE, 2017). A Base de Dados Global de Espécies de Odonata preparada para o Catálogo da Vida indicou que até o ano de 2010 havia a descrição de 5.952 espécies deste táxon (DIJKSTRA *et al.*, 2013), enquanto que para a região Neotropical até o ano de 2009 haviam 1.727 espécies descritas, fato que a indicava como a mais rica em descrições (VON ELLENRIEDER, 2009), para o Brasil é apontado a descrição de 851 espécies válidas destas 172 endêmicas para o país (PINTO, 2017).

No mundo assim como no Brasil, as alterações ambientais têm afetado bastante a diversidade biológica, o que é um fato muito preocupante, pois há um déficit considerável em nossa capacidade em descrever a diversidade (identificação e a catalogação), bem como, em conhecer a real distribuição espacial das espécies (RENNER *et al.*, 2013; CALVÃO *et al.*, 2014). Esses dois processos são conhecidos como déficit Lineanos e Wallaceanos, afetando profundamente a capacidade de se estabelecer estratégias de conservação eficientes para as espécies, este problema afeta a maioria das espécies, mas em especial aquelas mais sensíveis como Odonata (DE MARCO & VIANNA, 2005; WHITTAKER *et al.*, 2005), pois a biodiversidade pode estar sendo perdida, antes mesmo de ter sido descrita pela ciência.

A superação das lacunas Lineanas e Wallaceanas para a ordem Odonata são de extrema importância, pois diversos estudos têm apontado esse táxon como bioindicadores de alteração ambiental, em decorrência de suas condições ecofisiológicas e de sua posição de predador de topo na cadeia alimentar (SILVA-PINTO *et al.*, 2012; RENNER *et al.*, 2013; JÜEN *et al.*, 2014). Considerando a utilidade das libélulas como ferramentas eficientes para o manejo e conservação da natureza, tem havido um esforço para a construção de bancos de dados de distribuição das espécies e disponibilização de informações sobre sua endemidade. Além disso, a lista vermelha de organismos ameaçados de extinção da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) indica que uma em cada dez espécies de Odonata estão ameaçadas (CLAUSNITZER *et al.*, 2009; KALKMAN *et al.*, 2008). Para o Brasil o Livro vermelho da fauna brasileira indicou que das 754 espécies de Odonata avaliadas 18 espécies estão ameaçadas de extinção (ICMBio, 2016).

De Marco & Vianna (2005) ao avaliar a distribuição de estudos de Odonata no Brasil, detectaram que o conhecimento ainda era muito incipiente e concentrado principalmente em torno de centros de pesquisas tradicionais da ordem, como o Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Manaus. Apesar de se ter observado um aumento no número de estudos com a ordem (DE MARCO *et al.*, 2015; OLIVEIRA-JUNIOR *et al.*, 2015; JUEN, *et al.*, 2016), e algumas listas de espécies terem sido publicadas, especialmente para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil (COSTA & OLDRINI, 2005; SOUZA *et al.*, 2013; KITTEL & ENGELS, 2014; CALVÃO *et al.*, 2014; RENNEN, *et al.*, 2015; RENNEN *et al.*, 2016), ainda há muitos locais que permanecem sem conhecimento da sua biodiversidade, dentre esses pode ser citado o Nordeste brasileiro (MIGUEL *et al.*, 2017) que precisa do aumento das pesquisas para solucionar essas lacunas, e diminuir os déficits existentes para ordem Odonata.

Portanto, regiões importantes e pouco exploradas como o Nordeste (principalmente os estados do Piauí e do Maranhão) apresentam escassos registros da ocorrência e da distribuição de espécies da ordem Odonata (DE MARCO, 2008; DE MARCO & VIANNA, 2005). Mas em trabalho recente TAKYIA *et al.* (2016) aumentou o número de registros do grupo para os estados do Ceará e Piauí. Para o Maranhão a diversidade de Odonata registrada é incipiente com registro de apenas 24 espécies. A única lista de espécies existente refere-se ao trabalho realizado para a Reserva do Itapiracó em São Luís com ênfase na família Libellulidae (DE MARCO, 2008), fato limitante no que se refere ao conhecimento do grupo para o estado, bem como, a sua real biodiversidade para o Brasil.

Uma vez que a baixa quantidade de espécies registradas seja em virtude do pequeno esforço amostral, e que a biodiversidade deve ser similar a encontrada em outros estados, ou até mesmo maior, pois o Maranhão possui várias fitofisionomias, estando em áreas de ecótono de grandes biomas como a Caatinga, Cerrado e Floresta Amazônica. Então, deve-se considerar a importância deste estudo devido à área de levantamento está na transição entre o Cerrado e a Caatinga possuindo uma grande heterogeneidade ambiental, fato que pode influenciar bastante na composição de espécies ocorrentes nesta região. Em virtude desse cenário o objetivo deste capítulo foi de elaborar uma lista de espécies de Odonata registradas para o Maranhão e sua ampliação com os novos registros realizados no município de Caxias.

## MATERIAL E MÉTODOS

No estudo foram amostrados 24 riachos, no município de Caxias (MA) que está localizado no leste maranhense, a área é uma ecótono entre o Cerrado e a Caatinga, a vegetação típica é a floresta equatorial aberta (MEDEIROS, 2015). As coletas ocorreram de abril de 2016 a abril de 2017, e para a captura dos adultos utilizou-se a metodologia de varredura em áreas fixas como nos trabalhos de JUAN & DE MARCO (2011), JUAN *et al.*, (2014) e os procedimentos de conservação seguiram o protocolo de LENCIONI (2005).

A identificação foi realizada através de chaves taxonômicas especializadas (GARRISON; VON ELLENRIEDER, 2015; VON ELLENRIEDER, 2012; GARRISON, 2009; GARRISON *et al.*, 2010; GARRISON *et al.*, 2006; HECKMAN, 2006, 2008; LENCIONI 2005; 2006). A confirmação da identificação das espécies de Zygoptera foi realizada por Frederico A. Lencioni, e a confirmação das espécies do gênero *Erythrodiplax* foi realizada por Alejandro Del Palacio do Museu de La Plata, Argentina. A classificação sistemática usada no estudo segue a proposta de Dijkstra *et al.* (2014).

O registro secundário tem por base as informações bibliográficas realizadas por De Marco e Vianna (2005), este banco de dados é composto por uma ampla revisão da literatura que é frequentemente atualizado, e por De Marco (2008), que é um artigo realizado na reserva do Itapiracó e Dalzochio *et al.* (2011) que aponta a ocorrência de *Orthemis schimidti* para o estado, são uns dos poucos trabalhos realizados no estado do Maranhão.

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

Considerando que é praticamente impossível determinar a riqueza total de uma área, principalmente nos trópicos que apresentam uma alta diversidade, bem como é importante que os inventários faunísticos adotem protocolos de coleta e análise de dados de riqueza de espécie comparáveis (SANTOS, 2006; MAGURRAN, 2013). O presente trabalho adotou a construção de uma curva de acumulação de espécie, pois este método pode ser extrapolado para estimar a riqueza total de uma assembleia, além de demandar que as amostras sejam obtidas de forma sistemática (MAGURRAN, 2013)

Para a construção da curva de acumulação de espécies adotou-se o estimador não paramétrico de primeira ordem Jackknife, esse método calcula a estimativa de riqueza total

somando a riqueza observada ao número de espécies que ocorrem em apenas uma amostra (espécie rara) mais o número de amostras (SANTOS, 2006), ou seja, leva em consideração a variabilidade em um conjunto de dados e é estimada excluindo sistematicamente cada observação e recalculando a estatística (GONTELLI & ELLISON, 2011). As análises estatísticas de riqueza estimada foram realizadas com o software EstimateS 7 (COLWELL, 2000) e com o ambiente estatístico R 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015), considerando intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foram coletados 844 espécimes, sendo que dois espécimes de Aeshanidae (*Neuraeschna calverti* e *Coryphaeschna* sp.) foram coletados fora do delineamento, estando distribuídos em sete famílias e 27 gêneros, em Anisoptera a família mais representativa foi Libellulidae (n=31), enquanto que em Zygoptera foi a família Coenagrionidae (n=18) (Tabela 2).

Neste trabalho registrou-se 59 espécies (Tabela 2), destas 45 são novas ocorrências para o estado do Maranhão, passando-se de 24 espécies para 69 espécies (DE MARCO, 2008), representando um aumento de cerca de 2,5 vezes os registros para o estado. Há um novo registro de gênero (*Neuraeschna*) e de 17 espécies para a região Nordeste, sendo que uma dessas espécies (*Hetaerina* sp. nov.), está sendo descrita pelo Dr. Ângelo Machado (Lencioni, pers. comm.) (Tabela 3).

Tabela 2. Número de espécies de Odonata coletas por família em Caxias (MA).

Subordem/Família	n°.	%	Abundância
<b>Zygoptera</b>			
Coenagrionidae	18	30,50	527
Calopterygidae	4	6,78	30
Lestes	1	1,69	1
Perilestidae	1	1,69	3
<b>Anisoptera</b>			
Libellulidae	31	52,54	279
Aeshanidae	3	5,08	3
Corduliidae	1	1,69	1
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>100</b>	<b>844</b>

Tabela 3. Lista de espécie de Odonata para o estado do Maranhão, com respectivas referências de registro e fonte (NR, novo registro; PE, presente pesquisa).

<b>SUBORDEM</b>				
<b>Família</b>				
<b>Gênero e Espécie</b>	<b>Registros</b>	<b>Fonte</b>	<b>Município</b>	<b>Riachos</b>
<b>ZYGOPTERA</b>				
<b>Coenagrionidae</b>				
<i>Argia hasemani</i> Calvert 1909	NR	PE	CX	Ua2; ua3; ua5; ua16
<i>Argia lilacina</i> Selys, 1865	NR	PE	CX	Ua1; ua18
<i>Argia indicatrix</i> Calvert, 1901	NR*	PE	CX	Ua1
<i>Argia reclusa</i> Selys, 1865	NR	PE	CX	Ua2;ua3; ua4; ua5; ua6; ua7; ua8; ua10; ua12; ua16; ua17; ua20; ua21
<i>Acanthagrion aeopilum</i> Tennessen, 2004	NR*	PE	CX	Ua4; ua5;ua7; ua8;ua10; ua11; ua12; ua13;ua14;ua15; ua17; ua18; ua21; ua22;ua24
<i>Acanthagrion gracile</i> (Rambur, 1842)	NR	PE	CX	Ua2; ua3; ua7; ua8; ua10; ua11; ua12; ua13; ua14; ua15; ua17; ua18; ua20; ua22; ua23; ua24
<i>Epipleoneura venezuelensis</i> Rácenis, 1955	NR	PE	CX	Ua4; Ua5; ua17
<i>Epipleoneura westfalli</i> Machado, 1986	NR*	PE	CX	Ua12; ua16
<i>Epipleoneura williamsoni</i> Santos, 1957	NR	PE	CX	Ua1; Ua2; ua3; ua6
<i>Epipleoneura metallica</i> Rácenis, 1955	NR	PE	CX	Ua1; ua2; ua3; ua6; ua14; ua16; ua18; ua20; ua21; ua24
<i>Neoneura sylvatica</i> Hagen, 1886	NR	PE	CX	Ua5; ua16; ua17
<i>Neoneura confundens</i> Wasscher & Van't Bosch, 2013	NR*	PE	CX	Ua5
<i>Ischnura capreolus</i> (Hagen, 1861)	NR	PE	CX	Ua9
<i>Ischnura fluviatilis</i> Selys, 1876	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-

<i>Telebasis coccinea</i> (Selys, 1876)	NR	PE	CX	Ua2; Ua7; ua9
<i>Telebasis filiola</i> (Perty, 1834)	NR	PE	CX	Ua13
<i>Telebasis griffinii</i> (Martin, 1896)	NR*	PE	CX	Ua24
<i>Telebasis sanguinalis</i> Calvert, 1909	NR*	PE	CX	Ua22
<i>Tigriagrion aurantinigrum</i> Calvert, 1909	NR	PE	CX	Ua2; ua5; ua7; ua8; ua12; ua18; ua21; ua24
<b>Calopterygidae</b>				
<i>Hetaerina auripennis</i> (Burmeister, 1839)	NR	PE	CX	Ua1; ua4; ua5
<i>Hetaerina rosea</i> Selys, 1853	NR	PE	CX	Ua17
<i>Hetaerina sanguinea</i> Selys, 1853	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua4; ua17
<i>Hetaerina</i> sp. nov. (Lencioni, pers. comm.)	NR*	PE	CX	Ua3; ua16
<b>Lestidae</b>				
<i>Lestes forficula</i> Rambur, 1842	NR	PE	CX	Ua19
<b>Perilestidae</b>				
<i>Perilestes solutus</i> Williamson & Williamson, 1924	NR	PE	CX	Ua4; ua13
<b>ANISOPTERA</b>				
<b>Aeshnidae</b>				
<i>Neuraeschna calverti</i> Kimmins, 1951**	NR*	PE	CX	Ua7
<i>Remartinia</i> sp.	NR	PE	CX	Ua20
<i>Coryphaeschna</i> sp.**	NR	PE	CX	Ua7
<b>Corduliidae</b>				
<i>Dasythemis essequiba</i> Ris, 1919	NR*	PE	CX	Ua6
<b>Libellulidae</b>				
<i>Brachymesia herbida</i> (Gundlach, 1889)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua9
<i>Diastatops obscura</i> (Fabricius, 1775)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua5; Ua6; ua9; ua7; ua8; ua12; ua24
<i>Dythemis sterilis</i> Hagen, 1861	NR*	PE	CX	Ua15
<i>Erythrodiplax castanea</i> (Burmeister, 1839)	NR*	PE	CX	Ua6
<i>Erythrodiplax basalis</i> (Kirby, 1897)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; <u>SL</u>	Ua1; ua2; ua5; ua7; ua8; ua9; ua10; ua11; ua15; ua20; ua22; ua24

---

<i>Erythrodiplax fusca</i> (Rambur, 1842)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua2; ua5; ua7; ua8; ua9; ua11; ua15; ua20; ua21; ua22
<i>Erythrodiplax latimaculata</i> (De Geer, 1773)	NR	PE	CX SL	Ua7; ua8; ua9
<i>Erythrodiplax media</i> Borrer, 1942	De Marco, 2008	De Marco, 2008		-
<i>Erythrodiplax melanica</i> Borrer, 1942	NR*	PE	CX	Ua6; ua24
<i>Erythrodiplax paraguayensis</i> (Förster, 1905)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-
<i>Erythrodiplax ochracea</i> (Burmeister, 1839)	NR	PE	CX	Ua11; ua15
<i>Erythrodiplax umbrata</i> Linnaeus, 1758	NR	PE	CX	Ua19; ua21
<i>Erythemis carmelita</i> (Williamson, 1923)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-
<i>Erythemis haematogastra</i> Burmeister, 1839	NR	PE	CX	Ua11; ua24
<i>Erythemis peruviana</i> (Rambur, 1842)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua7; ua8; ua9;
<i>Erythemis plebeja</i> (Burmeister, 1839)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua5; ua12
<i>Erythemis vesiculosa</i> (Fabricius, 1775)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua19
<i>Miathyria marcella</i> (Selys & Sagra 1857)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-
<i>Micrathyria pseudeximia</i> Westfall, 1992	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL; TM	Ua8; ua23
<i>Micrathyria ocellata dentiens</i> Calvert, 1909	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL: GD	Ua19
<i>Micrathyria romani</i> Sjöstedt, 1918	NR*	PE	CX	Ua9; ua11; ua13; ua15; ua17
<i>Nephepeltia phryne</i> (Perty, 1834)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua11
<i>Nephepeltia cf flavifrons</i> (Karsch, 1889)	NR*	PE		Ua23
<i>Nephepeltia</i> sp.	NR	PE	CX	Ua11
<i>Oligoclada abbreviata limnophila</i> Machado, 1993	NR	PE	CX	Ua5
<i>Oligoclada xanthopleura</i> Borrer, 1931	NR*	PE	CX	Ua24

---

<i>Orthemis ambinigra</i> Calvert, 1909	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-
<i>Orthemis biolleyi</i> Calvert, 1906	NR*	PE	CX	Ua6; ua14
<i>Orthemis cultriformis</i> Calvert, 1899	NR*	PE	CX	Ua14
<i>Orthemis discolor</i> (Burmeister, 1839)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL	-
<i>Orthemis schmidti</i> Buchholz, 1950	Dalzochio et al, 2011	Dalzochio et al, 2011	CX	Ua7; ua9; ua19
<i>Orthemis cf sulphurata</i> Hagen, 1868	NR	PE	CX	Ua9
<i>Orthemis</i> sp.	NR	PE	CX	Ua7; ua9
<i>Perithemis lais</i> (Perty, 1834)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua3; ua5; ua7; ua11; ua13; ua14 ua15; ua17; ua18; ua21; ua22; ua24
<i>Perithemis mooma</i> Kirby, 1889	NR	PE	CX	Ua9; ua10; ua11; ua15; ua17; ua22; ua24
<i>Tramea binotata</i> (Rambur, 1842)	NR	PE	CX	Ua9
<i>Uracis fastigiata</i> (Burmeister, 1839)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	RS	-
<i>Uracis imbuta</i> (Burmeister, 1839)	De Marco, 2008	De Marco, 2008	IPZ; RS	-
<i>Uracis siemensi</i> Kirby, 1897	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SLZ	-
<i>Zenithoptera anceps</i> Pujol-Luz, 1993	De Marco, 2008	De Marco, 2008	SL; SLZ; IPZ	-
<i>Zenithoptera lanei</i> Santos, 1941	De Marco, 2008	De Marco, 2008	CX; SL	Ua1; ua2; ua3; ua6; ua23; ua24

\*Novos registros para o Nordeste; \*\*Espécimes coletados fora do delineamento. Siglas: CX= Caxias; GD= Gonçalves Dias; SL= São Luís; SLZ= Santa Luzia; IPZ= Imperatriz; TM= Timon; RS= Rosário

A riqueza de espécies estimada por Jackknife foi de  $67,98 \pm 3,57$  (média  $\pm$  desvio padrão), a eficiência de coleta (riqueza estimada/riqueza observada) foi de 84% (Figura 4) o que corrobora com a estabilidade da curva (assíntota). A riqueza de espécies encontrada neste trabalho é próxima aos levantamentos realizados em Nova Xavantina no qual foram apontadas 67 espécies (CALVÃO *et al.*, 2014) em Manaus que identificou a ocorrência de 60 espécies (MONTEIRO-JUNIOR *et al.*, 2015), e a de Paragominas com cerca de 70 espécies (OLIVEIRA-JUNIOR *et al.*, 2015), e maior do que a encontrada na reserva Ducke que indicou 19 espécies (JUN & DE MARCO, 2011).

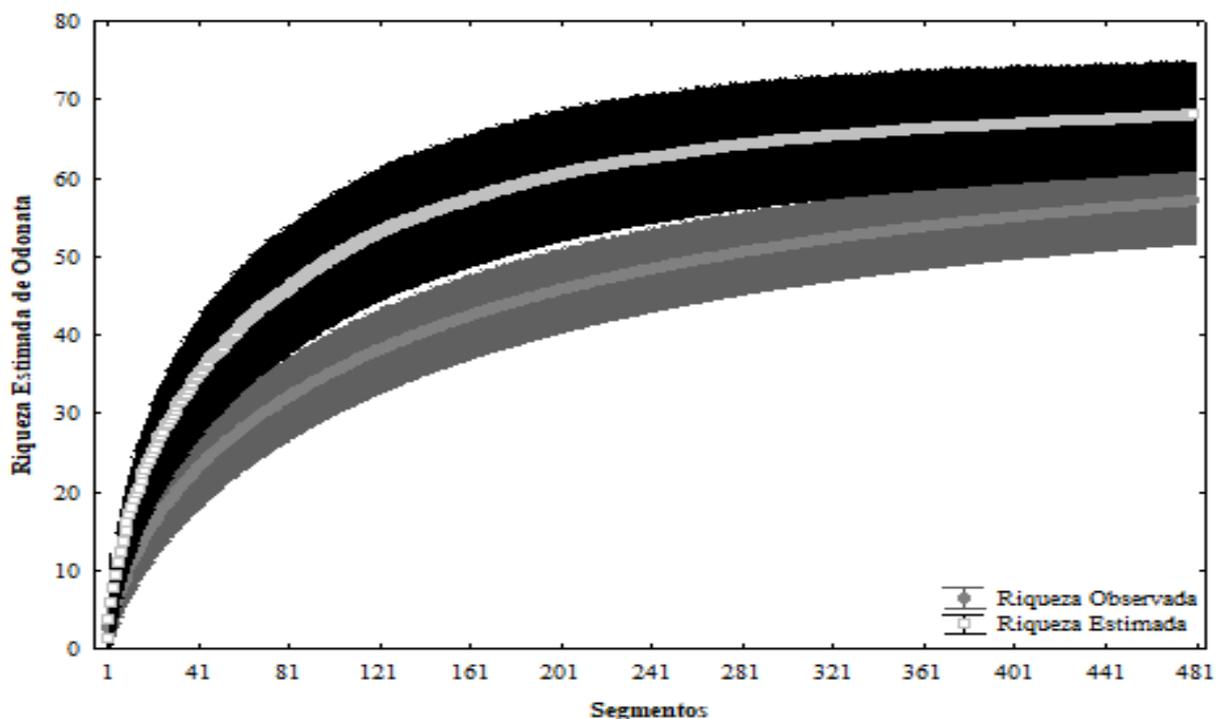


Figura 4. Curva de acumulação de espécies de Odonata coletadas em riachos de Caxias, Maranhão, Brasil.

O estado do Maranhão apresenta  $331.983 \text{ km}^2$  e este levantamento compreendeu uma área de  $5.197,32 \text{ Km}^2$ , ou seja, apenas cerca de 1, 57% do território, o estado apresenta oito fitofisionomias dos quais o município de Caxias apresenta cerca de quatro (SPINELLI-ARAÚJO *et al.*, 2016). É fato que este estudo não cobre todas as lacunas existentes, tendo em vista que a porção oeste do Maranhão é uma área de transição entre a Floresta Amazônica e o Cerrado e que pode proporcionar a existência de microhabitats diferentes dos existentes no leste do estado. Essa situação torna-se preocupante para a conservação tendo em vista a ocupação dessa região ser marcada pela ausência de mecanismos efetivos de regulação e controle (MOURA *et al.*, 2011).

No ambiente aquático mudança nas variáveis físicas e químicas podem gerar filtros na distribuição de espécies da ordem Odonata limitando sua ocorrência (MENDES *et al.*, 2017), sendo que as modificações nas variáveis ambientais são fortemente influenciadas pela redução da vegetação ripária (CALVÃO *et al.*, 2016), que pode ser potencializada pela urbanização que provoca mudanças na entrada de matéria no sistema desequilibrado o fluxo de energia, bem como reduzindo a proteção da calha e das margens dos córregos e aumentando a entrada de nutrientes e contaminantes que levam a eutrofização do ecossistema (MONTEIRO-JÚNIOR *et al.*, 2015). Além desses fatores, é provável que diferentes fitofisionomias também influenciem na distribuição do táxon, considerando que a ocorrência de outros grupos de insetos é influenciada pela complexidade ambiental do tipo de vegetação (PEREIRA DE SOUSA *et al.*, 2016).

Então, considerando o baixo conhecimento taxonômico e de distribuição da ordem Odonata para a região e tendo em vista as pressões antrópicas que têm levado a um grande cenário de modificação da paisagem são necessárias à implementação de maiores trabalhos de levantamento faunístico que auxiliem em uma política consistente de manejo e conservação da biodiversidade, principalmente as que fortaleçam as Unidades de Conservação (UC) existentes no município e no estado, além de criação de novas UC's no município e em locais que as condições ambientais sejam diferentes das encontradas em Caxias.

## AGRADECIMENTOS

A Dr<sup>a</sup> Lenize Batista Galvão do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da Universidade Federal do Pará pelas valiosas contribuições a este trabalho, a Frederico A. A. Lencioni pela confirmação das espécies da subordem Zygoptera, a Alejandro del Palácio pela confirmação das espécies de *Erythrodiplax*. À Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, Centro de Estudos Superiores de Caxias/CESC pelo apoio e infraestrutura disponibilizados para a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- CALVÃO, L.B.; DE MARCO, P.; BATISTA, J. D. 2014. Odonata (Insecta) from Nova Xavantina, Mato Grosso, Central Brazil: Information on species distribution and new records. **Check List** **10**:299-307.
- CALVÃO, L. B.; NOGUEIRA, D. S.; MONTAG, L. F. A.; LOPES, M. A. JUEN, L. 2016. Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging? **Forest Ecology and Management** **382**: 143-150.

- CLAUSNITZER, V. J.; KALKMAN, V. J.; RAM, M.; COLLEN, B.; BAILLIE, J. E. M.; BEDJANIC, M.; DARWALL, W. R. T.; DIJKSTRA, K. D. B.; DOW, R. A.; HAWKING, J.; KARUBE, H.; MALIKOVA, E.; PAULSON, P.; SCHÜTTE, K.; SUHLING, F.; VILLANUEVA, R. J.; VON ELLENRIEDER, N. & WILSON, K. 2009. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. **Biological Conservation** **142**:1864-1869.
- COSTA, J. M. & OLDRINI, B. B. 2005. Diversidade e distribuição dos Odonata (Insecta) no Estado do Espírito Santo, Brasil. **Publicações Avulsas do Museu Nacional** **107**:1-15.
- DALZUCHIO, M. S.; COSTA, J. M. & UCHÔA, M. A. 2011. Diversity of Odonata (Insecta) in lotic systems from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia** **5**(1):88-94.
- DE MARCO, P.; BATISTA, J. D. & CABETTE, H. S. R. 2015. Community Assembly of Adult Odonates in Tropical Streams: An Ecophysiological Hypothesis. **PLoS ONE** **10**(4):1-17.
- DE MARCO, P. 2008. Libellulidae (Insecta: Odonata) from Itapiracó reserve, Maranhão, Brazil: new records and species distribution information. **Acta Amazonica** **38**(4):819 – 822.
- DE MARCO & VIANNA, D. M. 2005. Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil – subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. **Lundiana** **6** (supplement). p. 13-26.
- DIJKSTRA, K. B.; KALKMAN, V. J.; DOW, R. A.; STOKVIS, F. R. & VAN TOL, J. 2014. Redefining the damselfly families: a comprehensive molecular phylogeny of Zygoptera. **Systematic Entomology** **39**:68-96.
- GONTELLI, N. J. & ELLISON, A. M. 2011. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed. 528p.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 2016. Sumário Executivo Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/dcom\\_sumario\\_executivo\\_livro\\_vermelho\\_ed\\_2016.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/dcom_sumario_executivo_livro_vermelho_ed_2016.pdf). Acesso em: 23 mai. 2017.
- JUEN, J.; CUNHA, E. J.; CARVALHO, F. G.; FERREIRA, M. C.; BEGOT, T. O.; ANDRADE, A. L.; SHIMANO, Y.; LEÃO, H.; POMPEU, P. S. & MONTAG, L. F. A. 2016. Effects of oil palm plantations on the habitat structure and biota of streams in eastern Amazon. **River Research and Applications** **32**:2081-2094.
- JUEN, L.; OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; SHIMANO, Y.; MENDES, T. P. & CABETTE, H. S. R. 2014. Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis

de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. **Acta Amazonica** 44(2):175 – 184.

JUEN, L. & DE MARCO, P. 2011. Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. **Insect Conservation and Diversity** 4:265–274.

KALKMAN, V. J.; CLAUSNITZER, J.; DIJKSTRA, V.; K. D. B.; ORR, A. G.; PAULSON, D. R. & TOL, J. V. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. **Hydrobiologia** 595:351–363.

KITTEL, R.N. & ENGELS, W. 2014. Diversity of damselflies (Odonata: Zygoptera) of the state of Rio Grande do Sul, Brazil, with four new records for the state. **Notulae Odonatologicae**, 8(3):49-55.

LENCIONI, F.A.A. 2006. **The damselflies of Brazil: an illustrated identification guide**. 2, Coenagrionidae. São Paulo: All Print Editora.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Ed. Da UFPR, 2013.

MEDEIROS, R. N. Visões da natureza. In: SOUSA, I. G.; VIANNA, J. M.; MENESES, R. L. **Cartografias invisíveis: saberes e sentires de Caxias**. Caxias: Academia Caxiense de Letras, 2015.

MENDES, T. P.; LUIZA-ANDRADE, A.; CABETTE, H. S. R & JUEN, L. 2017. How Does Environmental Variation Affect the Distribution of Dragonfly Larvae (Odonata) in the Amazon-Cerrado Transition Zone in Central Brazil? **Neotropical Entomology** 6(35):1-9 <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0506-2>

MIGUEL, T. B.; CALVÃO, L. B.; VITAL, M. V. C. & JUEN, L. 2011. A scientometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. **International Journal of Odonatology** 20(1):27-42.

MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L. & HAMADA, N. 2015. Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: Adult odonates as bioindicators of environmental quality. **Ecological Indicators** 48: 303-311.

MOURA, W. C.; FUKUKA, J. C.; LISBOA, E. A.; GOMES, B. N.; OLIVEIRA, S. L.; SANTOS, M. P. CARVALHO, A. S. & MARTINS, M. B. 2011. A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental. In: MARTINS, M. B.N. & OLIVEIRA, T. G. **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 328p.

OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; SHIMANO, Y.; GARDNER, T. A. HUGUES, R. M.; DE MARCO, P. & JUEN, L. 2015. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral Ecology** 40 (6):733-744.

- PEREIRA DE SOUSA, J. R.; CARVALHO-FILHO, F. S.; JUEN, L. & ESPOSITO, M. C. 2016. Evaluating the Effects of Different Vegetation Types on Necrophagous Fly Communities (Diptera: Calliphoridae; Sarcophagidae): Implications for Conservation. **PlosOne** 11(10):1-23 e0164826. doi:10.1371/journal.pone.0164826
- PINTO, A.P. 2017. Odonata in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/171>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- RENNER S.; PÉRICO, E. & SAHLÉN, G. 2016. List of Odonates from the Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA - SFP), with two new distribution records for Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotropica** 16(3):1-7.
- RENNER, S.; PÉRICO, E.; SAHLÉN, G.; SANTOS, D. M. & CONSATTI, G. 2015. Dragonflies (Odonata) from the Taquari River valley region, Rio Grande do Sul, Brazil. **Check List** 11(5):17-40.
- RENNER, S.; PÉRICO, E & SAHLÉN, G. 2013. Dragonflies (Odonata) in Subtropical Atlantic Forest fragments in Rio Grande do Sul, Brazil: seasonal diversity and composition. **Scientia Plena** 9(1):1-8.
- RODRIGUES, M. E. & ROQUE, F. O. 2017. Checklist de Odonata do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia** 107. Sup. E 2017117. p. 1-4.
- SANTOS, A. J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Editora UFPR, 2006.
- SILVA-PINTO, N.; JUEN, L. CABETTE, H. R. S. & DE MARCO, P. 2012. Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status. **Neotropical Entomology** 41(3):178-185.
- SOUZA, M. M. SOUZA, B; PEREIRA, M. C. S. A. & MACHADO, A. B. M. 2013. List of Odonates from Mata do Baú, Barroso, Minas Gerais, Brazil. **Check List** 9:1367-1370.
- SPINELLI-ARAÚJO, L.; BAYMA-SILVA, G.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D.; VICENTE, L. E. BOLFE, E. L. & MANZATTO, C. **Conservação da biodiversidade do estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.
- TAKIYA D.M.; SANTOS, A.P.; PINTO, Â. P.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L.; CARVALHO, A. L.; SAMPAIO, B. H. CLARKSON, B.; MOREIRA, F. F.; AVELINO-CAPISTRANO, F.; GONÇALVES, I. C.; CORDEIRO-IDA, R.; CÂMARA, J. T.; BARBOSA, J.F.; DE SOUZA, W. R. & RAFAEL, J. A. 2016. Aquatic Insects from the Caatinga: checklists and diversity assessments of Ubajara (Ceará State) and Sete Cidades (Piauí State) National Parks, Northeastern Brazil. **Biodiversity Data Journal** 4:1-195.

- VON ELLENRIEDER, N. 2009. Databasing dragonflies: State of knowledge in the Neotropical region. **Agrion** 13(2):58-72.
- WHITTAKER, R. J.; ARAÚJO, M. B.; JEPSON, P.; LADLE, R. J.; WATSON, J. E. M. & WILLIS, K. J. 2005. Conservation Biogeography: assessment and prospect. **Diversity and Distributions** 11:3–23.

**Artigo 2**

**EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE HABITAT SOBRE ASSEMBLEIAS DE  
ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO MARANHÃO**

Formatado de acordo com as normas da revista *Journal of Insect Conservation*

Apêndice I

## EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE RIACHOS SOBRE ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO MARANHÃO

Daniel Silas Veras<sup>1,2</sup>, Carlos Augusto Silva de Azevêdo<sup>2</sup> e Leandro Juen<sup>3</sup>

1. Instituto Federal do Maranhão. Campus Caxias. [daniel.veras@ifma.edu.br](mailto:daniel.veras@ifma.edu.br)

2. Universidade Estadual do Maranhão. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde. Praça Duque de Caxias, s/n Morro do Alecrim, 656026. Caxias, MA, Brasil. [casazevedo@yahoo.com.br](mailto:casazevedo@yahoo.com.br)

3. Universidade Federal do Pará. Instituto de Ciências Biológicas. Laboratório de Ecologia e Conservação.

### RESUMO

A perda na integridade do habitat em riachos pode leva-los a redução em sua heterogeneidade ambiental, fato que tem afetado a composição de espécies de libélulas, muitas vezes reduzindo a biodiversidade desses organismos. Em virtude desse problema, nesse estudo testamos as hipóteses: H1. A redução da integridade de habitat, da cobertura de dossel e maior largura do canal dos córregos ocasionará uma menor riqueza de Zygoptera, devido às restrições de sua termorregulação em relação à Anisoptera, uma vez que a maior entrada de luz é favorável às espécies heliotérmicas. E H2. A alteração na integridade do habitat cria limiares ecológicos e pontos de mudança na abundância e frequência das espécies de Odonata por gerar gradientes nas condições estruturais dos ambientes lóticos. O estudo foi realizado no município de Caxias (MA), Brasil, sendo amostrados 24 riachos, entre abril de 2016 a abril de 2017, com um total de 844 espécimes coletados, composta por 59 espécies. As variáveis estruturais afetaram a riqueza ( $R^2=0,355$ ;  $p=0,029$ ) e abundância ( $R^2=0,365$ ;  $p=0,025$ ) de Anisoptera, a análise de limiar (TITAN) indicou espécies indicadoras para a integridade de habitat, cujos pontos de mudança comunitária foram de 0,43 (Z-) e 0,79 (Z+).

**Palavras-chave:** Gradiente ambiental, heterogeneidade de habitat, Libélulas.

### ABSTRACT

Loss of habitat integrity in streams may take them a reduction in their environmental heterogeneity, a fact that has affected the composition of dragonfly's species, oftentimes reducing the biodiversity of these organisms. Because of this problem, in this study we test the hypotheses: H1. The reduction of the habitat integrity, dossal covering and greater channel width of the streams will cause a lower Zygoptera richness, due to the restrictions of its thermoregulation in relation to Anisoptera, since the greater light input is favorable to the heliothermic species. E H2. The change in habitat integrity creates ecological thresholds and points of change in the abundance and frequency of Odonata species by generating gradients in the structural conditions of lotic environments. The study was realized in the city of Caxias (MA), Brazil, with 24 streams being sampled, from April 2016 to April 2017, with a total of 844 specimens collected, composed of 59 species. The structural variables affected the richness ( $R^2 = 0.355$ ,  $p = 0.029$ ) and abundance ( $R^2 = 0.365$ ,  $p = 0.025$ ) of Anisoptera, the threshold analysis (TITAN) indicated habitat integrity indicator species, whose Community points change were of 0.43 (Z-) and 0.79 (Z+).

**Keywords:** Dragonflies, Ecophysiological conditions, environmental heterogeneity, environmental gradient.

## INTRODUÇÃO

A remoção ou modificação da mata ciliar pode afetar diretamente a biodiversidade aquática dos riachos, por alterar a deposição de serapilheira, a quantidade de luz e nutrientes que chegam a estes sistemas, são fundamentais aos organismos aquáticos (Vannote et al. 1980; Shimano e Juen 2016). As variações nesses fatores ao longo do curso de rios e riachos podem determinar o padrão de distribuição das espécies, os quais tendem a ocupar os habitats com as condições mais favoráveis dentro do espectro de variação do seu nicho, que são formadas tanto pelas condições bióticas quanto abióticas para a sua sobrevivência (Monteiro-Júnior et al. 2013; Carvalho et al. 2013; Barbosa et al. 2015; Brasil et al. 2017).

Naturalmente, as condições ambientais são bastante variáveis e heterogêneas nos ambientes prístinos (preservados), gerando condições ambientais bastantes específicas e diferenciadas. Nesses ambientes, muitas espécies apresentam uma dependência específica de recursos e sua distribuição está associada a essas manchas de condições favoráveis, gerando padrões espaço temporais (Southwood 1977) de acordo com as condições apresentadas.

Mesmo atividades de baixo impacto são capazes de modificar a integridade e as variáveis ambientais, e isso leva a uma perda da heterogeneidade ambiental (Nogueira et al. 2016; Cunha e Juen 2017), ocasionando o desaparecimento das espécies mais sensíveis e exigentes de condições ambientais específicas, enquanto outras mais generalistas e oportunistas se beneficiam das alterações, aumentando sua abundância o que ocasiona a perda de biodiversidade dos ecossistemas, uma vez que a importância da conservação dessas espécies não é igual (Alho 2012; Monteiro-Junior et al. 2014).

Portanto, para avaliar ou monitorar as modificações antrópicas ou até mesmo as alterações naturais é importante ter um indicador eficaz, e nessa perspectiva têm sido bastante utilizado as comunidades de insetos aquáticos que possuem grande diversidade de espécies, e com os quais podem ser utilizadas métricas que levem em consideração a abundância, composição, riqueza, grupos tróficos e tolerância/sensibilidade dos organismos (Freitas et al. 2006; Martins et al. 2014), além de reagirem a inúmeras perturbações dentro dos sistema aquático quanto na paisagem de seu entorno, sendo que muitas dessas pressões são conhecidas e previsíveis o que permite que estes insetos sejam utilizados em estratégias de gestão ambiental (Nessimian et al. 2008; Roque et al. 2014).

Dentre os insetos aquáticos considerados indicadores ambientais a ordem Odonata vem se destacando, quer seja pela sua importância no funcionamento do ecossistema, como

pela facilidade de coleta, identificação, beleza cênica e grande apelo possuindo potencial de espécie bandeira (Miguel et al. 2017a). Nesse sentido, alterações na estrutura do ecossistema podem ocasionar alterações na composição da assembleia de Odonata, devido à mudança na integridade do ecossistema. Dando-se destaque a redução da cobertura de dossel da mata ciliar, por fornecer proteção, abrigo, local de reprodução e de alimentação, assim como a entrada de luz necessária para o processo de voo dos adultos (Carvalho et al. 2013; Monteiro-Júnior et al. 2013).

Dentre as mudanças na integridade do ecossistema a termorregulação é um fator que afeta muito a distribuição das espécies de Odonata, existindo até mesmo a teoria ecofisiologica que descreve os mecanismos e limitações de cada grupo (De Marco et al. 2015). Quanto ao padrão de termorregulação, os indivíduos da ordem Odonata podem ser classificados como voadores e pousadores (Corbet 1980). Os pousadores podem ser heliotérmicos ou conformadores termais. Os primeiros dependem mais do sol, e sua distribuição ocorre em áreas preferencialmente com menor cobertura de mata ciliar. Já os conformadores termais por possuírem maior relação superfície volume, conseguem aumentar sua temperatura corporal por convecção do ar, conforme aumenta a temperatura do ambiente, e isso, restringe sua distribuição em riachos com mata ciliar mais fechadas e íntegras (Corbet e May 2008). A maioria dos Anisoptera são heliotérmicos e os Zygoptera são conformadores termais e, portanto, a alteração ambiental tem efeito diferenciado, favorecendo os Anisoptera (Ferreira-Peruquetti e De Marco 2002; De Marco et al. 2005; Marco et al. 2015) por aumentar a entrada de luz no riacho. Os voadores por conseguirem controlar a temperatura do corpo usando a energia produzida pela musculatura de voo, fugiriam dessas restrições de distribuições.

Diversos trabalhos têm demonstrado que as modificações da integridade de habitat pelas ações antrópicas têm levado a alteração na composição e na distribuição da biota aquática (Brasil et al. 2014; Shimano e Juen 2016; Faria et al. 2017; Firmiano et al. 2017). No entanto, muitas vezes essas alterações são sutis e ocorrem de forma gradual de modo que as respostas das espécies a essas alterações podem ser não lineares à perda e fragmentação do habitat (Suarez-Rubio et al. 2013; Brasil et al. 2014; Valente-Neto et al. 2016). Entretanto, uma ferramenta eficaz em mensurar as mudanças sutis no ambiente é o índice de integridade de habitat que tem se mostrado bem relacionado aos vários parâmetros da estrutura da comunidade (Nessimian et al. 2008; Dias-Silva et al. 2010; Brasil et al. 2014; Monteiro-Junior. et al. 2015; Valente-Neto et al. 2015). Por que até mesmo locais alterados podem

apresentar potencial de auxiliar na conservação das espécies, mas ao tratar os ambientes de forma categórica (preservados ou alterados) não é possível ter essa sutileza de avaliação.

Considerando as mudanças sutis que ocorrem nas comunidades ao longo do gradiente de alteração dos ecossistemas pelas ações antrópicas, é importante estabelecer os pontos onde ocorre a mudança da comunidade. Para que se possa determinar até mesmo o nível ou taxa de alteração que é mais prejudicial a biodiversidade, ou propor ações de mitigação, a partir do momento que a alteração atinge um determinado nível específico. Nesse aspecto a Análise de Limiar de Taxas Indicadoras (TITAN) tem sido eficaz na determinação desses pontos, por permite identificar locais alterados ou degradados importantes para a conservação das espécies (King et al. 2011; Shimano e Juen 2016; Kail et al. 2012).

Neste trabalho o objetivo foi testar as hipóteses de que: 1) A redução da integridade de habitat e a redução na cobertura de dossel ocasionarão uma menor riqueza de Zygoptera, devido às restrições de sua termorregulação em relação à Anisoptera, uma vez que a maior entrada de luz é favorável às espécies heliotérmicas; 2) A alteração na integridade do habitat cria limiares ecológicos e pontos de mudança na abundância e frequência das espécies de Odonata, gerando gradientes nas condições físico-química do ambiente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

O município de Caxias (Figura 1) possui uma área de 5.197,32 Km<sup>2</sup>, localizado na parte leste do estado (Tabela 1) às margens da BR-316, ocupa uma posição próxima a faixa equatorial, o clima é quente e úmido, com um período chuvoso que vai de dezembro a maio e outro seco de junho a novembro, a temperatura média é de 28,2 °C, com médias das máximas de 27 °C e médias das mínimas de 17 °C (Fernandes et al. 2010; Medeiros 2015).

O índice pluviométrico varia entre 1.100 e 1.500 mm/ano. O município é banhado por três bacias, sendo a bacia do Itapecuru a principal de Caxias, com cerca de 3.567,40 Km<sup>2</sup> (68,4%) do território, e a bacia do Parnaíba com 1.581,80 Km<sup>2</sup> (30,43%), e a bacia do rio Munin que representa apenas 0,98% do território, a área é considerada uma ecótono entre o Cerrado e a Caatinga, apresentando uma diversidade de biomas e formações vegetacionais (Medeiros 2015).

As coletas ocorreram de abril de 2016 a abril de 2017, neste período foram amostrados 24 riachos, os que apresentam-se mais íntegros têm por principais características a presença de floresta contínua e poucas quebras na zona ripícola, que é formada predominantemente por árvores nativas, apresentam áreas de corredeiras com detritos de folhas e troncos, os ambientes alterados estão localizados em locais que apresentam algum grau de uso do solo, no entanto, a mata ripícola tem até 30 m de largura com poucas quebras, e é formada por árvores pioneiras mescladas com árvores maduras, possuem barrancos estáveis e os ambientes degradados possuem algum padrão de uso do solo, mas sua mata ciliar está ausente, podendo apresentar alguma vegetação arbustiva geralmente com quebras frequentes, quase não apresenta dispositivos de retenção. Na maior parte destas áreas o uso e ocupação do solo descontrolado têm gerado diversos danos à integridade física das bacias, sendo os mais visíveis o desmatamento para fins agrícolas, atividade que vem sendo realizada desde o início do século XIX e da expansão urbana, principalmente a partir dos anos de 1990 (Silva e Conceição 2011; Neto 2015).

### **Coleta, Triagem e Identificação de Adultos de Odonata**

Para a coletados dos espécimes adultos seguiu-se a metodologia de varredura em áreas fixas usadas por Juen e De Marco (2011) e Juen et al. (2014), onde foi demarcado um trecho de 100 metros às margens dos riachos amostrados, sendo divididos em 20 segmentos de cinco metros. Com o uso de rede entomológica foram coletados os indivíduos presentes em cada um dos segmentos. O tempo médio de permanência em cada ponto de amostragem foi de uma hora, preferencialmente das 10 às 14 horas, possibilitando que todos os grupos estivessem ativos no momento da coleta.

No campo, após os espécimes serem coletados foram acondicionados em envelopes de papel-de-seda e transportados até o Laboratório de Entomologia Aquática, na Universidade Estadual do Maranhão-Campus Caxias. No laboratório, os envelopes com os espécimes foram imersos em acetona P.A. durante 24hs (Zygoptera) e 48hs (Anisoptera). Posteriormente, os espécimes foram retirados dos envelopes e colocados em papel toalha para secagem por evaporação, em seguida foram acondicionamento em envelopes plásticos sobre papel cartão, para identificação, seguindo o protocolo de Lencioni (2005).

A identificação ao nível de espécies ou morfoespécies foi realizada utilizando-se chaves taxonômicas especializadas (Lencioni 2005; 2006; Garrison et al. 2006; Heckman

2006, 2008; Garrison 2009; Garrison et al. 2010; Von Ellenrieder 2012; Garrison; Von Ellenrieder 2015).

### **Coleta dos Parâmetros Ambientais**

As coordenadas geográficas dos pontos amostrados foram identificadas usando GPS eTrex 30. Em cada ponto foram mensurados os parâmetros ambientais como integridade do habitat, com o objetivo de avaliar o efeito das mudanças da paisagem sobre a estrutura e funcionalidade dos córregos amostrados, a cobertura do dossel com intuito de mensurar o sombreamento dentro do ecossistema, tendo em vista esta variável influenciar na estruturação da comunidade, e a largura do igarapé, pois independente de seu estado de conservação riachos mais largos podem ter uma comunidade diferente em decorrência da maior entrada de luz no sistema.

As características estruturais do riacho foram mensuradas aplicado o Índice de Integridade de Habitat (IIH) (Anexo A). Esse índice leva em consideração a avaliação de 12 características das condições ambientais, e assim realiza-se uma avaliação visual em relação ao uso da terra, zona ribeirinha, características do leito, e morfologia do canal de fluxo (Nessimian et al. 2008). Esse questionário pode ser aplicado a todos os tipos de riachos, o mesmo possui valores que vão de zero a um, sendo que os mais próximos de um indicam uma área com maior integridade (Nessimian et al. 2008; Carvalho et al. 2013).

Para avaliar a entrada de luz dentro do riacho foi utilizado um densiômetro convexo, este consiste de um espelho convexo com centro dividido em 24 quadrantes, destes quadrantes foram selecionados 17 vértices, as leituras de quantos vértices refletiam o dossel foram feitas ao Norte, Sul, Leste e Oeste a 1 m do solo, no centro, na margem direita e esquerda do córrego, o valor final de cobertura foi a média destas medidas, posteriormente através de regra de três simples a média dos valores dos vértices foram transformadas em porcentagem de cobertura. A largura do riacho foi aferida com uma trena de 50 m, esses parâmetros foram avaliados em três pontos: no início, no meio e no final do transecto, sendo a largura final a média dessas medidas.

## ANÁLISE DE DADOS

Para a análise cada riacho foi considerado uma amostra, e foram testados os efeitos da diminuição da integridade do habitat da mata ciliar, o aumento da abertura do dossel e a largura do canal do riacho sobre a riqueza e abundância de espécies através de uma regressão múltipla, para isso foram avaliados os pressupostos de homogeneidade das variâncias e a distribuição normal dos dados (Zar 2010).

Para verificar a variação na composição de espécies entre as amostras foi utilizado um Escalonamento Multidimensional não-métrico (nMDS), o índice de dissimilaridade para produzir a matriz de distância foi o de Bray-Curtis (Legendre e Legendre 2012), os dados de abundância foram transformados com  $\log(x+1)$ . Para facilitar a visualização da distribuição das espécies de Odonata de acordo com os gradientes ambientais de Integridade de Habitat e cobertura de dossel foi elaborado um gráfico composto de gradiente ambiental (Landeiro 2008).

Para estabelecer os limiares para a comunidade e os pontos de mudanças para as espécies de Odonata foi utilizado a Análise de Limiar de Taxa Indicadora (*Threshold Indicator Taxa Analysis-TITAN*) (Baker e King 2010). Esse método permite detectar e interpretar as contribuições individuais do táxon para os padrões de mudança na comunidade ao longo de novos gradientes ambientais (Baker e King 2013). A TITAN usa pontuações da Análise de Espécies Indicadoras (IndVal) e a Análise de Ponto de Mudança (nCPA), para identificar os pontos de mudança na composição e distribuição das espécies através de um gradiente ambiental contínuo (Baker e King 2010), o IndVal baseia-se apenas na comparação de ocorrência e abundância intra-específica, especificidade e fidelidade, sem qualquer comparação entre as espécies (Dufrene e Legendre 1997).

Gerando a associação entre as espécies com pontuações ambientais contínuas para avaliar como a mudança nas variáveis analisadas afetam as respostas das espécies, para isso é considerado pontos de mudanças positivos ou negativos nas respostas, de forma a se estabelecer os limiares de mudança da composição da comunidade (Baker e King 2013). A Análise de Ponto de Mudança (nCPA) se baseia na mudança estrutural de um ecossistema e na mudança no valor da média e da variância da variável ecológica que indica o ponto de mudança estrutural entre dois grupos (King e Richardson 2003).

Para essa análise há dois índices de diagnóstico importantes: O primeiro é a pureza que é a proporção das direções de respostas do ponto de mudança (positivo (Z+) ou negativo

(Z-)) entre as repetições de bootstrap que concordam com a resposta observada. O segundo é a confiabilidade que é a proporção de pontos de mudança de bootstrap cujos resultados de IndVal resultam em valores de p-valor abaixo de níveis de probabilidades determinados pelo usuário (Baker e King 2010; Rodrigues et al. 2016). Espécies que apresentarem menos de cinco ocorrência foram excluídas da análise. As espécies que apresentaram valores de  $p > 0,05$  para o IndVal foram excluídos das análises, as espécies que apresentaram valores de pureza e confiabilidade acima de 0,99 e 0,95, respectivamente foram consideradas indicadoras. As análises estatísticas foram realizadas no ambiente estatístico R 3.2.2 (R Development Core Team 2015) e o pacote TITAN2 (Baker e King 2010), considerando intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS

Os valores do Índice de Integridade de Habitat (IIH) para os riachos amostrados variaram de 0,23 a 0,91. Os igarapés com índice ( $< 0,50$ ) estão em locais com forte influência de atividades agropecuárias o que gera uma forte pressão sobre a mata ripária. Os igarapés com índice de (0,50 a 0,80) sofrem pressões das ações antrópicas, no entanto, ainda apresentam uma boa integridade de sua mata ciliar. Quatro riachos com índice ( $> 0,80$ ) estão inseridos na Área de Preservação Ambiental Municipal do Inhamum, fato que propicia a conservação das condições estruturais dos igarapés. O dossel variou de 23,53% a 97,06% de cobertura, sendo que a maior parte dos riachos com as menores coberturas foram os que se encontram em áreas com forte influência de atividades agropecuárias e expansão urbana. A largura do canal dos riachos variou entre 1m e 4,5m (Apêndice II).

No estudo foram coletados 844 espécimes distribuídas em 57 espécies, sendo 33 espécies pertencentes à subordem Anisoptera e 24 de Zygoptera, as famílias Libellulidae e Coenagrionidae apresentaram o maior número de espécies, e as famílias Aeshanidae e Corduliidae foram consideradas raras. Os gêneros mais abundantes foram *Acanthagrion* e *Argia*, enquanto *Coryphaeschna*, *Dasythemis*, *Lestes*, *Neuraeschna* e *Remartinea* foram raros.

Ao avaliar o efeito das variáveis ambientais sobre a riqueza e abundância das subordens, as relações encontradas foram significativas apenas para riqueza e abundância das espécies da subordem Anisoptera. Para a subordem Anisoptera a relação da riqueza foi de 35% ( $R^2=0,355$ ;  $p=0,029$ ) e para abundância foi de 36% ( $R^2=0,365$ ;  $p=0,025$ ), as variáveis não mostraram efeito sobre a riqueza de Zygoptera 17% ( $R^2=0,166$ ;  $p=0,291$ ) e para

abundância 1,3% ( $R^2=0,013$ ;  $p=0,963$ ). Para os coeficientes parciais do modelo, houve efeito significativo da largura do canal do riacho, apresentando uma relação positiva sobre a riqueza da subordem Anisoptera ( $\beta=0,562$ ;  $p=0,015$ ), como mesmo padrão de resposta observada para a abundância da subordem ( $\beta=0,568$ ;  $p=0,013$ ). (Tabela 4).

Tabela 4 Resultados da Regressão Múltipla e dos coeficientes parciais para riqueza e abundância das subordens Anisoptera e Zygoptera em relação as variáveis ambientais dos riachos amostrados em Caxias (MA).

	<b>Variável dependente</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Erro</b>	<b>F<sub>(3, 20)</sub></b>	<b>p</b>	
Anisoptera	Riqueza	0,355	2.728	3.676	0,029*	
	Abundância	0,365	9.064	3.838	0,025*	
Zygoptera	Riqueza	0,166	2.037	1.333	0,292	
	Abundância	0,013	17.143	0,091	0,964	
	<b>Coefficientes parciais</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>t(20)</b>	<b>p</b>	
	Intercepto		0,378	0,13	0,897	
Anisoptera	Riqueza	IIH	-0,122	-1713	-0,542	0,593
		% dossel	0,062	0,00	0,272	0,788
		Largura do canal	0,562	1843	2646	0,015*
Anisoptera	Abundância	Intercepto		-2119	-0,218	0,828
		IIH	-0,116	-5460	-0,520	0,608
		% dossel	0,052	0,000	0,228	0,821
		Largura do canal	0,568	6247	2698	0,013*
Zygoptera	Riqueza	Intercepto		2887	1326	0,199
		IIH	0,229	2105	0,892	0,382
		% dossel	0,241	0,000	0,924	0,366
		Largura do canal	0,017	0,036	0,070	0,944
	Abundância	Intercepto		20416	1114	0,278
		IIH	0,105	7484	0,377	0,710
		% dossel	-0,140	0,000	-0,495	0,625
	Largura do canal	-0,020	-0,337	-0,077	0,939	

Valores com asterisco representam as relações significativas ao nível de  $p<0,05$

A nMDS baseada na similaridade da composição de Odonata mostrou a formação de dois grupos distintos entre as amostras (Figura 5), notadamente locais com maior integridade de habitat, maior cobertura ciliar (conservados) e menor largura do canal e locais com maiores alterações dessas condições (alterados ou degradados), apresentaram diferença na estruturação da comunidade de Odonata. A distribuição da assembleia de Odonata ao longo dos gradientes de cobertura de dossel e da integridade do habitat refletem as diferenças na composição de espécies nos riachos amostrados (Figura 6).

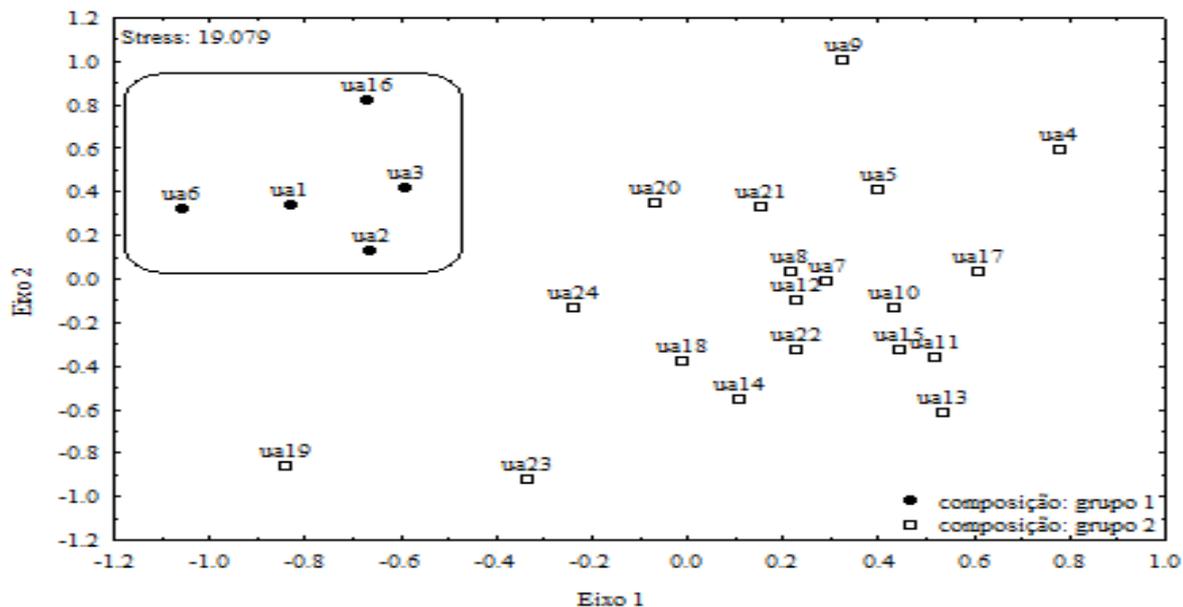
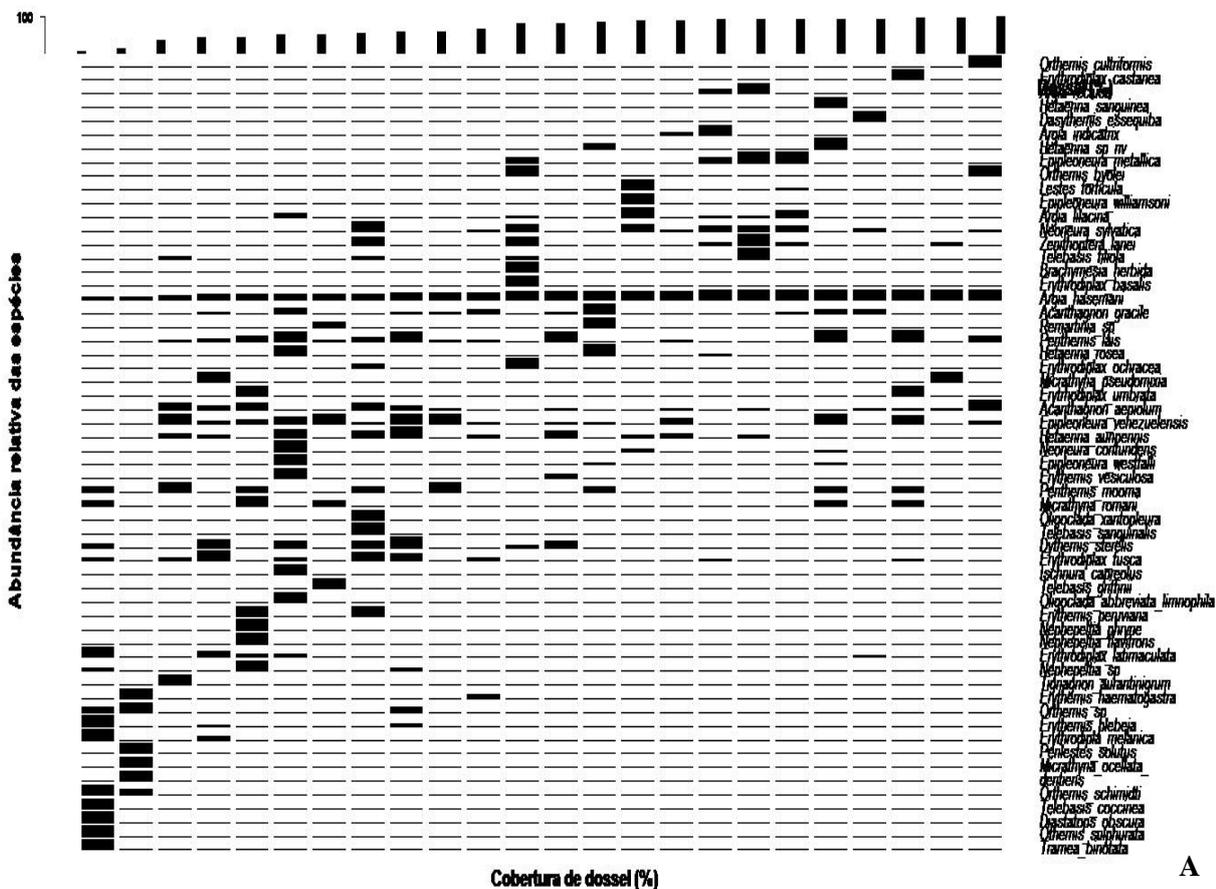


Figura 5 Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (nMDS) dos ambientes amostrados com relação a composição de espécies de Odonata do município de Caxias, Maranhão, Brasil.



A

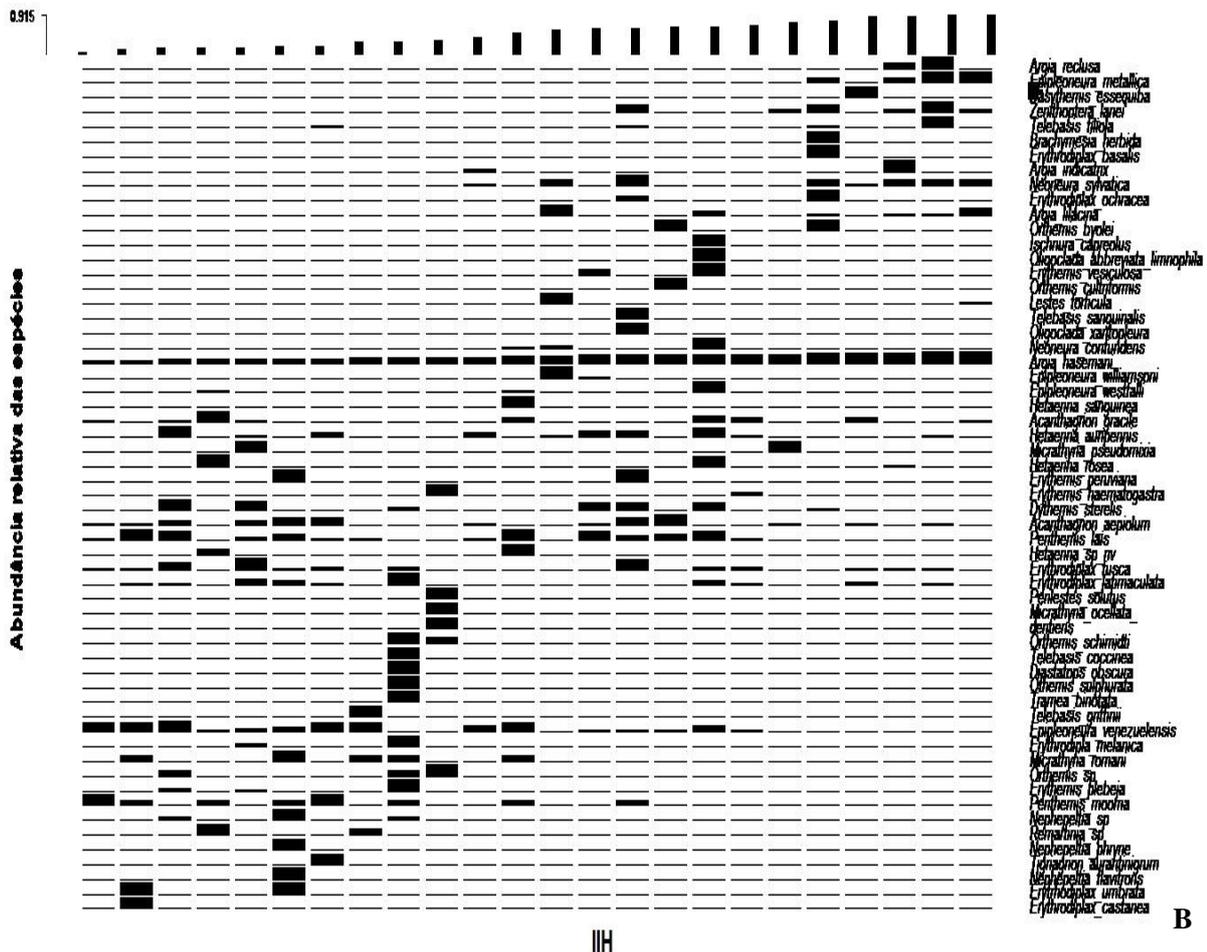


Figura 6 Distribuição da assembleia de Odonata ao longo dos gradientes ambientais em riachos tropicais em Caxias, Maranhão. A) Gradiente de cobertura de dossel (%); B) Gradiente de integridade de habitat.

A análise de Thresholds (TITAN) identificou 10 espécies (47,62%) das 21 analisadas com pontuação IndVal significativa ( $p < 0,05$ ), das quais oito espécies foram associadas negativamente (Z-) e duas positivamente (Z+) com a cobertura de dossel, no entanto, os valores de pureza e confiabilidade foram abaixo de 0,99 e 0,95, respectivamente, assim não houve espécies indicadoras para essa variável. (Tabela 5).

A análise sobre o efeito da integridade de habitat indicou que das 21 espécies 13 (61,9%) tiveram pontuação significativa ( $p < 0,05$ ), sendo nove associadas negativamente (Z-) e quatro positivamente (Z+), das nove espécies três mostraram valores de pureza ( $> 0,95$ ) e de confiabilidade (0,90) significativa a perda de integridade (*Acanthagrion aepiolum*, *Perithemis lais* e *Perithemis mooma*), e três espécies *Micrathyrina romani*, *Erythemis peruviana* e *Nephelidia* sp. mostraram alta pureza ( $> 0,95$ ) e confiabilidade moderada (rel= 0,72; 0,60 e 0,55, respectivamente) (Tabela 6).

Tabela 5 Índices da Análise de Táxons Indicadores de Limiars (TITAN) e resultados individuais dos pontos de mudança para % de dossel.

Espécie	Z	Cp	Freq.	IndVal	p	zscore	5%	95%	Pureza	Confiabilidade
<i>Epipleoneura metallica</i>	+	94,12	10	58.82	0.024	2.48	57.645	91.180	0.972	0.836
<i>Zenithoptera lanei</i>	+	94,12	6	42.24	0.024	2.25	60.585	94.120	0.928	0.556
<i>Acanthagrion aepiolum</i>	-	67,65	15	57.49	0.044	2.06	38.235	94.120	0.698	0.690
<i>Tigriagrion aurantinigrum</i>	-	67,65	10	55.56	0.044	2.42	58.820	94.120	0.902	0.662
<i>Diastatops obscura</i>	-	67,65	7	53.85	0.016	3.15	61.765	88.235	0.990	0.878
<i>Erythrodiplax basalis</i>	-	67,65	13	70.17	0.004	4.27	58.820	79.415	0.982	0.940
<i>Erythrodiplax fusca</i>	-	67,65	10	76.09	0.012	3.81	54.616	79.415	0.966	0.890
<i>Nephepeltia sp.</i>	-	67,65	3	47.62	0.040	3.52	38.088	73.530	0.944	0.560
<i>Orthemis sp.</i>	-	67,65	3	63.64	0.024	5.05	38.235	73.530	0.962	0.664
<i>Perithemis mooma</i>	-	67,65	8	44.19	0.032	2.31	50	94.120	0.836	0.604

Tabela 6 Índices da Análise de Táxons Indicadores de Limiars (TITAN) e resultados individuais dos pontos de mudança para IIIH.

Espécie	Z	Cp	Freq.	IndVal	p	zscore	5%	95%	Pureza	Confiabilidade
<i>Argia hasemani</i>	+	0,79	6	79.55	0.012	4.1	0.5615	0.8945	0.998	0.958
<i>Epipleoneura metallica</i>	+	0,79	10	72.32	0.004	5.12	0.457	0.822	1	1
<i>Epipleoneura williamsoni</i>	+	0,79	4	80	0.008	7.09	0.699	0.8945	0.992	0.944
<i>Zenithoptera lanei</i>	+	0,79	6	75.76	0.004	5.5	0.652	0.887	1	0.986
<i>Acanthagrion gracile</i>	-	0,43	17	67.12	0.032	2.33	0.344	0.747	0.932	0.74
<i>Acanthagrion aepiolum</i>	-	0,43	15	79.83	0.004	4.39	0.3845	0.762	1	0.998
<i>Erythrodiplax basalis</i>	-	0,43	13	62.42	0.044	2.18	0.308	0.742	0.85	0.73
<i>Erythrodiplax fusca</i>	-	0,43	10	55.1	0.036	2.32	0.344	0.6885	0.872	0.706
<i>Erythemis peruviana</i>	-	0,43	3	33.33	0.04	3	0.308	0.5055	0.948	0.532
<i>Micrathyria romani</i>	-	0,43	5	41.67	0.004	3.52	0.308	0.634	0.988	0.714
<i>Perithemis lais</i>	-	0,43	14	72.86	0.004	3.95	0.308	0.79	0.98	0.95
<i>Perithemis mooma</i>	-	0,43	8	57.97	0.004	4.61	0.284	0.683	1	0.956

Pela análise foram indicadas cinco espécies com resposta não-linear, sendo *Micrathyria romani*, *Erythemis peruviana* e *Nephepeltia* sp. com interrupção de frequência de ocorrência e abundância entre 0,28 e 0,68 de integridade de habitat e *Acanthagrion aepiolum* e *Perithemis lais* com interrupção entre 0,31 e 0,79 de integridade, foi mostrado que várias espécies têm intervalos estreitos de quantiles nos pontos de mudanças menores (5%) e intervalos mais amplos de quantiles em pontos de mudanças superior (95%), no limite inferior duas espécies apresentaram bandas similares de incerteza próximo a integridade de habitat de 0,31 (Z).

No grupo de indicadores positivos (Z+) houve quatro espécies associadas com alta integridade de hábitat (acima de 0,46), apresentando altos valores de pureza (>0,95) e confiabilidade (>0,90): *Argia hasemani*, *Epipleoneura williamsoni*, *Epipleoneura metallica* e *Zenithoptera lanei*, a maior parte das espécies apresentam intervalos amplos de quantiles nos pontos de mudança menor (5%), com duas espécies no limite superior bandas similares de incerteza próximo a integridade de 0,89 (Z+) (Figura 7).

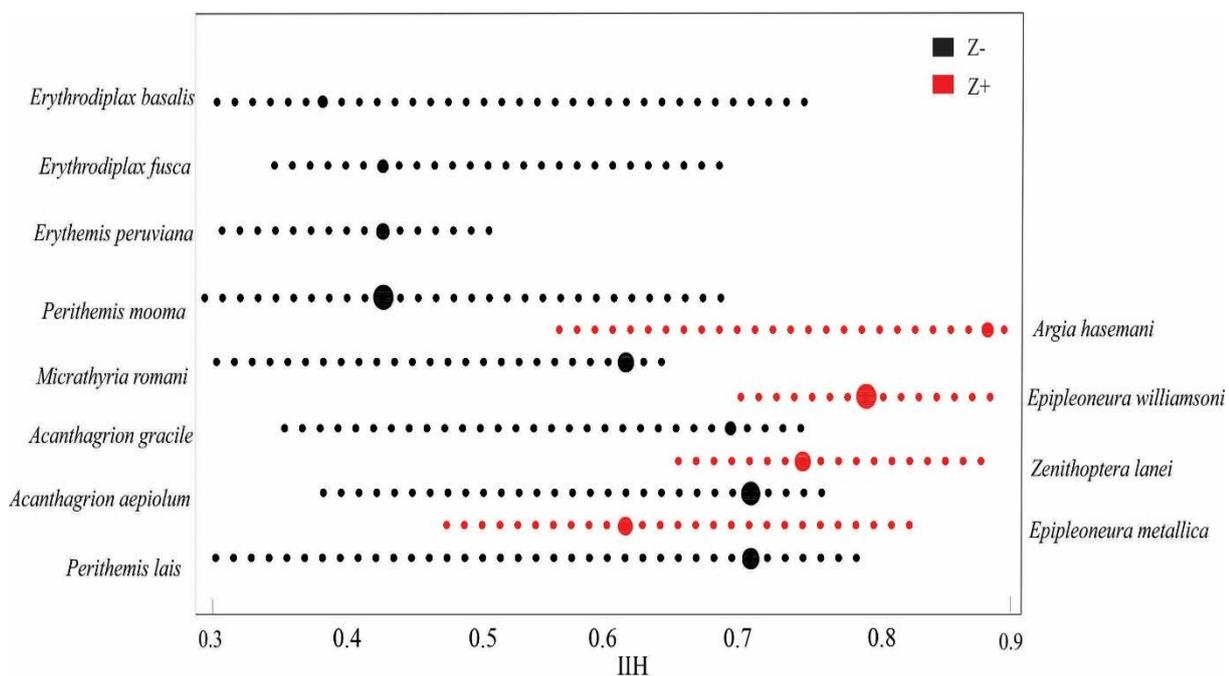


Figura 7 Análise de Táxons Indicadores de Limiars (TITAN) com resposta da comunidade de Odonata a integridade de habitat. O tamanho do círculo é proporcional à magnitude da resposta a pontuação Z. Linhas horizontais tracejadas que se sobrepõem a cada símbolo representam percentis 5º e 95º entre 250 repetições de inicialização.

Quanto à avaliação de limiar de nível comunitário, a análise da soma (Z) apresentou um intervalo de 0 a 20, com picos correspondendo a mudança agregada máxima de frequência e abundância de seus táxons. As curvas de probabilidade indicam que abaixo de 0,43 de

integridade de hábitat há mudança na comunidade ocasionando o crescimento de táxons generalistas e de declínio de táxons sensíveis, já a partir de 0,79 observa que há o aumento dos táxons sensíveis e o declínio dos táxons generalistas (Figura 6, Tabela 6).

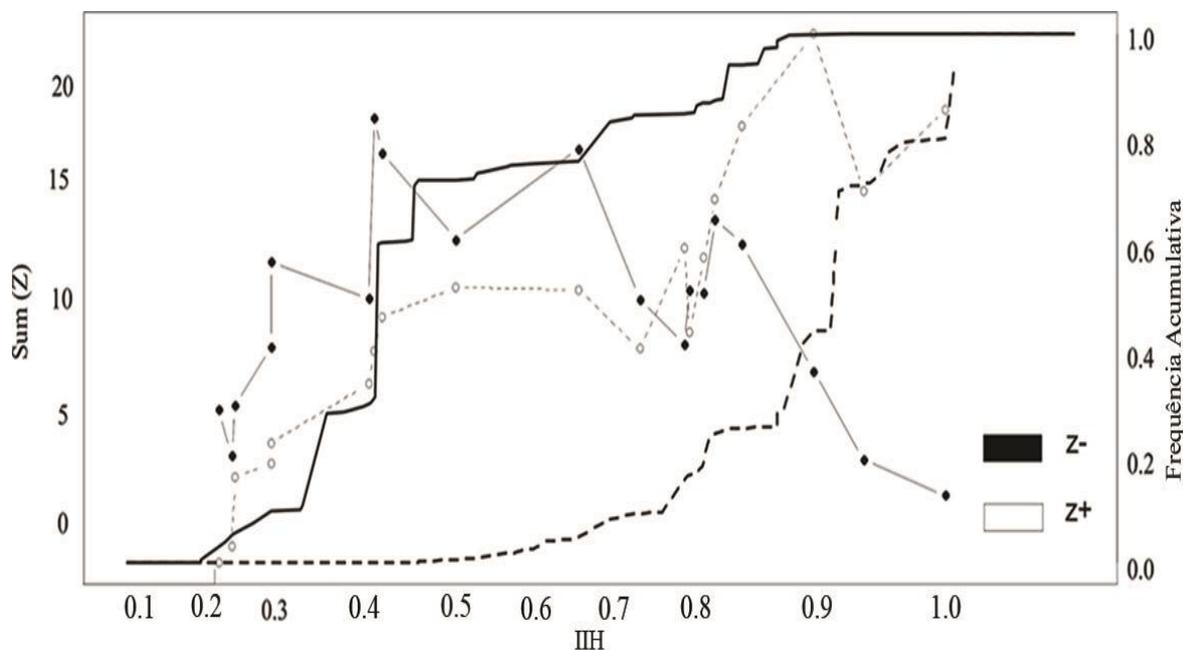


Figura 8 Valores de soma (Z+) e (Z-) correspondentes a todos os pontos de mudança ao longo do gradiente ambiental. As linhas verticais contínuas e tracejadas representam a distribuição de frequência cumulativa de pontos de mudança entre 250 repetições de inicialização para soma (Z-) e soma (Z +), respectivamente.

## DISCUSSÃO

A regressão múltipla indicou que há efeito das variáveis testadas sobre a estrutura da comunidade da subordem Anisoptera, das variáveis testadas observou-se que a largura do canal foi a responsável pela estruturação da riqueza e abundância do táxon, este fato pode ocorrer, pois riachos mais largos tem maior entrada luz, sendo uma condição que pode afetar a composição da comunidade (Juen et al. 2014), isso aponta para a importância da presença da mata ciliar para a composição de Odonata, fato já discutido na literatura (Paulson 2006). No caso da subordem Anisoptera a diminuição na cobertura de dossel é responsável pela redução da riqueza do grupo, fato que pode ser explicado em decorrência das exigências ecofisiológicas dos táxons (Cobert e May 2008; Carvalho et al. 2013). Principalmente no que se refere as estratégias de termorregulação que pode ser realizada de duas formas principais dependendo do tamanho corporal e do comportamento, no caso dos voadores (*fliers*) os espécimes produzem calor endógeno e são capazes de controlar a geração ou a perda de calor

(May 1991), já os pousadores (*perchers*) são heliotérmicos, possuem baixa condutância e se aquecem principalmente pela irradiação solar (De Marco e Resende 2002; De Marco et al. 2005).

Em locais que apresentam uma redução na cobertura da mata ciliar, seja por ação antropogênica ou devido às próprias características hidromorfológicas dos riachos apresentam diferenças nas condições ambientais como a entrada de luz e redução da umidade, além da capacidade de regulação térmica em riachos de ordens menores (Ferreira-Peruquetti e De Marco 2002; Carvalho et al. 2013; Monteiro-Junior et al. 2013), assim, esses locais tendem a apresentar maior riqueza da ordem Odonata, principalmente dos representantes de Anisoptera que possuem termorregulação heliotérmica. Portanto, atividades que alteram a mata ciliar provocam mudança na estrutura do habitat do riacho e tem efeitos sobre a mudança na composição de espécies de Odonata (Yoshimura 2012), pois tem sido demonstrado que em paisagem com menor cobertura ripária apresentam uma maior riqueza e abundância de espécies heliotérmicas, e que locais sombreados têm efeito negativo sobre Odonata que apresentam essas exigências ecofisiológica (Remsburg et al. 2008; Silva et al. 2010).

A largura do canal do riacho influência na quantidade de luz que incide nos sistema, por funcionar como um filtro ambiental para selecionar espécies que apresentem uma amplitude de nicho que atendam a essa demanda ambiental (Mendes et al. 2015), dessa forma a cobertura de dossel individualmente não afetou a estruturação da comunidade, então dentre as variáveis selecionadas como preditoras para a determinação de limiares de comunidades biológicas pode haver ausência de respostas da comunidade ao gradiente da variável selecionada, confirmando a importância de selecionar uma combinação de fluxos para realizar tais avaliações (Firmiano et al. 2017), bem como, a resposta a mudança ambiental que pode diferir para vários gradientes ou histórico de vida específico de cada população (Ávila-Gomes et al. 2015). No entanto, não houve efeito das variáveis ambientais estruturais testadas, para a riqueza e abundância de Zygoptera, provavelmente impactos que modifiquem outros fatores como os físico-químicos, ou até mesmo contaminantes como inseticidas podem levar a ausência de efeito das preditoras testadas (Monteiro Junior et al. 2015; Mendes et al. 2017), principalmente quando se considera a menor capacidade de dispersão de várias espécies de Zygoptera, as quais são mais especialistas e dependentes de seus microhabitat (Mendes et al. 2015).

Para este trabalho a preditora integridade de habitat apontou que há pontos de mudança para a comunidade de Odonata quanto ao gradiente ambiental considerado, fato observado para outros grupos biológicos como resposta a gradientes de outras variáveis ambientais (Ávila-Gomes et al. 2015; Cao et al. 2016; Firmino et al. 2017), a composição da comunidade de Odonata fornece uma medida confiável aos impactos antropogênicos uma vez que há uma resposta ao longo do gradiente de integridade (Miguel et al. 2017b). Estes resultados apontam para a possibilidade de espécies da subordem Zygoptera como: *Argia hasemani*, *Epipleoneura metallica*, *Epipleoneura williamsoni* e de Anisoptera como *Zenithoptera lanei* estarem relacionadas a paisagem com alta integridade de habitat e considerando o ponto de mudança de 0,79 com perda de integridade significativa, haverá a possibilidade da perda dessas espécies, sendo muito pouco provável a presença dessas espécies em áreas com mais de 50% de perda de cobertura nativa e composta eminentemente por pastagens (Rodrigues et al. 2015). Apesar de ter sido observado que há espécies dessa subordem com ampla capacidade de distribuição, como é o caso de *Acanthagrion aepiolum*, cujo ponto de mudança foi de 0,43 (Pessacq et al. 2005; Anjos-Santos et al. 2011), e que estão relacionadas com ambientes com menor cobertura vegetal (Rodrigues et al. 2015), assim como espécies do gênero *Perithemis* que são organismos relacionados com ambientes degradados ou alterados (Juen et al. 2014).

Pode-se observar que ocorreu respostas não-lineares na abundância e ocorrência dentro de determinados táxons, indicando que a resposta da comunidade de Odonata não pode ser explicada apenas a partir das variáveis estruturais e ambientais do sistema (Ferr 2012), mas essas flutuações podem ser devido a mecanismos gerados internamente dentro da própria comunidade (Giacomini 2007).

Considerando que os ambientes lóticos neotropicais possuem uma alta biodiversidade e que os ecossistemas savânicos apresentarem-se como hotspot, assim como áreas que apresentam transição entre diferentes biomas, é importante para conservação de sua biodiversidade a manutenção de 30 a 40% de sua cobertura vegetal nativa, com intuito de manter os diversos táxons, assim como sua integridade ecossistêmica (Monteiro-Junior et al. 2015; Rodrigues et al. 2015; Firmiano et al. 2017), principalmente se considerar que a presença da mata ciliar é uma importante preditora para a estruturação da Ordem Odonata, e que mesmo poucos impactos podem modificar mudança na heterogeneidade ambiental, afetando na composição de espécies dos ecossistemas aquáticos (Calvão et al. 2016; Nogueira et al. 2016). Portanto, nosso trabalho tem importantes implicações para a legislação que trata

sobre a preservação e/ou conservação dos ecossistemas brasileiros e sua biodiversidade, haja visto que o mesmo demonstrou que a geração de gradientes ambientais antropogênicos pode modificar as condições físico-químicas do ecossistema levando a mudanças na frequência de ocorrência e abundância relativa de determinados táxons da fauna de libélulas.

## AGRADECIMENTO

A Dr<sup>a</sup> Lenize Batista Galvão do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da Universidade Federal do Pará pelas valiosas contribuições a este trabalho. À Universidade Estadual do Maranhão/UEMA, Centro de Estudos Superiores de Caxias/CESC pelo apoio e infraestrutura disponibilizados para a pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Alho CJR (2012) The importance of biodiversity to human health: An ecological Perspective *Estudos avançados* 26(74):151-165
- Anjos-Santos D, Carriço C, Costa JM, Santos TC (2011) Description of the final instar larvae of *Acanthagrion gracile* (Rambur) and *Acanthagrion lancea* Selys (Odonata: Coenagrionidae). *Zootaxa* 2832:44–50
- Ávila-Gomes ES, Moreno CE, Garcia-Morales R, Zuria I, Sánchez-Rojas G, Briones-Salas M (2015) Deforestation thresholds for phyllostomid bat populations in tropical landscapes in the Huasteca region, Mexico. *Tropical Conservation Science* 8:646-661
- Barbosa, TAP, Benone NL, Begot TOR, Gonçalves A, Sousa L, Giarrizzo T, Juen L, Montag LFA (2015) Effect of waterfalls and the flood pulse on the structure of fish assemblages of the middle Xingu River in the eastern Amazon basin. *Brazilian Journal of Biology* 75 (31):78–94
- Baker ME, King RS (2010) A new method for detecting and interpreting biodiversity and ecological community thresholds. *Methods in Ecology and Evolution* 1:25–37
- Baker ME, King RS (2013) Of TITAN and straw men: an appeal for greater understanding of community data. *Freshwater Science* 32(2):489–506
- Brasil LS, Juen L, Cabette HSR (2014) The effects of environmental integrity on the diversity of mayflies, Leptophlebiidae (Ephemeroptera), in tropical streams of the Brazilian Cerrado. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 50:325–334
- Brasil LS, Batista JD, Giehl NFS, Valadão MBX, Santos JO, Dias-Silva K (2014) Environmental integrity and damselfly species composition in Amazonian streams at the

“arc of deforestation” region, Mato Grosso, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 26(3):278-287.

Brasil LS, Shimano Y, Batista JD, Cabette HRS (2013) Effects of environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta, Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia* 103(3):260-265

Brasil LS, Vieira TB, Oliveira-Junior JMB, Dias-Silva K, Juen L (2017) Elements of metacommunity structure in Amazonian Zygoptera among streams under different spatial scales and environmental conditions. *Ecology and Evolution* 00:1–11. <https://doi.org/10.1002/ece3.2849>

Calvão LB, Nogueira DS, Montag LFA, Lopes MA, Juen L (2016) Are Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging?. *Forest Ecology and Management* 382(15):143-150

Cao X, Wang J, Liao J, Sun J, Huang Y (2016) The threshold responses of phytoplankton community to nutrient gradient in a shallow eutrophic Chinese lake. *Ecological Indicators* 61:258–267

Carvalho FG, Pinto NS, Oliveira-Junior JMB, Juen L (2013) Efeitos da retirada da vegetação marginal sobre a comunidade de Odonata. *Acta Limnologica Brasiliensia* 25(1):10–18

Corbet OS, May ML (2008) Fliers and perchers among Odonata: dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. *International Journal of Odonatology* 11(2):155-17

Corbet PL (1980) Biology of Odonata. *Annual Reviews Entomology* 25:189-21

Cunha EJ, Juen L (2017) Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. *Journal of Insect Conservation* 21:111–119

De Marco P, Resende DC (2002) Activity patterns and thermoregulation in a tropical dragonfly assemblage. *Odonatologica* 31(2):129-138

De Marco P, Latini AO, Resende DC (2005) Thermoregulatory Constraints on Behavior: Patterns in a Neotropical Dragonfly Assemblage. *Neotropical Entomology* 34(2):155–162

De Marco P.; Batista JD, Cabette HSR (2015) Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. *PLoS ONE* 10(4): Sup. e0123023

Dias-Silva K, Cabette HSR, Juen L, De Marco P (2010) The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. *Zoologia* 27(6): 918–930

Dufrene M, Legendre P (1997) Species Assemblages na Indicator Species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67(3):345-366

- Faria APJ, Ligeiro R, Callisto M, Juen L (2017) Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-0173238-8
- Fernandes R.S, Conceição GM, Costa JM, Paula-Zárate EL (2010) Samambaias e licófitas do município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 5(3): 345-356
- Ferr H (2012) O que dinâmica não linear pode nos ensinar sobre comunidades planctônicas? *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 25(1):61-66.
- Ferreira-Peruquetti PS, De Marco P. (2002) Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19(2):317–327
- Firmiano KR, Ligeiro R, Macedo DR, Juen L; Hugues RM, Callisto M (2017) Mayfly bioindicator thresholds for several anthropogenic disturbances in neotropical savanna streams. *Ecological Indicators* 74:276–284
- Firmino P, Malafaia G, Rodrigues ASL (2011) Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, Sudeste do Estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 15(2):1–12
- Freitas AVL, Francini RB, Brown Jr KS (2006) Insetos como indicadores ambientais. In: Cullen L, Rudran R, Valladares-Padua, C Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Editora UFPR
- Giacomini HC (2007) Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. *Oecologia Brasiliensis*, 11 (4): 521-543
- Juen L, De Marco P (2011) Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity* 4:265–274
- Juen L, Oliveira-Junior JMB, Shimano Y, Mendes TP, Cabette HSR (2014) Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta Amazonica* 44(2):175 – 184
- Kail J, Arle J, Jähniq SC (2012) Limiting factors and thresholds for macroinvertebrate assemblages in European rivers: Empirical evidence from three datasets on water quality, catchment urbanization, and river restoration. *Ecological Indicators* 18:63–72
- King RS, Richardson CJ (2003) Integrating bioassessment and ecological risk assessment: An approach to developing numerical water-quality criteria. *Environmental Management* 31(6):795–809

- King RS, Baker ME, Kazyak PF, Weller DE (2011) How novel is too novel? Stream community thresholds at exceptionally low levels of catchment urbanization. *Ecological Applications* 21(5):1659–1678
- King RS, Baker ME (2010) Considerations for analyzing ecological community thresholds in response to anthropogenic environmental gradients. *Journal of the North American Benthological Society* 29(3):998–1008
- Landeiro VL (2008) Generico. R. Disponível em: <https://ppbio.inpa.gov.br/disciplinas/multivariada>. Acesso em: 01 ago 2017
- Legendre P, Legendre L (2012). *Numerical Ecology*. 3 ed. Amsterdam: Elsevier, 980p.
- Lencioni FAA (2005) *Damselflies of Brazil, An Illustrated Identification guide: I - The Non-Coenagrionidae Families*, 1 ed. São Paulo: All Print Editora.
- May ML (1991) Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Odonatologica* 5:75-88
- Martins RT, Oliveira VC, Salcedo AKM (2014) Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. In: Hamada N, Nessimian JL, Querino RB (eds) *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora do INPA.
- Medeiros R.N (2015) Visões da natureza. In: Sousa IG, Vianna J M, Meneses RL. (eds) *Cartografias Invisíveis: saberes e sentires de Caxias*. Caxias: Academia Caxiense de Letras
- Mendes TP, Cabette HSR, Juen L (2015) Setting boundaries: Environmental and spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 87(1): 239-248
- Mendes TP, Luiza-Andrade L, Cabette HSR, Juen L (2017) How Does Environmental Variation Affect the Distribution of Dragonfly Larvae (Odonata) in the Amazon-Cerrado Transition Zone in Central Brazil? *Neotropical Entomology*, <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0506-2>
- Miguel TB, Oliveira-Junior JMB, Ligeiro R, Juen L (2017a) Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecological Indicators* 1:555–566
- Miguel TB, Calvão LB, Vital MVC, Juen L (2017b) A scientometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. *International Journal of Odonatology* 20(1):27-42
- Monteiro-Júnior CS, Couceiro SEM, Hamada N, Juen L (2013) Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *International Journal of Odonatology* 16(2):135–144

- Monteiro-Júnior CDS, Juen L, Hamada N (2014) Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. *Landscape and Urban Planning* 127: 28–40
- Monteiro-Júnior CDS, Juen L, Hamada N (2015) Analysis of urban on aquatic habitats in the central Amazon basin: Adult odonates as bioindicators of environmental quality. *Ecological Indicators*, 48:303–311
- Nessimian JL, Venticinque EM, Zuanon J, De Marco Jr. P, Gordo M, Fidelis L, Batista JD, Juen L (2008) Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614:117–131
- Neto E.B Desenvolvimento urbano. (2015) In: Sousa IG, Vianna J M, Meneses RL. (eds) *Cartografias Invisíveis: saberes e sentires de Caxias*. Caxias: Academia Caxiense de Letras
- Nogueira DS, Calvão LB, Montag LFA, Juen L, De Marco Jr. P (2016) Little effects of reduced-impact logging on insect communities in eastern Amazonia. *Environmental Monitoring and Assessment* 188:441
- Paulson, D. (2006) *The Importance of Forests to Neotropical Dragonflies*. Fourth WDA International Symposium of Odonatology Pontevedra (Spain)
- Pessacq P, Muzón, J, Von Ellenrieder N (2005) Description the last larval instar the *Acanthagion ablutum* Calvert (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica* 34(1):73-76
- R Development Core Team (2015) *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Remsburg, A.J., Olson, A.C. & Samways, M.J. (2008). Shade alone reduces adult dragonfly (Odonata: Libellulidae) abundance *Journal Insect Behaviour*. 21:460-468.
- Rodrigues ME, Roque FO, Quinteiro JMO, Pena JCC, Sousa DC, De Marco, P (2016) Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savanna landscape. *Biological Conservation* 194:113–120
- Roque FO, Buss DF, Abes SS, Stefanos M, Juen L, Siqueira T (2014) Insetos aquáticos no âmbito de instrumentos de gestão ambiental: caminhos ainda pouco explorados. In: Hamada N, Nessimian JL, Querino RB (eds) *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus: Editora do INPA.
- Shimano Y, Juen L (2016) How oil palm cultivation is affecting mayfly assemblages in Amazon streams? *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology* 52:35–45
- Silva, D.P, De Marco, P.Jr., Resende, D.C (2010) Adult odonate abundance and community assemblage measures as indicators of stream ecological integrity: A case study. *Ecological Indicators* 10, 744-752.

- Silva DJ, Conceição GM (2011) Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Scientia Plena* 7(1): 012401
- Southwood T (1977) Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology* 46:337–365
- Suarez-Rubio M, Wilson S, Leimgruber P, Lookingbill, T (2013) Threshold Responses of Forest Birds to Landscape Changes around Exurban Development. *PLoS ONE* 8(6):1–11
- Triplehorn CA, Johnson NF (2013) *Estudo dos insetos*. São Paulo: Cengage Learning
- Valente-Neto F, Roque FO, Rodrigues ME, Juen L, Swan CM (2016) Toward a practical use of Neotropical odonates as bioindicators: Testing congruence across taxonomic resolution and life stages. *Ecological Indicators* 61: 952–959
- Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE (1980) The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:130-137
- Yoshimura M (2012) Effects of forest disturbances on aquatic insect assemblages. *Entomological Science* 15:145–154
- Zar JH (2010) *Biostatistical Analysis*. 5° ed. New Jersey: Prentice Hall

## CONCLUSÃO GERAL

O levantamento realizado no município de Caxias permitiu aumentar em cerca de 2,5 vezes o número de espécies de libélulas (Odonata) que ocorrem para o estado do Maranhão, assim como indicou novos registros de gêneros e espécies para o nordeste brasileiro.

As variáveis estruturais integridade de habitat, cobertura de dossel e largura do canal dos riachos afetaram significativamente a comunidade de Anisoptera, assim como o aumento na largura dos riachos levou ao aumento na riqueza e abundância desse táxon. Entretanto, essas variáveis não tiveram efeito sobre a subordem Zygoptera,

O gradiente da cobertura de dossel não apresentou espécies indicadoras de limiares ecológicos, mas para o gradiente da integridade de habitat foram apontadas espécies indicadoras, com espécies bioindicadoras associadas tanto a pontos de mudança que indicam ambientes degradados ou alterados quanto a pontos de mudança de ecossistemas conservados.

A TITAN, também indicou espécies que apresentaram respostas não-lineares ao efeito das variáveis estruturais, indicando que as flutuações na abundância e na ocorrência da comunidade pode ocorrer devido a mecanismos dentro do próprio táxon

A relação da integridade do habitat, assim como o processo de distribuição e a sua abundância quanto a ordem Odonata e especificamente a Anisoptera, no futuro poderá ser utilizado para estudos em diferentes escalas que vise a conservação e preservação dos ambientes como a sua biodiversidade. Nesse sentido, torna-se necessário conhecer a importâncias desses aspectos que afetam a comunidade de Odonata, para a conservação do meio ambiente. .

**ANEXO A- ÍNDICE DE INTEGRIDADE DE HABITAT – IIIH.**

Local: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Hora \_\_\_\_\_:\_\_\_\_\_ Localidade: \_\_\_\_\_ Coordenadas: \_\_\_\_\_

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

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

**2) Largura da Mata Ciliar**

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

**3) Estado de preservação da Mata Ciliar**

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

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

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

**5) Dispositivos de retenção**

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

**6) Sedimentos no canal**

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

**7) Estrutura do barranco do rio**

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

**8) Escavação sob o barranco**

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

**9) Leito do rio**

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

**10) Áreas de corredeiras e poções ou meandros**

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

**11) Vegetação Aquática**

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

**12) Detritos**

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

## APÊNDICE I-Revistas para submissão dos artigos científicos

### Artigo 1: CHECKLIST DE ODONATA (INSECTA) PARA O ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL



<http://www.scielo.br/revistas/isz/pinstruc.htm>

### Artigo 2: EFEITO DA PERDA DE INTEGRIDADE DE HABITAT SOBRE ASSEMBLEIAS DE ODONATA (INSECTA) NA ZONA ECOTONAL DO LESTE DO MARANHÃO



<http://www.springer.com/life+sciences/entomology/journal/10841>

**APÊNDICE II-** Tabela com dados dos pontos amostrais, variáveis estruturais dos riachos e de estrutura da comunidade de Odonata.

Amostra	Igarapé	Data Coleta	IIIH	Corb. Dossel	Dossel %	Largura m	Riq_ Odon	Abud_ Odon	Riq_ Zyg	Abu_ Zyg	Riq_ Anis	Abu_ Anis
UA1	Inhamum	17/05/2016	0.887	16	94.12	1.5	8	18	6	15	2	3
UA2	Soledade	17/05/2016	0.915	16	94.12	1.0	6	17	7	22	3	6
UA3	Sumidouro	17/05/2016	0.915	16	94.12	1.7	7	24	6	23	1	1
UA4	Deserto	18/05/2016	0.313	15	88.24	2.5	7	55	6	54	1	1
UA5	Riachão	18/05/2016	0.693	10	58.82	3.8	14	89	8	66	6	23
UA6	Areia Branca	12/07/2016	0.810	14	82.35	2.3	9	28	4	12	6	10
UA7	Lamego	13/07/2016	0.303	11	64.71	2.1	12	67	4	30	8	37
UA8	São José	13/07/2016	0.316	9	52.94	3.5	11	45	4	16	7	29
UA9	Ouro	19/07/2016	0.425	4	23.53	4.5	14	42	1	5	13	37
UA10	Planalçúcar	20/07/2016	0.231	11	64.71	2.0	6	22	3	18	3	4
UA11	Batatal	20/07/2016	0,344	9	52.94	4.3	12	38	2	18	10	20
UA12	Buriti	27/07/2016	0,669	14	82.35	3.0	8	23	5	12	3	11
UA13	Limpeza	09/08/2016	0.421	10	58.82	3.5	7	14	4	12	2	2
UA14	Sanharó	20/09/2016	0.684	17	100.00	1.5	6	29	3	23	3	6
UA15	Cocos	20/09/2016	0.265	16,4	96.47	2.5	9	28	2	12	7	16
UA16	B. Corrente	27/09/2016	0.634	15,3	90.00	2.0	7	51	7	51	0	0
UA17	Itapecuruzinho	11/10/2016	0,586	16	94.12	4.0	10	43	7	33	3	9
UA18	Lava-Pé	14/11/2016	0,489	15,3	90.00	1.5	5	14	5	14	1	1
UA19	Poço Dantas	20/03/2017	0.431	5	29.41	3.5	7	17	1	1	5	15
UA20	Água Sumida	07/04/2017	0.874	16	94.12	2.0	6	28	3	24	3	4
UA21	Caititu	07/04/2017	0,714	12	70.59	2.5	7	26	4	18	4	9
UA22	Xanadu	10/04/2017	0,344	8	47.06	3.0	9	41	6	34	4	8
UA23	Bate-Forquilha	10/04/2017	0,77	16,5	97.06	2.0	3	6	1	4	2	2
UA24	Barragem	17/04/2017	0,673	10,6	62.35	2.5	12	62	6	39	7	26