



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
CAMPUS VII/CODÓ
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS / BIOLOGIA**

RAFAEL COSTA BASTOS

**Implicações das condições ambientais de riachos e déficit Wallaceano sobre Odonata no
Nordeste, Brasil**

CODÓ – MA

2018

RAFAEL COSTA BASTOS

**Implicações das condições ambientais de riachos e déficit Wallaceano sobre Odonata no
Nordeste, Brasil**

Artigo apresentado ao curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais, Habilitação em Biologia, da Universidade Federal do Maranhão, Campus VII, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais, com Habilitação em Biologia.

Orientador: Prof. M. Sc. José Orlando de Almeida Silva

Co-orientador: Prof. M. Sc. Leandro Schlemmer Brasil

CODÓ – MA

2017

RAFAEL COSTA BASTOS

**Implicações das condições ambientais de riachos e déficit Wallaceano sobre Odonata no
Nordeste, Brasil**

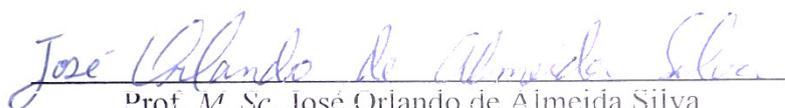
Artigo apresentado ao curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais, Habilitação em Biologia, da Universidade Federal do Maranhão, Campus VII, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais, com Habilitação em Biologia.

Orientador: Prof. M. Sc. José Orlando de Almeida Silva

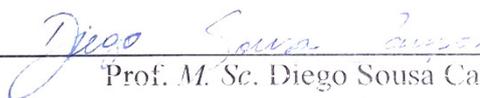
Co-orientador: Prof. M. Sc. Leandro Schlemmer Brasil

Aprovado em: 26 / 01 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. M. Sc. José Orlando de Almeida Silva
Campus VII/UFMA



Prof. M. Sc. Diego Sousa Campos
Campus VII/UFMA



Prof. Dr. Francisco Lima-de-Oliveira
Campus de Caxias/UEMA

Dedico este trabalho a todos que sempre acreditaram em meu potencial, especialmente meu pai (*in memoriam*).

Pesquisar é ver o que outros viram, e pensar
o que nenhum outro pensou.

Albert Szent-Gyorgyi

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me fortalecido nos momentos mais difíceis ao longo da realização deste trabalho, sempre me dando o discernimento necessário para lidar com as situações adversas que surgiram;

À minha família, especialmente meu pai (*in memoriam*), que sempre me ajudou com o apoio e incentivo, e minha esposa, Rozana Bastos, por tudo;

Ao meu orientador José Orlando, que desde início acreditou e apostou em meu potencial;

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Ecologia da Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo apoio durante o tempo que estive lá, realizando etapas deste trabalho, especialmente os pesquisadores Leandro Juen (por todo o apoio logístico na estruturação da pesquisa), Leandro Brasil e Fernando Carvalho (por ajudarem na identificação do material biológico e análise de dados);

Aos meus amigos Ueverson Almeida, Cesar Alves e Francisco Gomes, pela ajuda nas coletas e pelo companheirismo impar;

Ao prof. Eduardo Oliveira pela ajuda nas coletas, e ainda, pelo incentivo, e pela amizade, que foram elementos importantes para o meu crescimento profissional e pessoal;

Ao prof. Diego Campos, que me ajudou diversas vezes com o geoprocessamento dos dados;

À Universidade Federal do Maranhão Campus VII, pela minha formação;

A todos os meus professores da graduação, pelo conhecimento e ensinamentos repassado/compartilhado em cada disciplina. Agradeço em especial os professores de Biologia;

À prof. Mery Jouse, que foi minha orientadora inicialmente, por ter me sugerido como tema, o estudo da entomofauna aquática;

A todos vocês, meus mais sinceros agradecimentos.

Resumo

Alterações no uso do solo, resultantes de ações antropogênicas, modificam as condições bióticas e abióticas devido à perda de qualidade ambiental. Essas alterações são preocupantes em regiões onde o conhecimento sobre a biodiversidade é quase inexistente. Considerando esse cenário, os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos de alterações antropogênicas sobre a integridade ambiental de riachos na mesoregião Leste do Maranhão, Nordeste do Brasil (i); verificar como essas condições afetam as espécies de Odonata (ii); e avaliar a distribuição conhecida das espécies registradas neste estudo e discutir as lacunas de conhecimento da distribuição de Odonata (iii). Foi coletado um total de 269 espécimes, representados por 17 gêneros e 30 espécies. Das 30 espécies encontradas, 17 são novos registros para o estado do Maranhão; destes, 47,05% são espécies de ampla distribuição geográfica, ocorrendo em praticamente todas as regiões do Brasil. Considerando os registros na literatura, houve um aumento de 68% no número de espécies de Odonata conhecidas para o Maranhão. Além de demonstrar a alteração da qualidade ambiental dos riachos, este trabalho contribui para diminuir o déficit Wallaceano em uma área de transição entre os biomas Cerrado-Caatinga e muito ameaçada pelo avanço da fronteira agrícola na região.

Palavras-chave: Anisoptera, lista de espécies, padrões de diversidade, riachos urbanos, Zygoptera.

Abstract

Alterations in land use resulting from anthropogenic actions modify biotic and abiotic conditions due to loss of environmental quality. This is worrying in regions where knowledge of biodiversity is derisory. Considering this scenario, the present study's objectives were to evaluate the effects of anthropogenic alteration on the integrity of stream habitat in the eastern region of Maranhão, Northeast Brazil (i); to verify how these stream conditions affect Odonata species (ii); and to evaluate the known distribution of the species recorded in this study and discuss knowledge gaps on Odonata (iii). A total of 269 specimens, represented by 17 genera and 30 species were collected. Of the 30 species collected, 17 are new records for the state of Maranhão; of these, 47.05% are geographically widespread species, occurring in practically all regions of Brazil. Considering the records in the literature, there was a 68% increase in the number of Odonata species known for Maranhão. In addition to demonstrating the alteration of stream environmental quality, our work contributes to reducing the Wallacean shortfall in a transition area between the Cerrado-Caatinga biomes, an area severely threatened by the advance of the region's agricultural frontier.

Keywords: Anisoptera, checklist, patterns of diversity, urban streams, Zygoptera.

Sumário

Introdução	9
Materiais e métodos	11
<i>Área de estudo</i>	11
<i>Dados bióticos</i>	12
<i>Dados abióticos</i>	13
<i>Polígono de distribuição das espécies</i>	14
<i>Análise de dados</i>	15
<i>Revista para a publicação do trabalho</i>	15
Resultados	15
<i>Integridade ambiental dos riachos</i>	15
<i>Descrição das comunidades</i>	16
<i>Relação das espécies com as características ambientais dos riachos</i>	16
<i>Distribuição espacial das espécies</i>	20
Discussão	25
<i>Integridade ambiental dos riachos</i>	25
<i>Descrição das comunidades</i>	26
<i>Relação das espécies com as características ambientais dos riachos</i>	27
<i>Distribuição espacial das espécies</i>	27
Referências	29
Anexos	37

Introdução

Mudanças ambientais podem ser causadas tanto por eventos naturais, quanto por ações antrópicas, resultantes de atividades como a agricultura, pecuária, urbanização e mineração (Lambin *et al.* 2001). As consequências das mudanças ambientais naturais, como a sazonalidade, são bem menos prejudiciais às espécies, uma vez que, estas já tiveram um histórico evolutivo conjunto a essas oscilações (Karr 1999). Por outro lado, quando as mudanças no ambiente são de origem antrópica, aumentando em intensidade e/ou frequência, tornam-se mais agressivas a integridade biótica dos sistemas (Karr 1981).

As ações antrópicas podem resultar em mudanças nas condições ambientais, como, na disponibilidade de recursos, afetando a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Mckinney 2006). O processo de urbanização resulta em vários tipos de alterações na estrutura da paisagem natural, em especial, alterações no uso do solo associado ao desmatamento para a ocupação humana. Esse desmatamento se torna ainda mais danoso em ecossistemas aquáticos, com a retirada da vegetação ripária (Monteiro-Júnior *et al.* 2015). Além do desmatamento, a ocupação traz também o lançamento de resíduos nos sistemas aquáticos. Esse acréscimo de resíduos pode causar mudanças nas variáveis físico-químicas da água, como por exemplo, alterações nas concentrações de nitrogênio, fósforo e oxigênio dissolvidos, ou ainda, na turbidez e condutividade elétrica. (Couceiro *et al.* 2007). Essas alterações ambientais desestruturam as comunidades bióticas alterando a riqueza, composição e abundância das espécies (Craves & O'Brien 2013; Monteiro-Júnior *et al.* 2014).

Historicamente, as alterações ambientais têm sido cada vez mais frequentes e intensas, representando um grave problema para a manutenção da biodiversidade (Bush *et al.* 2008). Suas consequências são mais preocupantes em locais onde o conhecimento sobre quem são as espécies (déficit Lineano), onde estão distribuídas no espaço (déficit Wallaceano) e como se relacionam com as condições ambientais (déficit Hutchinsoniano) são inexistentes ou são limitados (Hortal *et al.* 2015). Como resultado disto, muitas espécies e/ou processos ecossistêmicos podem ser extintos antes mesmo de serem conhecidas pela ciência (Pimm *et al.* 2014). Estas incertezas dificultam inclusive a definição de áreas prioritárias para a conservação, devido à deficiência do conhecimento da real biodiversidade existente na região (Rodrigues *et al.* 2016).

Os Odonata são insetos com fase imatura restrita a ambientes aquáticos e de vida adulta terrestre-aérea (Corbet 1999), sendo sensíveis a alterações ambientais em todas as suas

fazes de vida (Mendes *et al.* 2017; Miguel *et al.* 2017b). Por serem termorreguladores, característica relacionada à sua ecofisiologia, a entrada de luz (De Marco *et al.* 2015) junto com a integridade ambiental (Oliveira-Junior *et al.* 2017) são variáveis muito importantes para a distribuição de suas espécies nos riachos tropicais (Monteiro-Júnior *et al.* 2014; Brasil *et al.* 2017a). Portanto, a retirada total ou parcial das matas ciliares altera a entrada de luz e integridade ambiental dos riachos e, conseqüentemente, desestabiliza as comunidades de Odonata (Carvalho *et al.* 2013; Oliveira-Junior *et al.* 2015, 2017).

No Brasil, a distribuição geográfica de Odonata (Insecta Fabricius, 1792) é pouco conhecida, pois apenas em, aproximadamente, 29% da área total do país, alguma espécie já foi coletada ou estudada (Miguel *et al.* 2017a). A região Nordeste do país, que contém parte dos biomas Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia, é ambientalmente uma das regiões mais diversas (Leal *et al.* 2005; Ministério do Meio Ambiente, 2009). No entanto, é onde menos se conhece a biodiversidade de muitos organismos, como, por exemplo, os insetos aquáticos da ordem Odonata (De Marco *et al.* 2008), Ephemeroptera (Shimano *et al.* 2013) e Heteroptera (Dias-Silva *et al.* 2013). Entre os estados da região Nordeste, o Maranhão destaca-se negativamente, pois são poucos os trabalhos publicados sobre registros de Odonata (De Marco *et al.* 2008), o que pode ser reflexo da escassez de profissionais especializados em entomologia aquática nesta região do país (Shimano *et al.* 2013; Nessimian *et al.* 2014), bem como, pela falta de recursos financeiros para o fomento público em ciência no Brasil (Gibney 2015).

Neste contexto, considerando que os Odonata são sensíveis a alterações ambientais de origem antrópica (Monteiro-Júnior *et al.* 2014; Oliveira-Junior *et al.* 2015; Miguel *et al.* 2017b); que existe pouco conhecimento sobre esse grupo para a região Nordeste brasileira (De Marco *et al.* 2008; Miguel *et al.* 2017a); que o Maranhão é um dos estados que compõe a última fronteira agrícola brasileira, chamada de MATOPIBA (junção dos nomes dos estados Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), havendo intensa pressão do agronegócio sobre as paisagens naturais para o avanço do cultivo da soja (Spera, *et al.* 2016) é extremamente relevante a realização de estudos sobre essa ordem nessa região. Portanto, os objetivos do presente estudo são, avaliar o efeito da pecuária e urbanização sobre a integridade do hábitat dos riachos da mesoregião Leste do Maranhão, Nordeste brasileiro (i) e, verificar como essas condições dos riachos afetam as espécies de Odonata (ii). Além disso, analisar a distribuição conhecida das espécies registradas neste estudo, e discutir lacunas no conhecimento sobre Odonata para a região (iii).

Materiais e métodos

Área de estudo

O estado do Maranhão tem 331.937 km² de área, e apresenta os domínios fitogeográficos de Floresta amazônica, Cerrado e Caatinga (Correia-Filho *et al.* 2011; Ministério do Meio Ambiente 2009). De acordo com o sistema de classificação de Köppen, o estado apresenta o clima do tipo Aw (savana tropical) em sua maior parte, onde predomina Cerrado e Caatinga. Esse tipo de clima é caracterizado principalmente pelo inverno seco e verão chuvoso. Por outro lado, no restante do estado, onde predomina Floresta Amazônica o clima é do tipo Am (tropical chuvoso), que é caracterizado pela longa estação chuvosa (Peel *et al.* 2007).

O estudo foi realizado em riachos afluentes do rio Itapecuru, no município de Codó, localizado na mesorregião Leste do Maranhão, Brasil. Este município está em uma zona de transição Cerrado-Caatinga, e possui uma área de 4.698 km² (Feitosa & Almeida 2002). O domínio fitogeográfico predominante é o Cerrado, apresentando as fitofisionomias Cerrado *stricto sensu*, composta, principalmente, por vegetação arbustiva e árvores de médio porte, como Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.); Cerradão, que apresenta vegetação mais densa, com árvores maiores, como o Bacuri (*Platonia insignis* Mart.); e Mata Ciliar (MC), às margens de rios e riachos, sendo composta geralmente por árvores de médio e grande porte, pioneiras e não pioneiras e alguns arbustos. Apresenta ainda, formação de Mata de Cocal, onde predomina as palmeiras de Babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) (Sousa *et al.* 2016) e Carnaúba [*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore]. A Mata dos Cocais, que se estende desde a Amazônia no centro-oeste do Maranhão até a Caatinga no oeste do Piauí, é um tipo de cobertura vegetal de transição entre os climas tropical, equatorial e semiárido (Nunes *et al.* 2012). A topografia da região varia entre plana a suavemente ondulada com altitudes modestas em relação ao relevo brasileiro, com média de 47 m (Gama *et al.* 2007).

O município é drenado pela bacia hidrográfica do rio Itapecuru, e micro bacias dos rios Codozinho e Saco (Correia-Filho *et al.* 2011; Feitosa e Almeida 2002). A Mata ciliar dos riachos afluentes do rio Itapecuru na área de estudo é, em sua maioria, caracterizada pela fisionomia de Mata Ciliar. Entretanto, os riachos apresentam níveis de alteração consideráveis, que são resultantes da intensa utilização do solo para lavoura, pastagem e utilização dos recursos hídricos para a alimentação humana e lazer (Feitosa e Almeida 2002). Muitos riachos de pequeno porte são temporários, contendo água corrente apenas no

período mais chuvoso do ano, devido ao prolongado período sem chuvas, típico da região Nordeste brasileira.

Dados bióticos

As coletas dos adultos de Odonata foram realizadas em nove afluentes pertencentes à bacia hidrográfica do rio Itapecuru, na região Nordeste brasileira (Fig. 1). Os espécimes foram coletados nas margens de cada riacho com uso de rede entomológica (puçá), durante uma hora de coleta ao longo de um trecho de 100 m. A amostragem em cada ponto foi realizada sempre em dias ensolarados entre as 11 e 14 horas (Monteiro-Júnior *et al.* 2015). Os espécimes coletados foram acondicionados e conservados conforme o protocolo de Lencioni (2006). Para a identificação taxonômica dos exemplares coletados, foram utilizadas chaves específicas (Belle 1988, 1996; Garrison *et al.* 2006; Garrison & Von Ellenrieder 2015; Heckman 2006; Lencioni 2005, 2006, 2013; Pessacq 2014); quando necessário, foram feitas comparações com os exemplares já identificados e depositados na coleção do Laboratório de Ecologia e Conservação, da Universidade Federal do Pará; e, também, confirmação com os especialistas Frederico Lencioni (Pesquisador Autônomo –Rua Anibal, 216, Jardim Coleginho, Jacareí, SP, Brazil), Rosser William Garrison (Departamento de Alimento e Agricultura da Califórnia – Setor de Entomologia), Adolfo Cordero Rivera (University of Vigo –Department of Ecology e Animal Biology), e, Alejandro del Palácio (Universidad Nacional de Avellaneda –Departamento de Ambiente y Turismo).

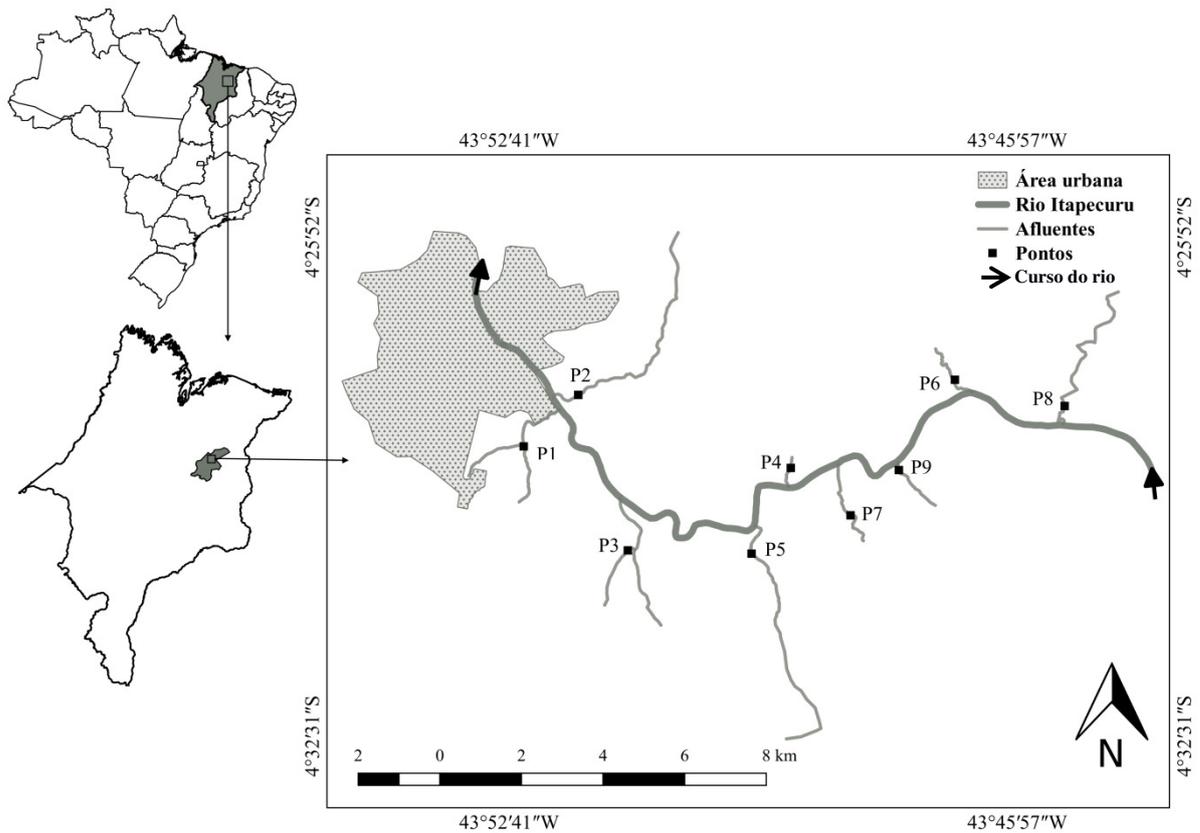


Fig. 1. Localização dos pontos de coleta dos Odonata nos riachos afluentes do rio Itapecuru em Codó, Maranhão, Brasil.

Dados abióticos

Para a avaliação da integridade física do hábitat foi utilizado o Índice de Integridade do Habitat – IIH (Monteiro-Júnior *et al.* 2014), que consiste em um questionário com 12 perguntas aplicadas em todos os igarapés. As seguintes características foram avaliadas: i) acesso ao igarapé, ii) largura da mata ciliar, iii) estado de preservação da mata ciliar, iv) estado da mata ciliar dentro de uma faixa de 10 m, v) dispositivos de retenção, vi) estrutura do canal, vii) estado do fluxo do igarapé, viii) abertura do dossel, ix) ocupação física pelo homem, x) disposição de efluentes domésticos e industriais, xi) densidade populacional (número de famílias) em 100 m, e xii) presença de despejo de lixo (Monteiro-Júnior *et al.* 2014). Cada item é composto de quatro a seis alternativas ordenadas por escores de forma a representar sistemas cada vez mais íntegros. O índice calculado é expresso numericamente de “0” a “1”, sendo que valores mais próximos de “1” representam ambientes com os níveis mais elevados de integridade (Nessimian *et al.* 2008) (Anexo 1).

O IIH tem se mostrado uma métrica eficiente para estudos de impactos ambientais sobre as comunidades de Odonata em riachos tropicais em diversas partes do Brasil. E, já foi

utilizado em diferentes tipos de domínios fitogeográficos, como Floresta Amazônica (Monteiro-Júnior *et al.* 2014, 2015; Miguel *et al.* 2017b; Oliveira-Junior *et al.* 2017), Cerrado (Carvalho *et al.* 2013; Dutra & De Marco 2015) e em áreas de transição Cerrado-Floresta Amazônica (Brasil *et al.* 2014; Juen *et al.* 2014).

O percentual de abertura de dossel dos pontos amostrados foi calculado usando a análise de pixels de fotografias (8mp), utilizando o software ENVI 4.5. As fotografias foram feitas de dentro do canal dos riachos, com a máquina posicionada a 1,20 m da lâmina d'água e afastada do corpo (na forma mais plana possível). Foram feitas seis fotografias por riacho, em cada transecto de 100 metros; sendo duas por trecho, no início, meio e final do riacho. As duas fotografias de cada um dos três trechos de cada riacho foram feitas com o pesquisador posicionado em direção contrária, sendo uma delas voltado para a montante do riacho, e a outra para a jusante.

Polígono de distribuição das espécies

Para criar os polígonos de distribuição das espécies, foram utilizados os dados de distribuição georreferenciados das espécies coletadas já usados em outros trabalhos (Brasil *et al.* 2017b; Calvão *et al.* 2014; De Marco & Viana 2005; Juen & De Marco 2012), mas com atualização dos dados publicados nos últimos anos. Além disso, recentemente, foi criada a *Sociedad Latinoamericana de Odonatologia* (www.odonatasol.com), a qual proporcionou maior intercâmbio de informação e parcerias entre os pesquisadores, possibilitando a atualização desse banco de dados via artigos, coleções e informações de pesquisas de diferentes regiões, melhorando consideravelmente as informações de ocorrência de Odonata neotropicais.

Os dados de ocorrência das espécies coletadas nesta amostragem foram tabulados juntamente com os demais registros para a região Neotropical. Em seguida, foram filtradas apenas as espécies que ocorreram neste estudo e, posteriormente, as ocorrências foram plotadas e geoprocessadas no software QGis 2.14.0-Essen (QGis 2011). Os pontos de ocorrência de cada espécie foram utilizados para a criação do Polígono Mínimo Convexo (Nilsen *et al.* 2008). Este tipo de polígono é limitado pelos pontos mais externos do conjunto de ocorrência, demonstrando graficamente as prováveis áreas de ocorrência dessas espécies.

Análise dos dados

Para avaliar a relação entre a variação da distribuição das espécies de Odonata com as variáveis ambientais do índice, foi utilizada a Análise de Redundância (RDA) (Legendre & Legendre 1998). Para a análise foram utilizadas uma matriz de abundância de espécies e uma matriz de variáveis ambientais. A matriz biológica foi organizada considerando apenas as espécies que tiveram abundância igual ou superior a dez indivíduos. Além disso, a matriz foi transformada pelo método de Hellinger. A matriz ambiental foi transformada pela função $\log + 1$. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Development Core Team 2013). Foi utilizada a variação na composição de espécies, porque após comparar diferentes formas de analisar comunidades de Odonata frente a mudanças ambientais, a composição de espécies é a forma mais eficiente para mensurar impactos ambientais (Miguel *et al.* 2017b).

Revista para a publicação do trabalho

O presente trabalho foi escrito na forma de artigo e submetido para publicação na revista *Marine e Freshwater Research* (Anexos 2 e 3).

Resultados

Integridade ambiental dos riachos

O Índice de Integridade de Habitat (IIH) variou entre 0.50 a 0.65, caracterizando um gradiente de níveis intermediários de alterações ambientais nos riachos estudados. As alterações ambientais de origem antrópica na estrutura da vegetação numa faixa de 10 metros (questão iv), em conjunto com a estrutura física dos canais (questão vi) e alterações no uso da terra além da mata ciliar (questões iii e iv), foram as variáveis mais importantes que levaram a esses valores de IIH. Considerando a estreita relação entre estado da mata ciliar e abertura de dossel, é provável que em riachos com mata ciliar mais estreita, com quebras frequente ou até mesmo ausentes tenham influenciado na abertura de dossel dos riachos amostrados. O riacho Sucuri, por exemplo, onde foram observadas alterações na estrutura da mata ciliar, apresentou o maior percentual de abertura do dossel, com $39,65 \pm 0,14$ (média \pm desvio padrão) (Tabela 1).

Descrição das comunidades

Foram coletados 269 espécimes representados por 17 gêneros e 30 espécies. A subordem Anisoptera apresentou a maior riqueza de espécies, com 17 espécies, representando 56,6% do total amostrado; enquanto que, a subordem Zygoptera apresentou apenas 13 espécies, com 43,4% do total coletado. Contudo, considerando a abundância de indivíduos, os Zygoptera foram mais representativos, com 170 exemplares, ou 63,2% do total coletado; enquanto que, Anisoptera apresentou apenas 99 indivíduos, representando 36,8 % do total.

Os táxons com maior frequência de ocorrência foram *Acanthagrion aepiolum* Tennessen, 2004 encontrado em sete riachos, 77,8% dos riachos; seguido por *Acanthagrion kennedii* Williamson, 1916 e *Erythrodiplax basalis* Kirby, 1889 em cinco riachos, 55,6% do total; *Argia reclusa* Selys, 1865 em quatro riachos, ou 44,4%; e *Perithemis* sp.1 em três riachos, ou 33,3%. Os demais táxons tiveram ocorrência inferior a 25%, cuja distribuição foi restrita ao máximo de dois riachos (Tabela 2).

Relação das espécies com as características ambientais dos riachos

Os dois primeiros eixos da RDA explicam 70% da variação observada, sendo que o primeiro com 45%, e o segundo, com 25%. As variáveis mais importantes para a ordenação foram: abertura do dossel (viii), estado de preservação da MC (iii), e dispositivos de retenção (v), relacionadas positivamente no primeiro eixo; enquanto que, largura da MC (ii) e acesso ao igarapé (i), estão relacionadas positivamente no segundo eixo. No primeiro eixo, a espécie *A. kennedii* relacionou-se com os dispositivos de retenção. No segundo eixo, a espécie *A. reclusa* relacionou-se à largura da MC, enquanto que as espécies *A. aepiolum* e *P. sp.1* relacionaram-se à estrutura do canal (vi) (Fig. 2).

Tabela 1. Localização por meio de coordenadas geográficas dos pontos amostrados e valores do IIIH.

Locais	Código	Coordenadas geográficas		Valores mensurados para cada item do IIIH												IIIH
		Longitude	Latitude	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x	xi	xii	
Riacho São José	P1	-43.874	-4.477	0,25	0,5	0,75	0,2	0,75	1	0,8	0,29	0,2	0,25	0,6	0,5	0,50
Riacho Retiro	P2	-43.863	-4.466	0,25	0,66	0,75	0,6	0,75	1	0,4	0,28	0,8	0,75	0,8	0,5	0,62
Riacho Sucuri	P3	-43.852	-4.502	0,5	0,5	0,75	0,2	0,75	1	0,8	0,39	0,6	0,75	0,6	1	0,65
Riacho 4	P4	-43.813	-4.482	0,25	0,5	0,75	0	0,75	1	0,4	0,37	0,6	0,75	0,6	0,5	0,53
Riacho Roncador	P5	-43.824	-4.502	0,25	0,66	0,25	0,6	0,5	1	0,8	0,25	0,8	0,75	0,8	0,5	0,59
Riacho Seco	P6	-43.779	-4.463	0,25	0,66	0,25	0,4	0,75	1	0,4	0,28	0,8	0,75	0,8	0,25	0,54
Riacho do Mato	P7	-43.802	-4.493	0,25	0,5	0,25	0,2	0,75	0,75	0,6	0,33	0,8	0,75	0,8	1	0,58
Riacho Curimatá	P8	-43.755	-4.469	0,5	0,5	0,25	0,2	0,75	1	0,4	0,28	0,8	0,75	0,6	1	0,58
Riacho Tiririca	P9	-43.789	-4.484	0,25	0,66	0,25	0,2	0,75	0,5	0,2	0,26	0,8	0,75	0,6	1	0,51

Tabela 2. Lista de espécies de Odonata, amostradas no estudo, com pontos de ocorrência e distribuição conhecida para os estados brasileiros. E, também, as demais espécies que já foram registradas em outros trabalhos para o estado do Maranhão. Sigla dos estados brasileiros: AC = Acre, AL = Alagoas, AM = Amazonas, AP = Amapá, BA = Bahia, ES = Espírito Santos, GO = Goiás, MA = Maranhão, MG = Minas Gerais, MT = Mato Grosso, MS = Mato Grosso do Sul, PA = Pará, PB = Paraíba, PE = Pernambuco, PR = Paraná, RJ = Rio de Janeiro, RO = Rondônia, RR = Roraima, RS = Rio Grande do Sul, SC = Santa Catarina, SP = São Paulo, TO = Tocantins.

Espécies amostradas no estudo, com distribuição conhecida para os estados brasileiros e demais registros para o estado do Maranhão				
Subordem/Espécie	Pontos de ocorrência	Distribuição dos registros no Brasil	Demais registros para o Maranhão	Referência
Anisoptera				
<i>Diastatops obscura</i> Fabricius, 1775	P1	AC, AM, AP, BA, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RJ, RO, RR, SP e TO	<i>Brachymesia herbida</i> Gundlach, 1889	De Marco (2008)
<i>Erythemis cf. haematogastra</i>	P1	AC, AM, AP, BA, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE e SP	<i>Erythemis plebeja</i> Burmeister, 1839	De Marco (2008)

<i>Erythrodiplax basalis</i>	P1, P3, P4, P6 e P7	AC, AM, GO, MA, MS, MT, PA, PE, PR, SP, RJ, RO, RR e RS	<i>Erythemis carmelita</i> Williamson, 1923	De Marco (2008)
<i>Erythrodiplax fusca</i>	P4 e P7	AC, AM, BA, ES, PA, PE, RJ, SP, GO, MA, MG, MS, MT, PR, RO, RR, RS e SC	<i>Erythemis peruviana</i> Rambur, 1842	De Marco (2008)
<i>Erythrodiplax latimaculata</i> Ris, 1911	P7	AM, GO, MG, MS, MT, PE, RJ, RS e SP	<i>Erythemis vesiculosa</i> Fabricius, 1775	De Marco (2008)
<i>Erythrodiplax</i> sp.1	P3	-	<i>Erythrodiplax media</i> Borrer, 1942	De Marco (2008)
<i>Erythrodiplax umbrata</i> Linnaeus, 1758	P2 e P9	AC, AM, AP, BA, ES, GO, PA, PE, PR, MG, MS, MT, RJ, RO, RR, RS e SP	<i>Erythrodiplax paraguayensis</i> Förster, 1905	De Marco (2008)
<i>Micrathyria</i> cf. <i>artemis</i> Ris, 1911	P7	AM, AP, BA, ES, GO, MG, MS, MT, PA, RJ, RO e SP	<i>Micrathyria marcella</i> Selys, 1857	De Marco (2008)
<i>Micrathyria</i> cf. <i>divergens</i> Westfall, 1992	P8	MG	<i>Micrathyria ocellata</i> Martin, 1897	De Marco (2008)
<i>Micrathyria</i> cf. <i>paruensis</i> Geijskes, 1963	P4	-	<i>Nephepeltia phryne</i> Perty, 1834	De Marco (2008)
<i>Micrathyria</i> cf. <i>pseudeximia</i> Westfall, 1992	P1	AM, GO, ES, MA, PA, PR, MG, MS, MT, RJ e RO	<i>Orthemis discolor</i> Burmeister, 1839	De Marco (2008)
<i>Nephepeltia</i> cf. <i>flavifrons</i> Karsch, 1889	P7	AC, MG, MS, MT, PA, PE, RJ, RR, e SP	<i>Perithemis lais</i> Perty, 1834	De Marco (2008)
<i>Orthemis</i> cf. <i>ambinigrata</i> Calvert, 1909	P6	BA, ES, MA, PE, RJ, RS e SC	<i>Zenithoptera anceps</i> Pujol-luz, 1993	De Marco (2008)
<i>Perithemis</i> sp.1	P1, P5 e P7	-	<i>Uracis fastigiata</i> Burmeister, 1839	Costa (1997)
<i>Perithemis</i> sp.2	P7	-	<i>Uracis imbuta</i> Burmeister, 1839	Costa (1997)
<i>Perithemis</i> cf. <i>thais</i> Kirby, 1889	P1	AM, AP, ES, PA, MS, MT, RJ, RO e SP	<i>Micrathyria mengeri</i> Ris, 1919	Costa (2002)
<i>Zenithoptera</i> cf. <i>lanei</i> Santos, 1941	P3 e P4	AC, AM, BA, ES, GO, MA, MS, MT, PA, PE, RJ, RO, SC, SP e TO	<i>Uracis siemensii</i> Kirby, 1897	Pujol-luz e Fonseca (1997)
Zygoptera				
<i>Acanthagrion aepiolium</i>	P1, P2, P4, P5, P6, P7 e P8	MS, PA, PR e SP	<i>Ischnura fluviatilis</i> Selys, 1876	De Marco (2008)
<i>Acanthagrion kennedii</i>	P1, P2, P3, P4 e P7	PA		
<i>Acanthagrion truncatum</i>	P8	BA, GO, MG, MS, MT, SP e TO		
<i>Argia reclusa</i>	P1, P5, P6 e P8	AL, GO, MG, MS, MT, RS e SP		
<i>Argia</i> sp.1	P7	-		

<i>Epipleoneura</i> cf. <i>metallica</i> Rácenis, 1955	P3 e P5	AM, BA, GO, MA, MG, MT, PA e TO
<i>Epipleoneura</i> cf. <i>westfalli</i> Machado, 2001	P5	MT, PA e RO
<i>Hetaerina</i> cf. <i>curvicauda</i> Garrison, 1990	P5	GO, ES, MS, MT e RO
<i>Hetaerina</i> <i>sanguínea</i> Selys, 1853	P6 e P8	AM, MA, PA, RO e RR
<i>Ischnura</i> <i>capreolus</i> Hagen, 1861	P8	AC, AM, BA, ES, GO, MG, MS, MT, PA, PE, RJ, RR, RS e SP
<i>Neoneura</i> <i>fulvicollis</i> Selys, 1886	P7	GO, PA e SP
<i>Perilestes</i> <i>solutus</i> Williamson & Williamson, 1924	P6 e P9	GO, MT, PA, RO e RR
<i>Telebasis</i> cf. <i>coccinea</i> Selys, 1876	P3	BA, GO, MS, MT, SP e TO

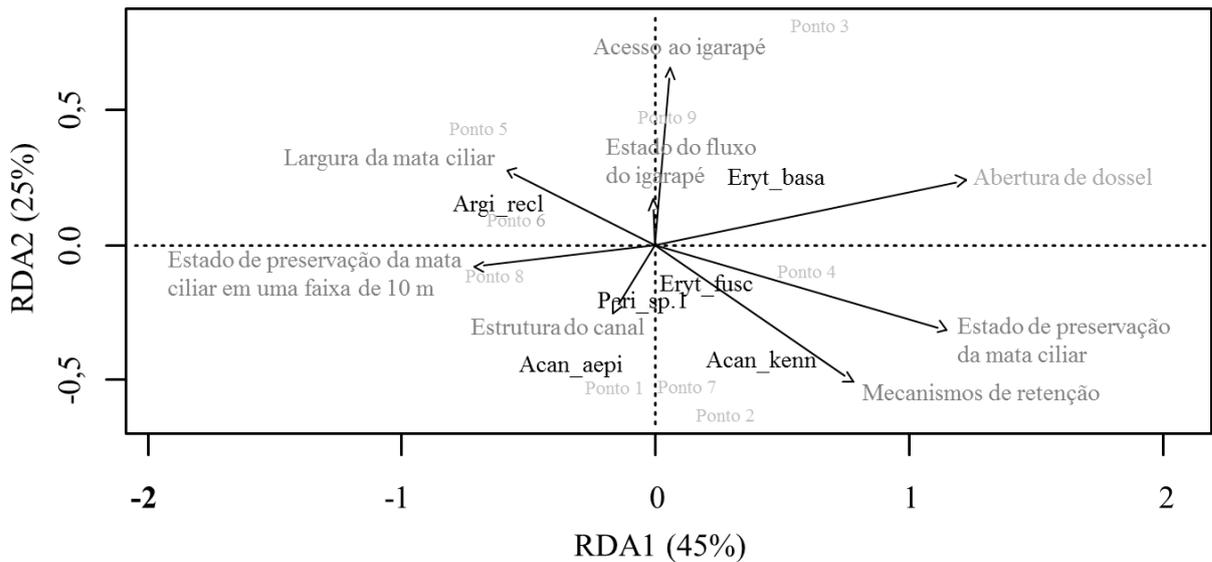
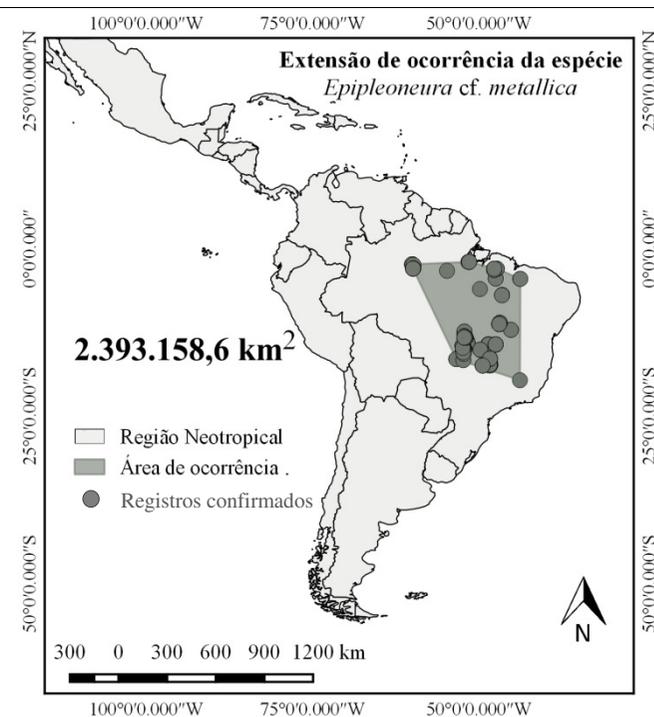
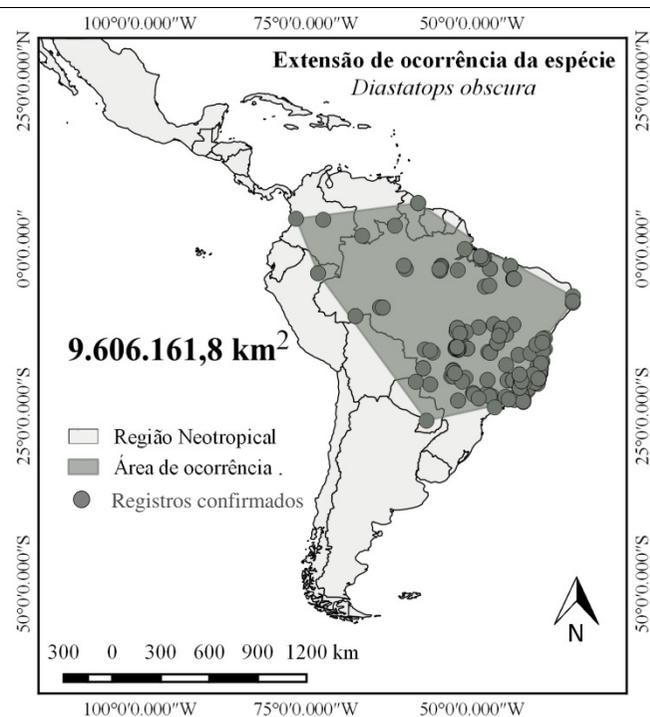
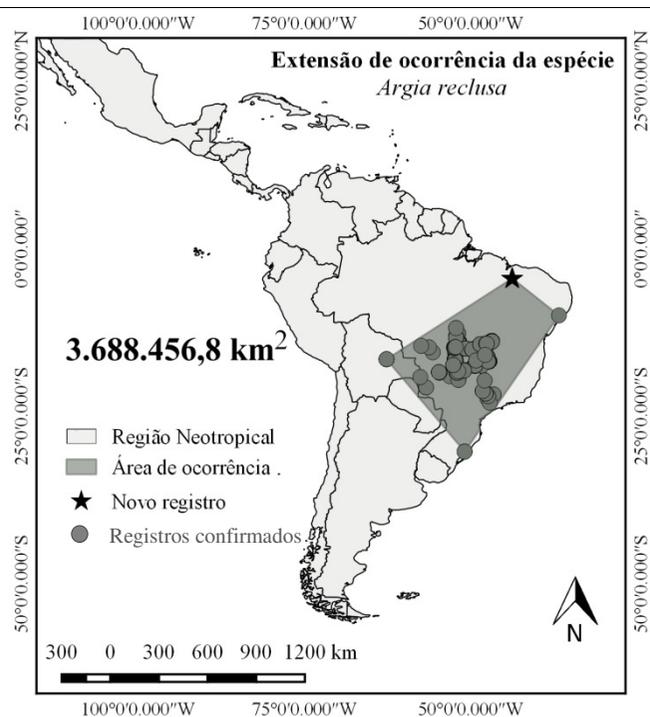
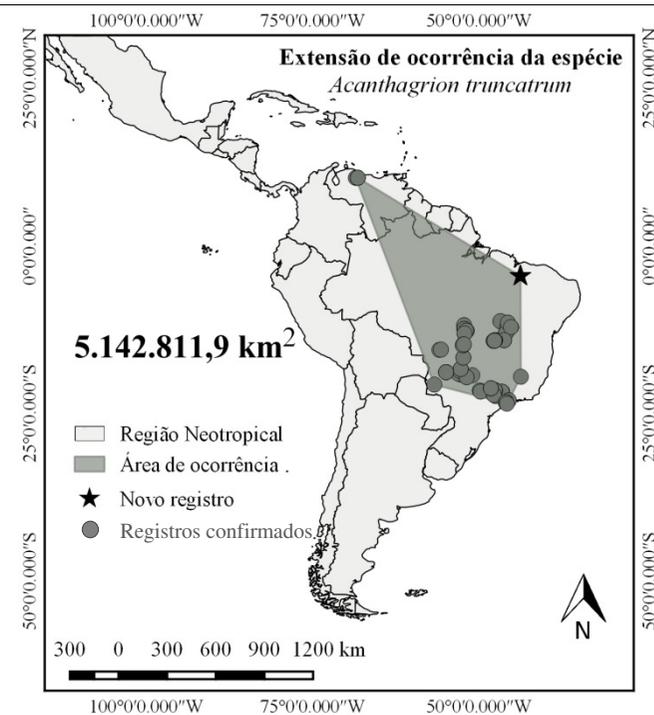
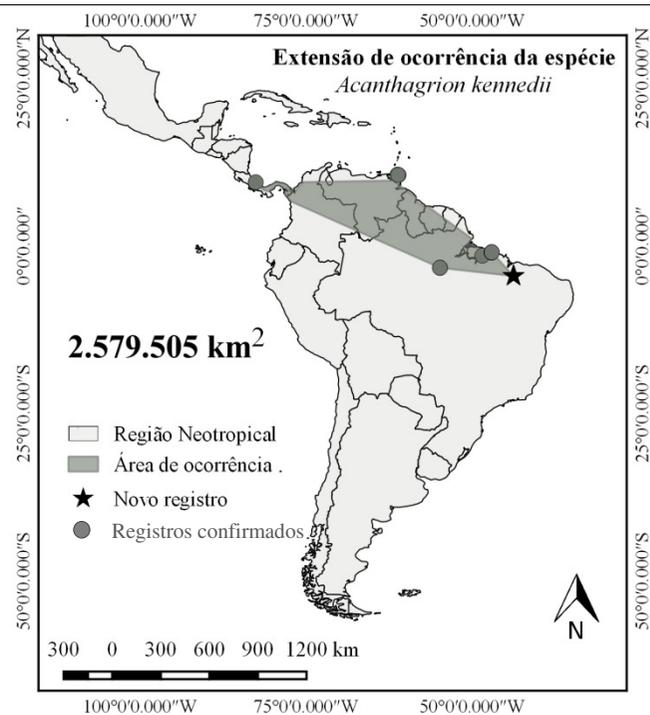
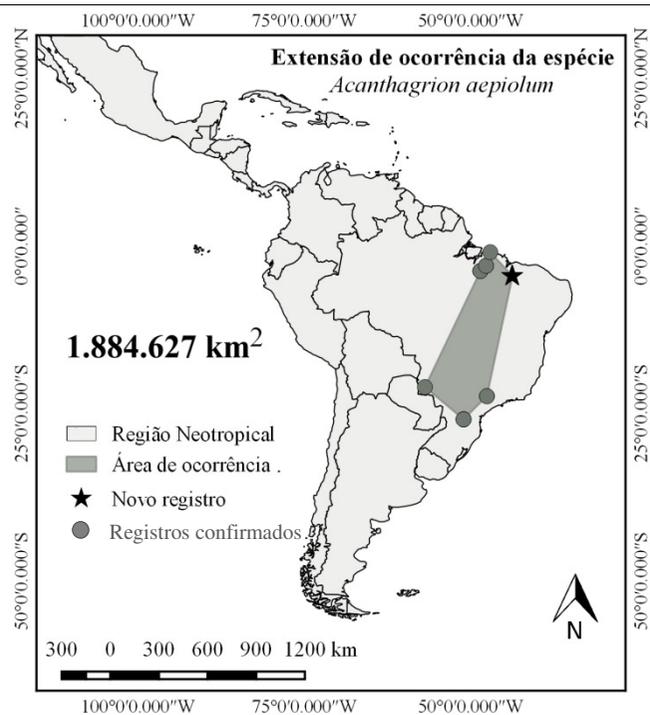


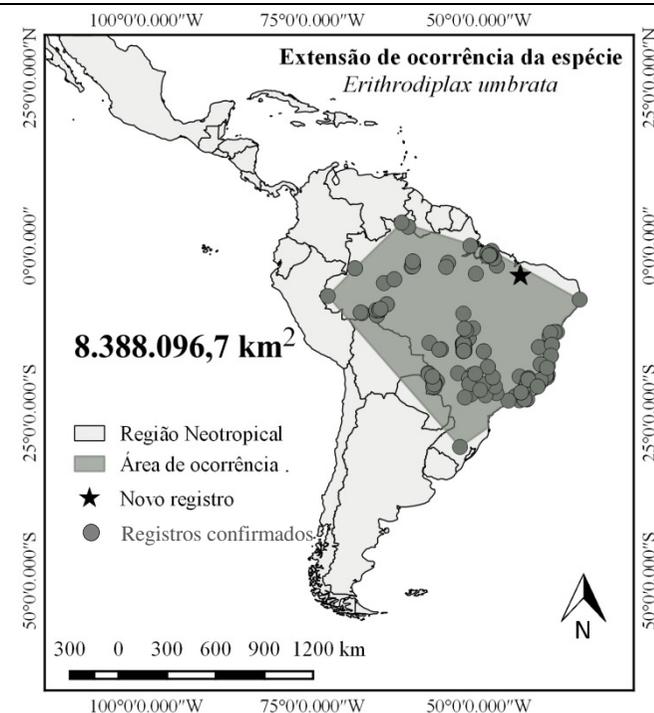
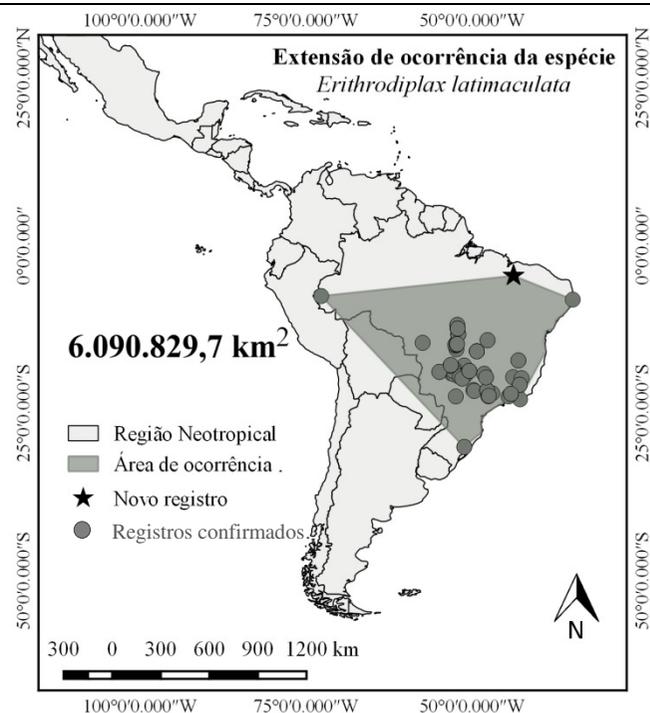
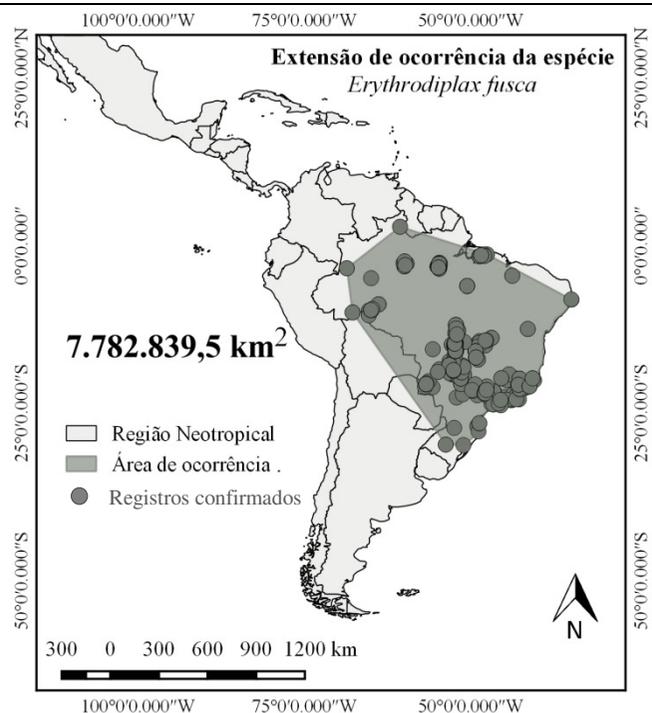
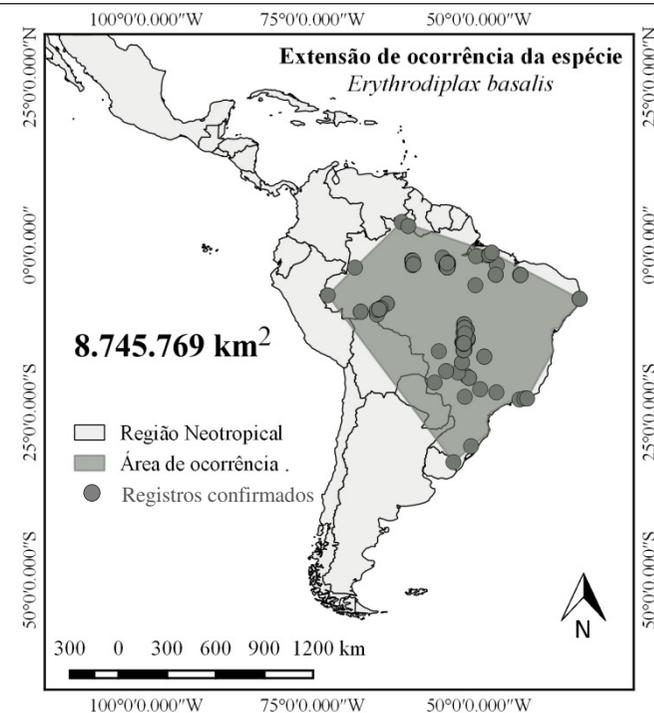
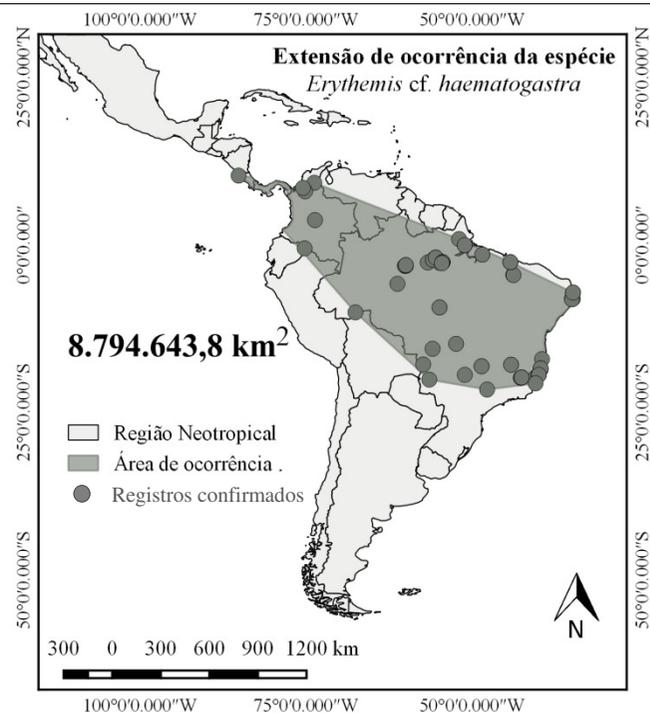
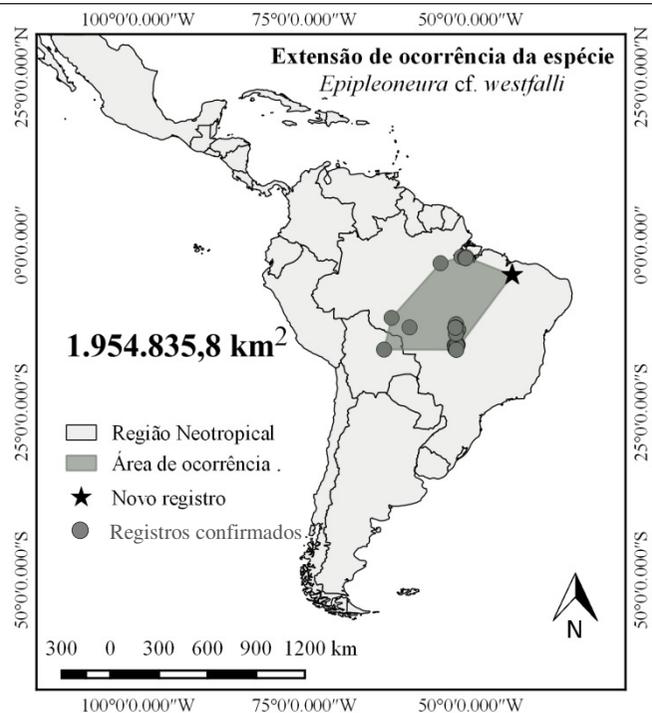
Fig. 2. Análise de Redundância – RDA, da composição das comunidades de Odonata com as variáveis ambientais dos riachos. Acan_kenn (*Acanthagrion kennedii*); Acan_aepi (*A. aepiolum*); Argi_recl (*Argia reclusa*); Eryt_basa (*Erythodiplas basalis*); Eryt_fusc (*E. fusca* Rambur, 1842); Peri_sp.1 (*Perithemis* sp.1).

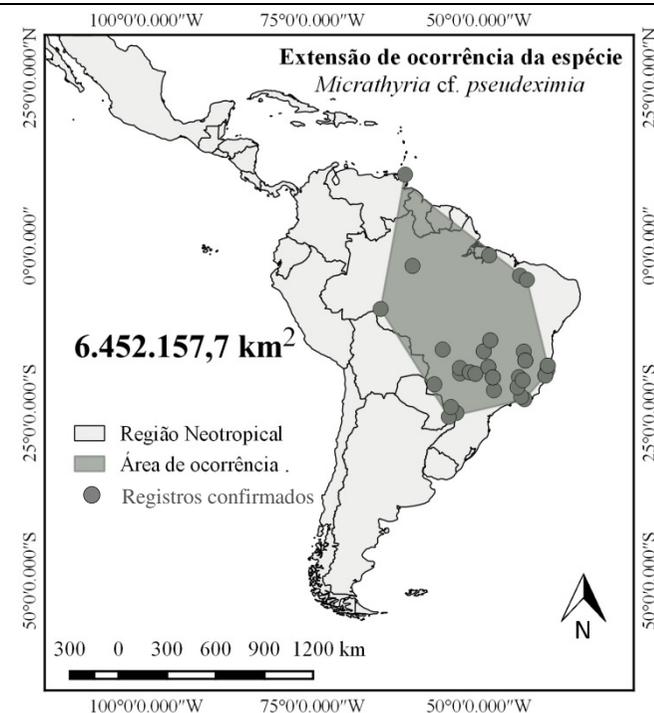
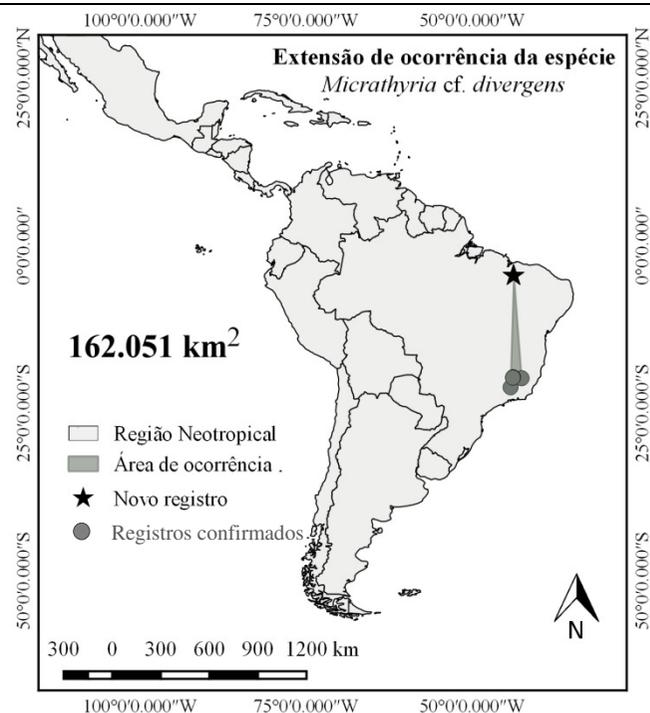
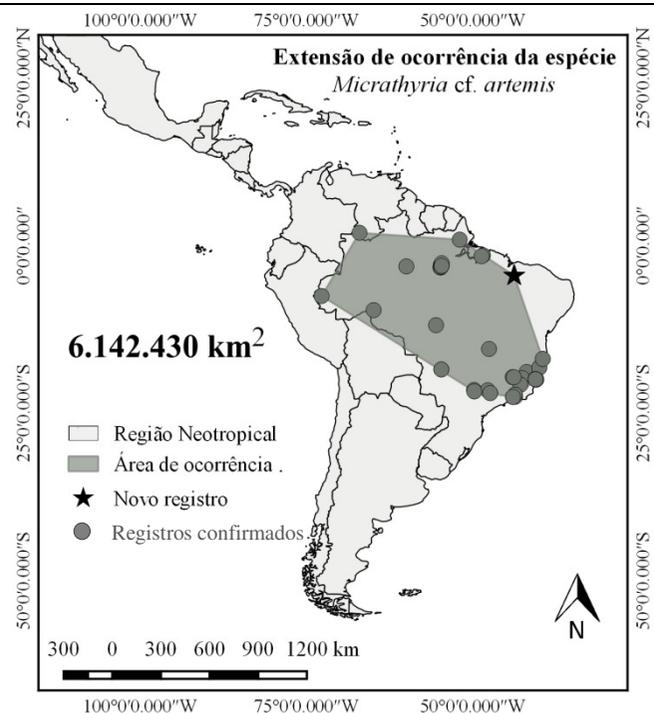
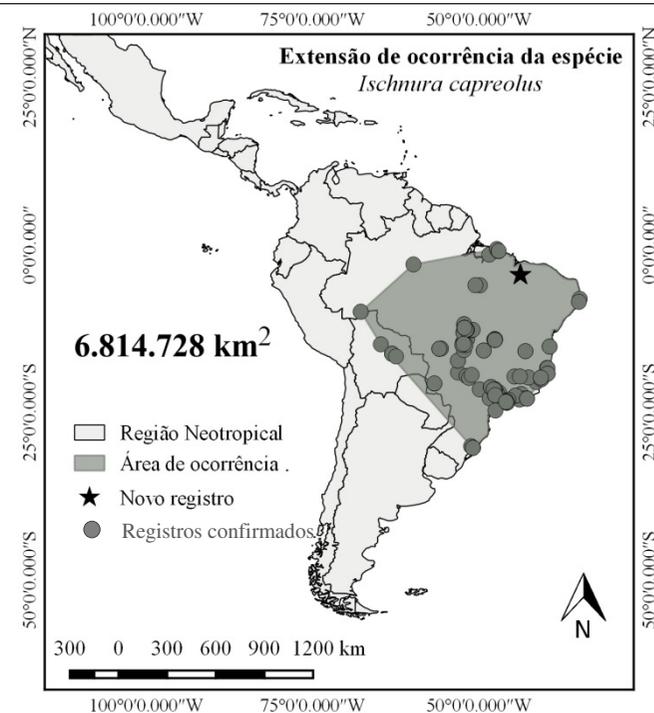
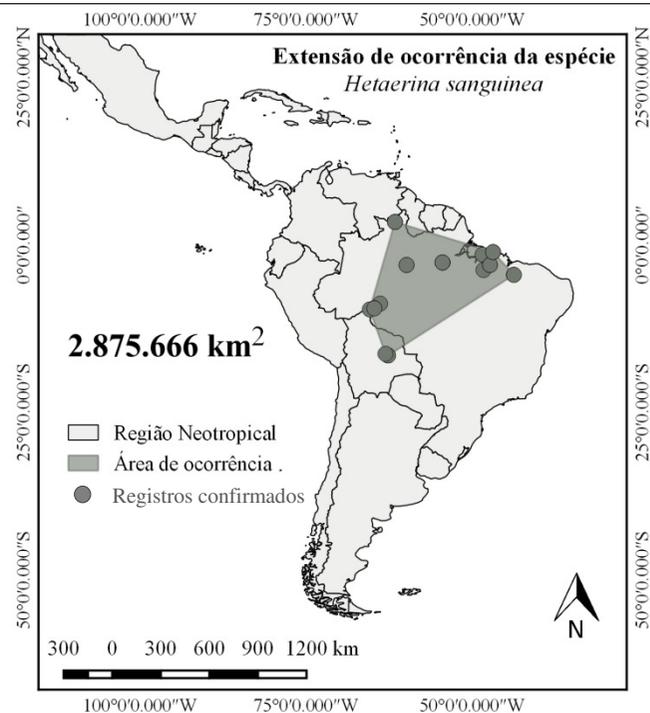
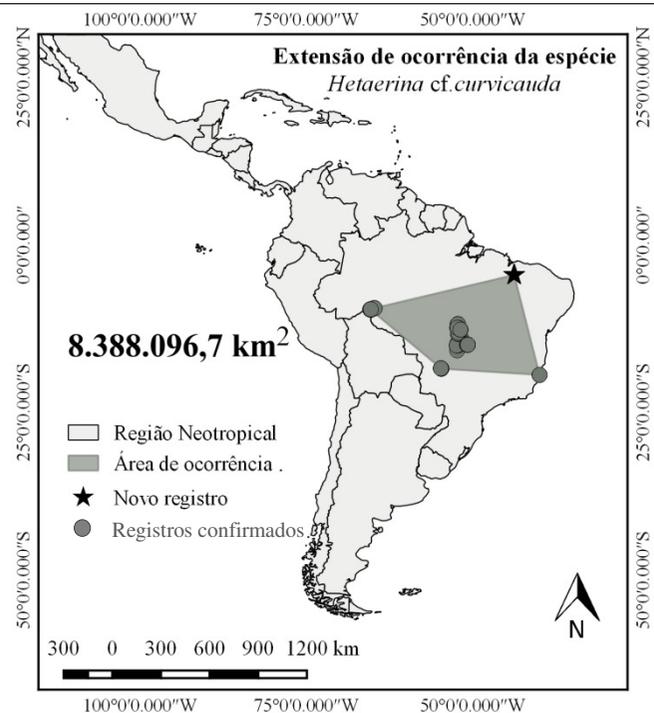
Distribuição espacial das espécies

Das 30 espécies de Odonata relatadas neste estudo, 17 são novos registros para o estado do Maranhão. Destes novos registros, 47,1% são espécies de ampla distribuição geográfica, as quais ocorrem em praticamente todas as regiões do Brasil, desde o Cerrado mais ao sul do país até o norte da Amazônia. E as demais, 47,1%, são espécies com distribuição geográfica mais restrita, ocorrendo de forma mais limitada ou em região específica do país (Tabela 2; Fig. 3).

Quando analisadas as subordens Anisoptera e Zygoptera separadamente verificou-se que elas apresentam distribuição espacial semelhante. As duas subordens possuem registros de espécies comuns com ampla distribuição espacial. O anisóptero *Erythemis* cf. *haematogastra* Burmeister, 1839, por exemplo, ocorre desde a Costa Rica até o sudeste do Brasil. Já os zigópteros, *Acanthagrion truncatum* Selys, 1876 ocorre desde o norte da Venezuela até ao sudeste do Brasil; e *A. kennedii* que passa a ter registros de ocorrência desde o Panamá até o Nordeste do Brasil.







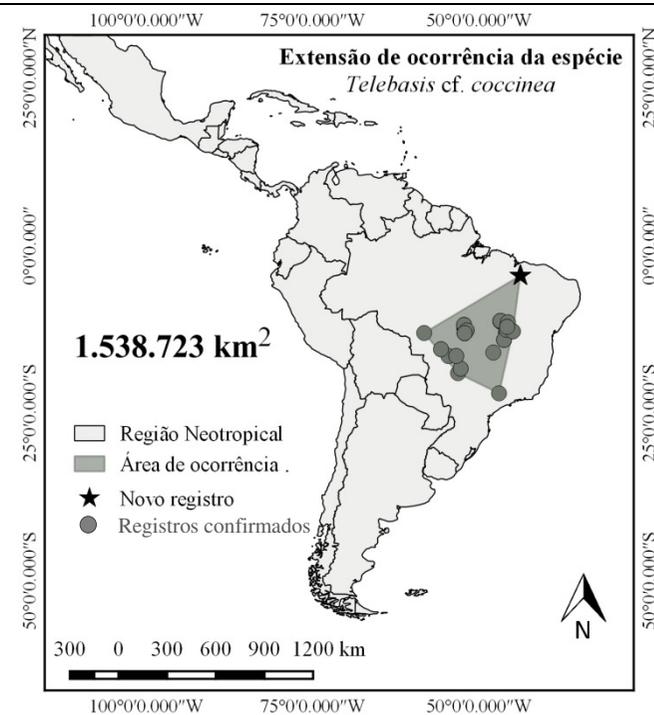
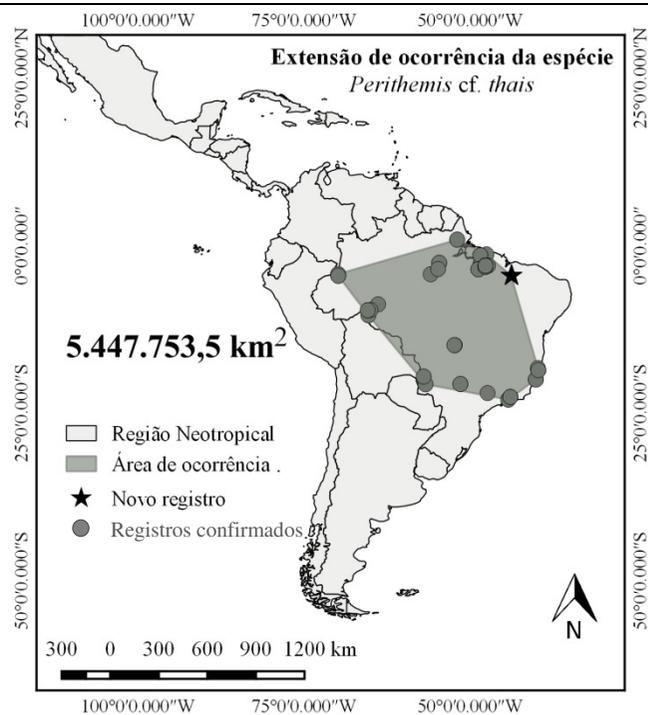
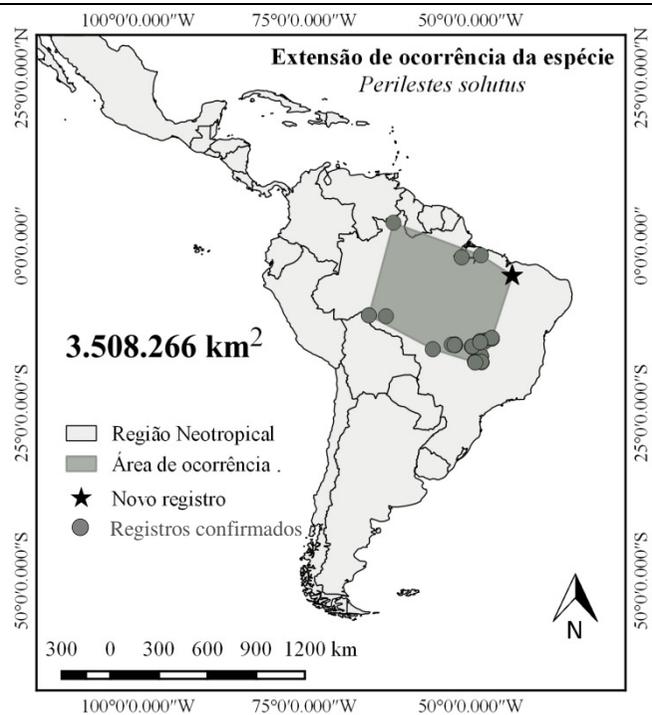
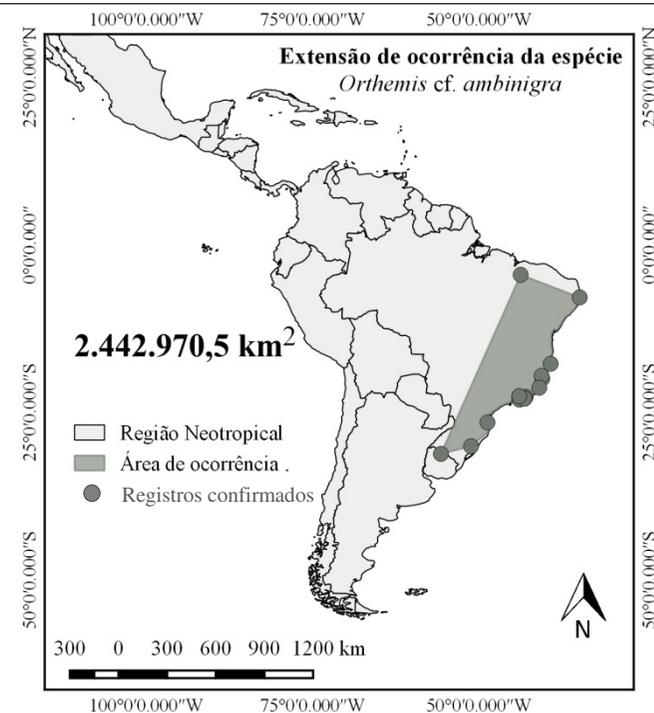
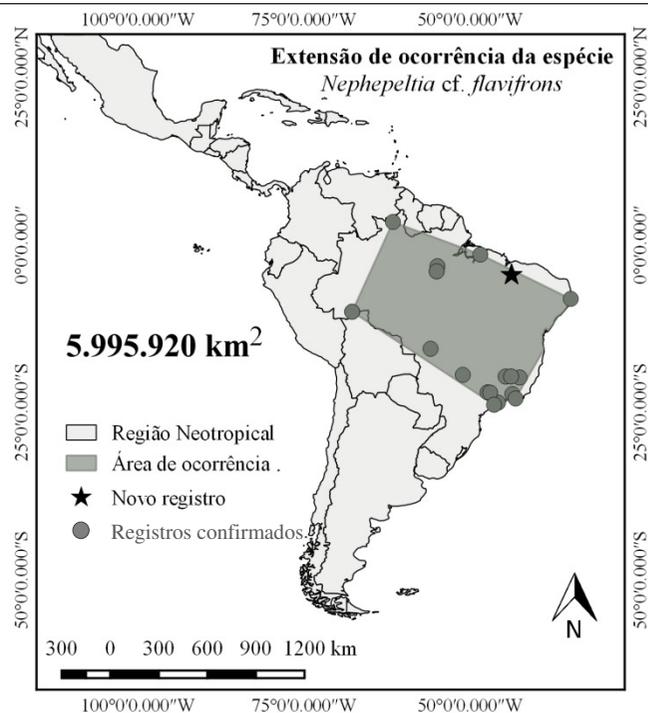
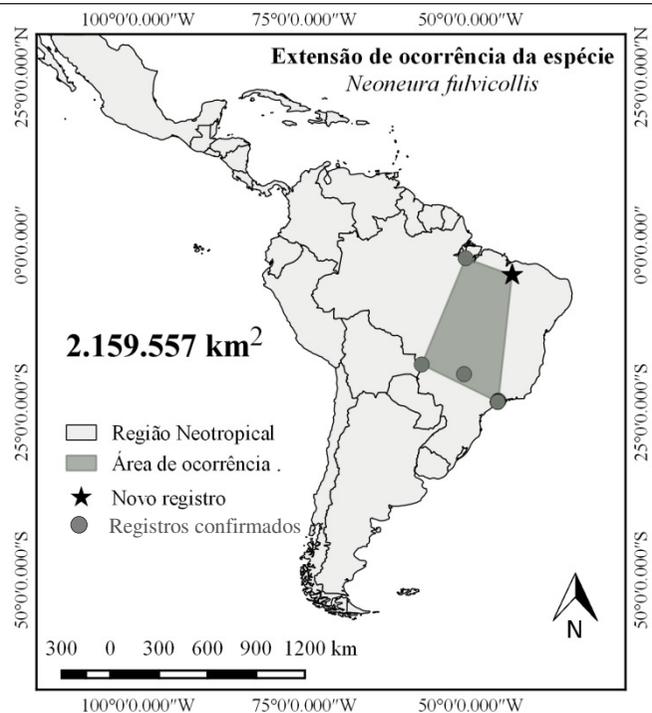




Fig. 3. Polígonos de distribuição das espécies de Odonata coletadas neste trabalho e por registros prévios em literaturas.

Discussão

Integridade ambiental dos riachos

A maioria dos riachos estudados está fortemente afetada pelo uso do solo para a pecuária, haja vista que, esta é a principal atividade desenvolvida na região. A plantação de pastagens exóticas e a criação de gado causam mudanças ambientais nas matas ciliares e na qualidade da água (Lee Foote & Rice Hornung 2005), principalmente nos locais onde o gado bebe diretamente do riacho. Em conjunto, estes fatores causam perda de integridade ambiental (Brasil *et al.* 2014; Dias-Silva *et al.* 2010; Carvalho *et al.* 2013; Juen *et al.* 2014).

Além disso, o processo de urbanização também tem contribuído para a alteração da integridade dos corpos d'água (Monteiro-Júnior *et al.* 2015; Ramos *et al.* 2017), uma vez que, existem casas, cercas e estradas próximos aos riachos que são utilizados como infraestrutura para habitação e produção rural em pequenas propriedades da região. Mesmo sendo pequenas propriedades e/ou até sendo comunidades tradicionais, as habitações no entorno dos riachos também causam perdas de integridade ambiental nos riachos (De Faria *et al.* 2017). Em escala regional, vale ressaltar que existem riachos que se encontram próximos a uma área urbana. Portanto, essas condições supracitadas criam um efeito em cadeia que é potencializado, visto que existe um aumento gradativo nas alterações ambientais na medida em que as áreas

urbanas se aproximam dos riachos (Castro & Beavers 2016). Por esta razão, riachos urbanos ou próximos às áreas urbanas têm consideráveis perdas de integridade ambiental (Monteiro-Júnior *et al.* 2014; Dolice *et al.* 2016a; Dolice *et al.* 2016b; Ramos *et al.* 2017). Sendo provável que isso seja um dos tipos de uso da terra mais prejudicial aos ambientes aquáticos.

Descrição das comunidades

As espécies com maior frequência de ocorrência e abundância neste estudo são conhecidas como organismos comuns em ambientes alterados. Por exemplo, *A. aepiolum* apresenta forte relação com a perda de vegetação nativa (Rodrigues *et al.* 2016). De modo semelhante, *E. basalis* tem se mostrado uma espécie comum de ambientes lênticos (Calvão *et al.* 2013), sendo um excelente indicador de áreas impactadas (Monteiro-Júnior *et al.* 2013; Monteiro-Júnior *et al.* 2015; Oliveira-Junior *et al.* 2015). A espécie *A. reclusa* também se mostrou relacionada a ambientes alterados em estudos prévios (Dutra & De Marco 2015). No entanto, *A. reclusa* mostrou-se relacionada a ambientes preservados nos estudos de Carvalho *et al.* (2013) e Juen *et al.* (2014), feitos em áreas de Cerrado, e de transição Cerrado/Floresta Amazônica. Isto sugere que outros fatores, como a disponibilidade de recursos, clima e/ou temperatura, ou até mesmo padrões biogeográficos (Brasil *et al.* 2017b) possam afetar o comportamento territorial dessa espécie ou a forma como percebem a variação ambiental.

Além disso, vale ressaltar que muitos proprietários na região constroem piscinas particulares para o lazer familiar, provocando o represamento d'água nos canais. Em alguns casos, as margens dos riachos são alargadas e revestidas com sacos de areia e/ou concreto. A vazão da água nestes lugares é controlada de acordo com o interesse do proprietário. Essa atividade pode estar favorecendo a ocorrência de organismos generalistas, que tem um maior favorecimento com áreas abertas, como algumas espécies dos gêneros *Erythrodiplax* e *Micrathyria* (De Marco 2008). A mudança na vazão do riacho pode levar com o tempo a uma mudança na composição de espécies, sendo extinta localmente as que são típicas de ambientes lóticos mais prístinos; e o favorecimento da entrada de espécies mais generalistas de ambientes mais lênticos ou semi-lênticos (Juen *et al.* 2014).

Relação das espécies com as características ambientais dos riachos

Não houve grande variação ambiental entre os sítios, o que dificulta detectar padrões de distribuições das espécies com o gradiente ambiental. No entanto, mesmo assim, houve algumas relações importantes. Algumas espécies do gênero *Argia* tem se mostrado relacionadas com áreas impactadas e com pouca vegetação ripária (Dutra & De Marco 2015; Monteiro-Júnior *et al.* 2013). Isto pode explicar a relação de *A. reclusa* com a largura da mata ciliar. De forma similar, pode explicar ainda, a relação entre *A. kennedii* e os dispositivos de retenção, como galhos de árvores e plantas dispostos dentro e/ou na margem do canal. Além disso, a própria disposição dos substratos pode influenciar na escolha de locais de reprodução pelos odonatas machos (Resende & De Marco Jr 2010). Portanto, estes resultados reforçam a importância de manter a vegetação ripária para a manutenção das comunidades em ecossistemas aquáticos (Oliveira-Junior *et al.* 2017).

Distribuição espacial das espécies

A maioria das espécies relatadas neste estudo apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em praticamente todos os domínios fitogeográficos do Brasil, desde o Cerrado mais ao sul até ao norte da Amazônia. Em riachos alterados como os amostrados neste estudo, existe uma dominância maior por parte de espécies mais comuns (Monteiro-Júnior *et al.* 2013; Dutra & De Marco 2015) e que são menos vulneráveis as alterações ambientais. Essas espécies comuns têm geralmente maior capacidade de dispersão e são mais tolerantes às mudanças nas condições ambientais, e, portanto, têm menos restrições causadas por distância e/ou barreiras geográficas, comparado com as espécies de comunidades de riachos ambientalmente preservados (Brasil *et al.* 2017b). Sendo assim, considerando que as coletas ocorreram predominantemente em ambientes com grau intermediário de alteração ambiental, é esperado que a maior parte das espécies coletadas sejam de ampla distribuição espacial na paisagem.

Contudo, cabe ressaltar que a maioria dos registros se concentra em áreas de Cerrado. As espécies *M. pseudeximia*, *E. latimaculata* e *E. basalis*, têm registros de ocorrência em praticamente todos os domínios, mas é no Cerrado que ocorrem em maior concentração. Em contraste com estes resultados, a espécie *M. cf. divergens*, que é relatada neste estudo, tem ocorrência registrada apenas em regiões de Mata Atlântica. Outro caso semelhante a este, é o que ocorre com a espécie *O. ambinigra*, relatada anteriormente para o Maranhão no trabalho

de De Marco (2008), que também concentra a maioria de seus registros em áreas de Mata Atlântica.

As espécies *H. cf. curvicauda*, *T. cf. coccinea* e *E. cf. westifalli* tiveram a maioria de seus registros concentrados na região Centro-Oeste do país; enquanto que, *M. cf. divergens* e *A. kennedii* tiveram registros apenas nas regiões Sudeste e Norte do país, respectivamente. A espécie *A. aepiolum*, que apresentava lacuna de ocorrência em grande parte da região Neotropical sul (Lozano 2013), foi recentemente relatada para o estado do Pará, no estudo de Calvão *et al.* (2016), e agora para o Maranhão neste estudo. Cabe ressaltar que, apenas 29% da área total do país dispõe de dados de distribuição geográfica de Odonata e, considerando a produção de artigos científicos, 45%, 20,6% e 16% foram publicados nas regiões Sudeste, Norte e Centro-Oeste, respectivamente (Miguel *et al.* 2017a). Por este motivo, é possível que o maior número de registros nestas regiões (Sudeste, Norte e Centro-Oeste), quando comparado com o Nordeste, seja um viés relacionado ao maior esforço de coletas nessas regiões (De Marco & Viana 2005). Portanto, é importante que ocorra um aumento considerável de coletas de Odonata na região Nordeste do Brasil para que seja possível diminuir os déficits Wallaceano. Isto permitirá uma análise biogeográfica mais robusta da ordem (De Marco 2008).

No presente trabalho, 52,94% das espécies são relatados pela primeira vez na região Nordeste do Brasil. Além disso, foi registrada a ocorrência da espécie *M. cf. parauensis*, que, até então, não havia uma certeza de sua ocorrência para o Brasil, sendo apenas previamente sugerido por Heckman (2006). Portanto, estes resultados sugerem que muito além de fatores biogeográficos dos Odonata, a falta de investimentos em pesquisas está gerando dados de distribuição de espécies fortemente enviesados pela distribuição espacial das universidades, centros de pesquisa e especialistas (De Marco & Viana 2005; Nobrega & De Marco 2011).

A aplicação de novos esforços de amostragem, em áreas onde os estudos ainda são incipientes, pode contribuir para o preenchimento de lacunas no conhecimento da distribuição dos organismos (Diniz-Filho *et al.* 2010). Portanto, o presente estudo contribui, também, ampliando o conhecimento da distribuição de Odonata no Brasil. Além disso, evidencia a importância da aplicação de novos estudos de comportamento territorial em áreas de transição Cerrado-Caatinga, onde os estudos com essa abordagem são quase inexistentes (De Marco & Viana 2005). É importante compreender como os organismos se relacionam entre si e com o ambiente, em regiões de Ecotone, visto que as condições ambientais podem ser específicas e, em consequência, podem apresentar diversidade de espécies maior que a encontrada no interior de cada bioma (Juen *et al.* 2017).

Um maior conhecimento sobre a distribuição das espécies e dos ambientes pode ser utilizado como uma das ferramentas para a escolha de novas unidades de conservação (Nobrega & De Marco 2011) e ainda contribui para análises robustas sobre a situação socioeconômica e ambiental em escala regional. Este trabalho contribui para o conhecimento da fauna do Maranhão, onde é esperada grande diversidade de espécies devida suas características biogeográficas e ambientais, mas que em contraste é um dos estados onde há menos estudos sobre a fauna de Odonata no país (De Marco & Viana 2005).

Além disso, a maioria das espécies registradas neste estudo são classificadas como generalistas com ampla distribuição geográfica e tolerantes a mudanças na paisagem (Monteiro-Júnior *et al.* 2013; Sahlén 2006), o que pode ter sido em resposta aos valores de IHH baixos, uma vez que, os riachos estudados apresentam níveis consideráveis de alteração ambiental. Diante disso, caso os riachos estivessem mais íntegros, poderiam ter sido encontradas espécies com distribuição mais restrita ou até endêmicas da região.

Estes resultados demonstram que os riachos urbanos e semi-urbanos estão ambientalmente muito alterados, o que já foi verificado em estudos prévios no Bioma Amazônia (Monteiro-Júnior *et al.* 2014), Mata Atlântica (Dolice *et al.* 2016a; Dolice *et al.* 2016b) e Pampa (Ramos *et al.* 2017). Contudo, isso não é uma excepcionalidade dessa região, mas um problema crônico dos ambientes aquáticos brasileiros localizados próximos a áreas urbanas.

Além disso, amplia a importância da região Nordeste do Brasil para a conservação da biodiversidade, tendo em vista que a região abriga várias espécies de Odonata comuns do Cerrado, Amazônia e até da Mata Atlântica. Portanto, apesar de ser um esforço inicial, com apenas nove pontos amostrados, este estudo contribui minimizando o déficit Wallaceano da região Nordeste e começa a fornecer indícios para estudos biogeográficos que busquem conhecer como a fauna de transição Cerrado-Caatinga se porta diante de seus adjacentes Amazônia e Cerrado.

Referências

- Belle, J. (1988). A synopsis of the species of *Phyllocycla* Calvert, with descriptions of four new taxa and a key to the genera of neotropical Gomphidae (Odonata, Gomphidae). *Tijdschrift voor Entomologie* **131**, 73–102.

- Belle, J. (1996). Higher classification of the South-American Gomphidae (Odonata). *Zoologische Mededeelingen* **70**, 297–324.
- Brasil, L. S., Batista, J. D., Giehl, N. F. S., Valadão, M. B. X., & Santos, J. O. (2014). Environmental integrity and damselfly species composition in Amazonian streams at the ‘arc of deforestation’ region, Mato Grosso, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **26**, 278–287.
- Brasil, L. S., Vieira, T. B., Oliveira-Junior, J. M. B., Dias-Silva, K., & Juen, L. (2017a). Elements of metacommunity structure in Amazonian Zygoptera among streams under different spatial scales and environmental conditions. *Ecology and Evolution* **7**, 3190–3200.
- Brasil, L. S., Oliveira-Junior, J. M. B., Calvão, L. B., Carvalho, F. G., Monteiro-Junior, C., Dias-Silva, K., & Juen, L. (2017b). Spatial, biogeographic and environmental predictors of diversity in Amazonian Zygoptera. *Insect Conservation and Diversity*. doi:10.1111/icad.12262.
- Bush, M. B., Silman, M. R., McMichael, C., & Saatchi, S. (2008). Fire, climate change and biodiversity in Amazonia: a Late-Holocene perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **363**, 1795–1802.
- Calvão, L. B., Vital, M. V. C., Juen, L., Lima-Filho, G.F., Oliveira-Junior, J. M. B., Pinto, N. S., & De-Marco Jr, P. (2013). Thermoregulation and microhabitat choice in *Erythrodiplax latimaculata* males (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* **42**, 97–108.
- Calvão, L. B., De Marco Jr, 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.
- Carvalho, F. G., Pinto, N. S., Oliveira-Junior, J. M. B., & Juen, L. (2013). Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnologica Brasiliensia* **25**, 10–18.
- Castro, J. M., & Beavers, A. (2016). Providing Aquatic Organism Passage in Vertically Unstable Streams. *Water* **8**, 1–20.
- Corbet, P. S. (1999). ‘Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata’. (Harley books: Colchester.)

- Correia-Filho, F. L., Gomes, E. R., Nunes, O. O., & Lopes-Filho, J. B. (2011). Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Codó, Teresina.
- Costa, J. M., & Santos, T. C. (1997). Intra-and interspecific variation in the genus *Uracis* Rambur, 1842, with a key to the known species (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica* **26**, 1–7.
- Costa J. M., Lourenço, A. N., & Vieira, L. (2002). *Micrathyria pseudhyopodidyma* sp. n. (Odonata: Libellulidae), com Chave das Espécies do Gênero que Ocorrem no Estado do Rio de Janeiro. *Neotropical Entomology* **31**, 377-389.
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Luz, S. L. B., Forsberg, B. R., & Pimentel, T. P. (2007). Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazona, Brazil. *Hydrobiologia* **575**, 271–284.
- Craves, J. A., & O'Brien, D. S. (2013). The Odonata of Wayne County, MI: Inspiration for Renewed Monitoring of Urban Areas. *Northeast Naturalist* **20**, 341–362.
- De Faria, A. P. J., Ligeiro, R., Callisto, M., & Juen, L. (2017). Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. *Hydrobiologia* **802**, 39–51.
- De Marco, P., & Viana, D. M. (2005). Distribuição de esforço de coleta de Odonata no Brasil-subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* **13**, 13–26.
- De Marco, P. (2008). Libellulidae (Insecta: Odonata) from Itapiracó reserve, Maranhão, Brazil: new records and species distribution information. *Acta Amazonica* **38**, 819–822.
- De Marco, P., Batista, J. D., & Cabette, H. S. R. (2015). Community Assembly of Adult Odonates in Tropical Streams: An Ecophysiological Hypothesis. *Plos One*, 1–17.
- Dias-Silva, K., Cabette, H. S. R., Juen, L., & De Marco Jr, P. (2010). The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. *Zoologia* **27**, 918-930.
- Dias-Silva, K., Moreira, F. F. F., Giehl, N. F. S., Nóbrega, C. C., & Cabette, H. S. R. (2013). Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist, new records, and species distribution modeling. *Zootaxa* **3736**, 201–235.

- Diniz-Filho, J. A. F., De Marco, P., & Hawins, B. A. (2010). Deflyng the curse of ignorance: perspectives in insect macroecology and conservation biogeography. *Insect Conservation and Diversity* **3**, 172–179.
- Dolice, N. T., Figueiró, R., Portela, C., & Nessimian, J. L. (2016a). Macroinvertebrate diversity loss in urban streams from tropical forests. *Eviron Monit Assess*, 01–13.
- Dolice, N. T., Rosa, D. C. O., Figueiró, R., & Nessimian, J. L. (2016b). Urbanization alters the flow of energy through stream food webs. *Insect Conservation and Diversity* **9**, 01–11.
- Dutra, S., & De Marco, P. (2015). Bionomic differences in odonates and their influence on the efficiency of indicator species of environmental quality. *Ecological Indicators* **49**, 132–142.
- Feitosa, A. C., & Almeida, E. P. (2002). A degradação ambiental do rio Itapecuru na sede do município de Codó-MA. *Cad. Pesq* **13**, 31–45.
- Gama, J. R. V., Souza, A. L., Calegário, N., & Lana, G. C. (2007). Fitossociologia de duas fitocenoses de floresta aberta no município de Codó, estado do Maranhão. *Árvore* **31**, 465–477.
- Garrison, R. W., Ellenrieder, N. V., & Louton, J. A. (2006). ‘Dragonfly Genera of the New World: an illustrated and annotated Key to the Anisoptera’. (PHU Press: Baltimore.)
- Garrison, R. W., & Ellenrieder, N. V. (2015). Damselflies of the genus *Argia* of the Guiana Shield (Odonata: Coenagrionidae). *Zootaxa* **4042**, 1–134.
- Gibney, E. (2015). Brazilian science paralysed by economic slump. *Nature* **526**, 16–17.
- Heckman, C. W. (2006). Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata - Anisoptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America. Dordrecht, ZH:Springer.
- Hortal, J., Bello, F., Diniz-Filho, J. A. F., Lewinsohn, T. M., Lobo, J. M., & Ladle, R. J. (2015). Seven shortfalls that basete large-scale knowledge of biodiversity. *Reviews in advence* **46**, 523–549.
- Juen, L., & De Marco, P. (2012). Dragonfly endemism in the Brazilian Amazon: competing hypotheses for biogeographical patterns. *Biodivers Conserv* **21**, 3507–3521.

- 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 diferentes níveis de conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta Amazonica* **44**, 175–184.
- Juen, L., Brasil, L. S., Salles, F. F., Batista, J. D., & Cabette, H. S. R. (2017). Mayfly assemblage structure of the Pantanal Mortes–Araguaia flood plain. *Marine and Freshwater Research*. **68**, 2156–2162.
- Karr, J. R. (1981). Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* **6**, 21–27.
- Karr, J. R. (1999). Defining and measuring river health. *Freshwater Biology* **41**, 221–234.
- Lambin, E. F., Turner, B. L., Geist, H. J., Agbola, S. B., Angelsen, A., Bruce, J. W., Coomes, O. T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P. S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E. F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P. S., Richards, J. F., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G. D., Svedin, U., Veldkamp, T. A., Vogel, C., & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global environmental change* **11**, 261–269.
- Leal, I. R., Da Silva, J. M., Tabarelli, M., & Lacher Jr, T. E. (2005). Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* **1**, 141–146.
- Legendre P., & Legendre L. (1998). ‘Numerical Ecology’. (Elsevier: Amsterdam.)
- Lee Foote, A., & Rice Hornung, C. L. (2005). Odonates as biological indicators of grazing effects on Canadian prairie wetlands. *Ecological Entomology* **30**, 273–283.
- Lencioni, F. A. A. (2005). ‘Damselflies of Brazil: An Illustrated Identification Guide – vol. 1 The Non: Coenagrionidae Families.’ (All Print Editora: São Paulo.)
- Lencioni, F. A. A. (2006). ‘Damselflies of Brazil: An Illustrated Identification Guide – vol. 2 Coenagrionidae.’ (All Print Editora: São Paulo.)
- Lencioni, F. A. A. (2013). Diagnoses and discussion of the group 1 and 2 Brazilian species of Heteragrion, with descriptions of four new species (Odonata: Megapodagrionidae). *Zootaxa* **3685**, 1–80.
- Lozano, F. (2013). Description of three females of the genus *Acanthagrion* (Odonata: Coenagrionidae) with a key to the females of Argentina. *Zootaxa* **3646**, 023–038.

- Mckinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* **127**, 247–260.
- Mendes, T. P., Oliveira-Junior, J. M. B., Cebette, H. S. R., Batista, J. D., & Juen, L. (2017). Congruence and the Biomonitoring of Aquatic Ecosystems: Are Odonate Larvae or Adults the Most Effective for the Evaluation of Impacts. *Neotropical Entomology* **46**, 631–641.
- Miguel, T. B., Calvão, L. B., Vital, M. V. C., & Juen, L. (2017a). A scientometric estudy of the order Odonata with special attention to Brazil. *International Journal of Odonatology* **20**, 2017.
- Miguel, T. B., Oliveira-Junior, J. M. B., Ligeiro, R., & Juen, L. (2017b). Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. *Ecological Indicators* **81**, 555–566.
- Ministério do Meio Ambiente (2009). ‘Plano estratégico de desenvolvimento industrial do Maranhão’ Available at http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_tal/_arquivos/anexo_1___ppcerrado_104.pdf [accessed 08 November 2017]
- Monteiro-Júnior, C. S., Couceiro, S. R. M., Hamada, N., & Juen, L. (2013). Effects of vegetation removal for road builing on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brasil. *International Journal of Odonatology* **16**, 135–144.
- Monteiro-Júnior, C. S., 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, C. S., Juen, L., & Hamada, N. (2015). Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: Adult odonates as biondicators of environmental quality. *Ecological Indicators* **48**, 303–311.
- Nessimian, J. L., Venticinque, E. M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., Batista, J. D., & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* **614**, 117–131.
- Nessimian, J. L., Sampaio, B. H. L., & Dumas, L. L. (2014). Taxonomia de insetos aquáticos: cenário e tendências para a Amazônia brasileira. In ‘Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia’. (Eds N. Hamada, J. L. Nessimian, e R. B. Querino) pp. 18–26. (INPA: Manaus, BR.)

- Nilsen, K. E., Pedersen, S., & Linnel, J. D. C. (2008). Can minimum convex home ranges be used to draw biologically meaningful conclusions? *Note and Comment* **23**, 635–639.
- Nobrega, C. C., & De Marco, P. (2011). Unprotecting the rare species: a niche-based gap analysis for odonates in a core Cerrado area. *Diversity and distributions* **17**, 491–505.
- Nunes, L. A. P., Silva, D. I. B., Araújo, A. S. F., Leite, L. F. C., & Correia, M. E. F. (2012). Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. *Ciência Agrônômica* **43**, 30–37.
- Oliveira-Junior, J. M. B., Shimano, Y., Gardener, T. A., Hughes, R. M., De Marco, P., & Juen, L. (2015). Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological conditions of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecology* **40**, 733–744.
- Oliveira-Junior, J. M. B., De Marco, P., Dias-Silva, K., Litão, R. P., Leal, C. G., Pompeu, P. S., Gardner, T. A., Hughes, R. M., & Juen, L. (2017). Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. *Limnologia* **66**, 31–39.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol Earth Syst Sci* **4**, 439–473.
- Pessacq, P. (2014). Synopsis of Epipleoneura (Zygoptera, Coenagrionidae, ‘Protoneuridae’), with emphasis on its Brazilian species. *Zootaxa* **3872**, 201–234.
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Biodiversity Status* **344**, 987–997.
- Pujol-Luz, J. R., & Fonseca, R. R. (1997). Variação da coloração das asas e distribuição geográfica do gênero *Zenithoptera* Bates in Selys (Odoanta, Libelulidae). *Rev. Fed. Rural do Rio de Janeiro* **19**, 13–26.
- QGis, D. T., R. R. (2011). Quantum GIS geographic information system (Version 2.14). Open Source Geospatial Foundation Project, 45 Retrieved from <https://quantum-gis.softonic.com.br>
- Ramos, L. S., Lozano, F., & Muzón, J. (2017). Odonata Diversity and Synanthropy in Urban Areas: A Case Study in Avellaneda City, Buenos Aires, Argentina. *Neotropical Entomology* **46**, 144–150.

- Resende, D. C., & De Marco Jr, P. (2010). First description of reproductive behavior of the Amazonian damselfly *Chalcopteryx rutilians* (Rambur) (Odonata, Polythoridae). *Revista Brasileira de Entomologia* **54**, 436–440.
- Rodrigues, M. E., Roque, F. O., Quintero, J. M. O., Pena, J. C. C., Sousa, D. C., & De Marco, P. (2016). Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savana landscape. *Biological conservation* **194**, 113–120.
- Sahlén, G. (2006). Specialists vs generalists among dragonflies: the importance of forest environments in the formation of diverse species pools. In 'Forests and dragonflies'. (Eds A. Cordero-Rivera) pp. 153-179. (Pensoft: Sofia, SO.)
- Shimano, Y., Sales, F. F., & Juen, L. (2013). Study of the mayfly order Ephemeroptera (Insecta) in Brazil: a scientiometric review. *Revista Brasileira de Entomologia* **57**, 359–364.
- Sousa, J. R. P., 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. *Plos One* **11**, 1–23.
- Spera, S. A., Galford, G. L., Coe, M. T., Macedo, M. N., & Mustard, J. F. (2016). Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. *Global Change Biology* **22**, 3405–3413.
- Team, R., R. R. (2013). R development core team. *RA Lang Environ Stat Comput*, **55**, 275–286.

Anexos