

JOÁS DA SILVA BRITO

ATIVIDADES DE MINERAÇÃO E SEUS EFEITOS NA DIVERSIDADE DE  
ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

BELÉM

2017

JOÁS DA SILVA BRITO

ATIVIDADES DE MINERAÇÃO E SEUS EFEITOS NA DIVERSIDADE DE  
ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen, Departamento de Zoologia- UFPA

Co-Orientadora: Dra. Lenize Batista Calvão

BELÉM

2017

JOÁS DA SILVA BRITO

ATIVIDADES DE MINERAÇÃO E SEUS EFEITOS NA DIVERSIDADE DE  
ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Juen

Co-Orientadora: Dra. Lenize Batista Calvão

Instituto de Ciências Biológicas - UFPA

Avaliador: Prof.<sup>a</sup> Dr. Raphael Ligeiro Barroso Santos

Instituto de Ciências Biológicas- UFPA

Avaliador: Msc. Leandro Schlemmer Brasil

Instituto de Ciências Biológicas- UFPA

BELÉM

2017

“Saber muito não lhe torna inteligente. A inteligência se traduz na forma que você recolhe, julga, maneja e, sobretudo, onde e como aplica esta informação.”

*Carl Sagan*

Esse trabalho é dedicado a todos que de alguma forma ajudaram  
E contribuíram para sua realização. Só tenho a agradecer!

## **Agradecimentos**

Primeiramente tenho e preciso agradecer ao apoio incondicional de meus pais José da Silva Brito Filho e Cirene da Silva Brito, que sempre estiveram ao meu lado, incentivando e apoiando em todas as decisões por mim tomadas, com conselhos dados com muito amor e amizade. Que saibam sempre que são o principal espelho que tenho na minha vida.

E também a toda a minha família como um todo, sempre do meu lado, preocupada com meu bem-estar na universidade, e demonstrando que estão ali para me ajudar de todas as maneiras possíveis. E principalmente, lembrando com muito carinho e amor dos meus avós adotivos maternos Odorico Cunha e Maria do Socorro Nunes, como gostaria que estivessem aqui e vissem o fim de uma caminhada e ao mesmo tempo o início de uma nova. Vocês fazem falta!

Devo ressaltar a importância de duas pessoas muito importantes na minha caminhada no mundo acadêmico: meu orientador, o Professor Dr. Leandro Juen, pela dedicação a mim concedida durante esses três anos de convivência, pelos conselhos dados e pela permanente preocupação com o nosso desenvolvimento no mundo da ciência. E a minha Co-orientadora Lenize Calvão, que foi a primeira pessoa, junto com o então doutorando José Max Oliveira Júnior, a me receber no Laboratório de Ecologia e Conservação, de braços abertos, estando sempre ao meu lado, com conselhos sobre a elaboração de textos, as análises estatísticas e identificação dos odonatos. Só tenho a agradecer flor! Também agradeço aos professores responsáveis pela coordenação do Laboratório de Ecologia e Conservação (Labeco) professores Raphael Ligeiro, Thayssa Michelin, e Luciano Montag.

E aos demais componentes do Labeco, pelo companheirismo e bom humor diários no ambiente de trabalho. Pelas dicas dadas durante o desenvolvimento das minhas atividades, bem como durante a elaboração do meu trabalho de conclusão. À Dra. e amiga Karina Diaz e

ao doutorando Leandro Schlemmer Brasil pelas dicas preciosas durante minha preparação para a prova de mestrado, ajudaram muito.

Aos amigos da “Panelinha” Caio Gustavo, Carol Maia, Denyse Cardoso, Ericks Sousa, Klyssia Fonseca e Marcos Damrley, pelos momentos de descontração e amizade durante todo o decorrer do curso. Que consigam cada um alcançar seus objetivos. Renovo os mesmos votos para toda a turma de Bacharelado de Biologia do ano de 2013, foi um imenso prazer dividir com vocês experiências tão gratificantes como a viagem de campo ao IFT e a disciplina optativa de Algodoal, e os momentos anteriores à cada prova de cada disciplina, com nosso pânico. E como dizia o ilustre Carl Sagan “Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com vocês.”

E a todos os que participaram direta e indiretamente da minha caminhada no mundo da ciência.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
INTRODUÇÃO .....	11
MATERIAL E MÉTODOS .....	14
RESULTADOS .....	17
DISCUSSÃO.....	22
AGRADECIMENTOS.....	25
REFERÊNCIAS .....	25

## **RESUMO**

Nesse estudo nosso objetivo é testar a hipótese de que áreas referências (controle) terão maior diversidade de Odonata do que as áreas de mineração, pois os locais de referência mantêm as condições ambientais para maior diversidade de espécies de Odonata adultos. O estudo foi realizado na Flona de Carajás nos meses de setembro, outubro e novembro de 2015 no período de transição chuvoso-seco. Foram estabelecidos dois tipos de tratamentos, áreas de mineração e áreas de florestas pristinas consideradas aqui como referência. Não houve diferenças nas métricas de diversidade de Odonata entre ambos os tratamentos. A preservação da vegetação pelo empreendimento, como é preconizado pelo Código Florestal Brasileiro para uso da matéria prima e conservação da biodiversidade, pode estar sendo eficiente em manter as assembleias de Odonata. Assim pode estar mantendo a conectividade entre os ambientes, permitindo que as espécies de libélulas consigam se mover entre eles. O presente estudo fornece dados iniciais sobre o papel da mineração sobre as assembleias de Odonata, e trabalhos futuros abordando a sazonalidade amazônica podem complementar esse quadro com dados e resultados mais robustos.

Palavras-chave: Diversidade, Odonata, Mineração e integridade ambiental.

**APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ARTIGO**

**ATIVIDADES DE MINERAÇÃO E SEUS EFEITOS NA DIVERSIDADE DE  
ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Autores:** Joás da Silva Brito, Lenize Batista Calvão, Leandro Juen

**Status:** Após a incorporação das sugestões da banca o artigo será submetido à Neotropical Entomology.

# **Atividades de mineração e seus efeitos na diversidade de Odonata (Insecta) em igarapés da Amazônia Oriental**

Joás da Silva Brito <sup>1\*</sup>, Lenize Batista Calvão<sup>1</sup> e Leandro Juen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Conservação – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará.

## **INTRODUÇÃO**

Alterações nos componentes físicos das paisagens podem afetar as comunidades de organismos aquáticos de várias maneiras (Peruquetti & Gessner 2001; Callisto *et al* 2001), pois os ambientes hídricos são sistemas complexos, sensíveis a alterações e muito dependentes da conservação da vegetação adjacente às suas margens (Allan 2004; Townsend *et al* 2003). Na Amazônia os impactos decorrentes de ações antrópicas têm sido cada vez mais recorrentes, principalmente devido a atividades de agricultura, pecuária, extração de madeira, hidrelétricas e mineração (Fearnside 2002; Monteiro 2005), modificando profundamente a estrutura física de paisagens terrestres com efeitos que vão se refletir nos sistemas mais sensíveis como os ambientes aquáticos (Fearnside 2002; Alencar *et al* 2004; Nepstad *et al* 2006; Cunha *et al* 2015; Juen *et al* 2016).

A mineração, como atividade que modifica profundamente a paisagem, tem um longo histórico na região amazônica, principalmente na extração de ouro, manganês e mais recentemente a de ferro (Monteiro 2005). Os impactos provenientes da mineração incluem: poluição da água, poluição do ar, alterações no solo e relevo, o que pode levar a modificação

no fluxo natural dos cursos d'água e produção de rejeitos radioativos (Mechi & Sanches 2010). Assim gerando riscos diretos e indiretos para a biodiversidade, alterando os componentes físicos que funcionam como suporte para os elementos bióticos (Mechi & Sanches 2010; Monteiro Jr. *et al* 2015), que podem levar a alterações na diversidade de organismos e nos serviços ecossistêmicos (Lees & Peres 2007).

Dentre os ambientes mais sensíveis a tais impactos estão os sistemas aquáticos, que são coletores naturais das paisagens, refletindo o uso e ocupação do solo em suas respectivas bacias de drenagem (Callisto *et al* 2001). Dentre os impactos mais visíveis está a remoção das matas ripárias (Carvalho *et al* 2013a; Monteiro Jr. *et al* 2014), que são zonas de saturação hídrica da microbacia, que se estendem ao longo das margens, exercendo papel vital do ponto de vista hidrológico e ecológico. Contribuindo para a manutenção da saúde desses sistemas, e também sendo importantes locais de refúgio e sítios reprodutivos para muitas espécies (Attanasio *et al* 2012).

O biomonitoramento se destaca como um dos métodos mais eficientes de estudo de impacto ambiental em ecossistemas hídricos (Barbour *et al* 1999; Callisto *et al* 2001). Dentre os organismos bioindicadores se destaca a ordem Odonata (Insecta), composta por organismos conhecidos popularmente como libélulas ou jacintas. Vários fatores apoiam o uso da ordem em biomonitoramento, como sua alta diversidade nos trópicos (Corbet 1999), habitam todos os tipos de ambientes de água doce (Oertli 2008), sendo em estado larval estritamente aquáticos, e quando adultos são terrestres voadores ainda ligados aos sistemas hídricos (Monteiro Jr. *et al* 2015) e por terem alta sensibilidade às modificações ambientais (Carvalho *et al* 2013b; Reis *et al* 2011; Monteiro Jr. *et al* 2013; De Marco Jr. *et al* 2012). Além disso, a possibilidade de identificação até espécie é uma vantagem que as diferencia da maioria das outras ordens aquáticas, as quais na maioria das vezes é possível chegar somente até gênero ou até mesmo família (Monteiro Jr. *et al* 2015).

A forma de resposta das espécies frente aos impactos ambientais é muito dependente do tipo de oviposição, padrão de termorregulação e tamanho corporal (De Marco Jr. *et al* 2015). As subordens de Odonata têm respostas diferentes frente às alterações no ambiente (Carvalho *et al* 2013 b; Juen *et al* 2014; Oliveira Jr. *et al* 2015). As espécies da subordem Zygoptera são mais especialistas e estão geralmente associadas a ambientes mais preservados, que são mais sombreados (Corbet 2006; Monteiro Jr. *et al* 2015). Enquanto que espécies mais generalistas, a maioria da subordem Anisoptera estão associadas a ambientes abertos, incluindo ambientes urbanos, que possuem maior incidência de radiação solar, importante para os requerimentos fisiológicos do grupo (Corbet 1999; Golfieri *et al* 2015). Assim, em locais considerados mais conservados, os odonatos adultos considerados especialistas têm maior riqueza de espécies e abundância (Golfieri *et al* 2015; Monteiro Jr. *et al* 2015), pois como esses ambientes são mais heterogêneos, acabam mantendo um maior número de espécies (Hutchinson 1958; Oliveira Jr. *et al* 2015).

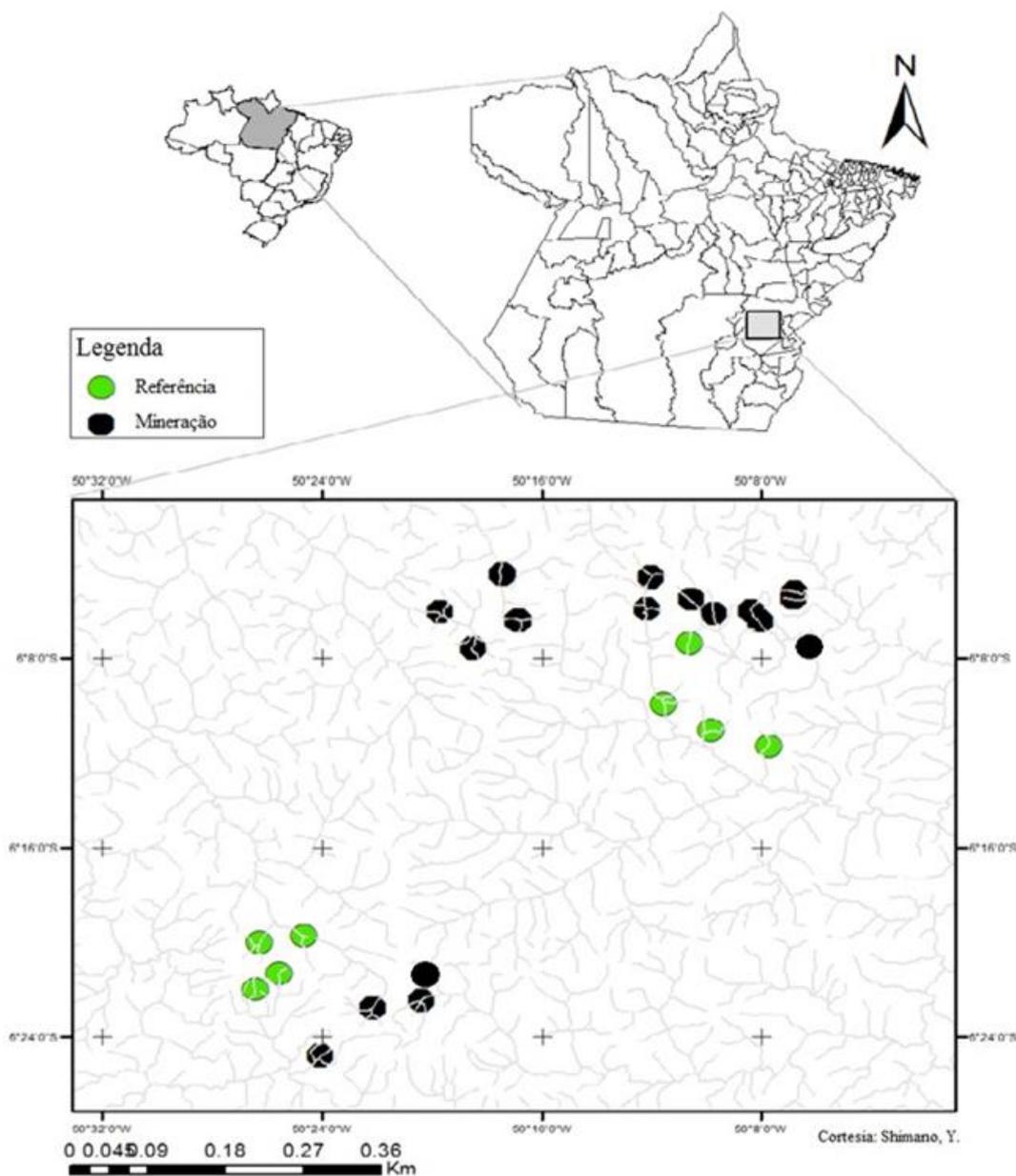
Os fatores ambientais têm papel importante nas comunidades, determinando padrões de distribuição e manutenção das espécies nos ecossistemas (Heino *et al* 2015). A heterogeneidade ambiental do ecossistema é importante para alta diversidade de espécies no ambiente (Whittaker 1973; Carvalho *et al* 2013a), pois disponibiliza maior quantidade de habitats, e possivelmente poderia abrigar uma maior gama de espécies que ali podem sobreviver (Clark & Samways 1996). Estudos de biomonitoramento nos ambientes hídricos em áreas de mineração de ferro são muito incipientes e dos poucos existentes, foram realizados principalmente em regiões temperadas utilizando macroinvertebrados aquáticos (Bruns 2005; Hunken & Mutz 2007), nas regiões de clima equatorial os estudos ainda estão no início (Dedieu *et al* 2015). Tais regiões têm papel fundamental na manutenção de ciclos hidrológicos, assim como possuem as maiores bacias hidrológicas do mundo (Mckinney 2006; Fearnside 2007).

Nesse estudo nosso objetivo será avaliar a diversidade de espécies de Odonata adultos em áreas de mineração e referência. Testando a hipótese de que áreas de referência terão maior diversidade de espécies do que as áreas de mineração, pois muitas espécies são sensíveis às alterações do ambiente em detrimento de espécies generalistas, pois os locais de referência mantêm as condições ambientais para maior diversidade de espécies de Odonata adultos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado na Floresta Nacional da serra dos Carajás (Flona de Carajás), no sul do estado do Pará, o clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo AWi - tropical chuvoso com seca de inverno (Peel *et al* 2007; Alvares *et al* 2014). Em termos de cobertura vegetal, mais de 95% da Flona de Carajás é coberta por florestas, sejam ombrófilas, densas ou abertas ou estacionais. Os 5% restantes, metade é formada por vegetação herbácea ou arbustiva que ocorrem sobre as carapaças lateríticas (cangas) em regiões isoladas nas partes mais altas, nos trechos norte e sul da Serra dos Carajás, sendo assim peculiar da região (Ab' Saber 1986). A Flona de Carajás está inserida no sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia, e suas drenagens principais são a Itacaiúnas e Parauapebas, os quais delimitam respectivamente, a porção oeste-noroeste e a porção leste (Bruck *et al* 1995).



**Figura 01.** Área de estudo no município de Parauapebas, Pará. Os círculos em verde indicam tratamentos de referência e círculos em preto de mineração. As coletas foram realizadas entre os meses de setembro e novembro.

### Amostragem

As amostragens foram realizadas nos meses de setembro, outubro e dezembro de 2015, que correspondem ao período chuvoso-seco. Esse período aumenta a eficiência de realização das coletas pela maior presença de incidência solar e temperatura do ar acima de 19 ° C, pois esta é a temperatura mínima para as libélulas iniciarem suas atividades (Corbet 1999;

Oliveira Jr. *et al* 2015). Foram amostrados um total de 24 igarapés, sendo 16 em áreas de mineração, e oito em áreas de referência. Em cada igarapé a coleta dos adultos de Odonata foi realizada dentro de um trecho fixo de 100 metros, dividido em 10 secções de 10 metros. Cada transecção foi demarcada e nomeada das letras “A” (sempre a jusante) a “K” (sempre a montante). A metodologia de levantamento da comunidade de adultos de Odonata foi baseada no método de varredura com áreas fixas (Pinto *et al.* 2012; Brasil *et al* 2014; Monteiro Jr *et al* 2015).

### **Variáveis ambientais**

A matriz preditora de dados ambientais foi composta pelas variáveis profundidade de talvegue (m), largura do riacho (m) e temperatura (°C). As variáveis que compõem a matriz ambiental do presente estudo já foram avaliadas com sucesso em estudos com assembleias de Odonata, em igarapés amazônicos, fornecendo respostas robustas (Juen & De Marco 2011; Monteiro Jr. *et al* 2013; Oliveira Jr. *et al* 2015). A amostragem dos dados ambientais foi realizada de acordo com protocolo de Peck *et al* (2006) adaptado com sucesso em outros estudos realizado na Amazônia (Juen *et al* 2015; Calvão *et al* 2016; Monteiro Jr. *et al* 2015; Oliveira-Júnior *et al*).

### **Análise de dados**

Para verificar a variação dos componentes físicos que compõe o habitat físico dos riachos entre áreas referência e de mineração foi realizada uma ordenação através de Análise de Coordenadas Principais (PCoA) (Bocard *et al* 2011). Os dados abióticos foram padronizados e foi utilizada a distância euclidiana. Para avaliar se existe diferença significativa na composição de espécies entre os tratamentos foi utilizada uma Análise permutacional multivariada de variância (Permanova) (Legendre & Legendre 1998), usando a matriz de distância euclidiana gerada na PCoA.

Para avaliar a existência de diferenças na riqueza e abundância das espécies de Odonata entre os tratamentos foi realizado um teste t *Student*, sempre avaliando os pressupostos de distribuição normal e homogeneidade das variâncias (Zar 2010). A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi utilizada para verificar a similaridade de composição das espécies nos dois tratamentos, tendo como base o índice de dissimilaridade de *Bray-Curtis* (Legendre & Legendre 1998). Para avaliar a diferença de composição entre as assembleias de Odonata no estudo, o conjunto de dados foi submetido a uma Análise permutacional multivariada de variância (Permanova). A matriz biótica foi logaritimizada e utilizada a distância de *Bray-Curtis* (Legendre & Legendre 1998).

Todas as análises foram realizadas através do programa R (R Development Core Team, 2011), utilizando os pacotes *Vegan* (Oksanen *et al* 2011) e *Adonis* (McArdle & Anderson 2001).

## RESULTADOS

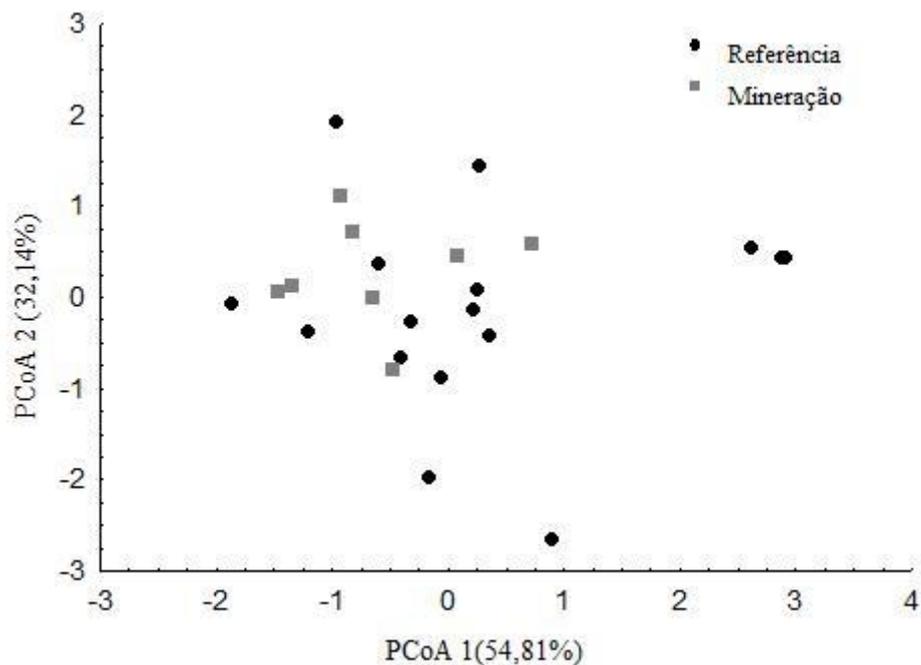
Foram coletados 511 indivíduos de Odonata, sendo divididos em cinco famílias, 18 gêneros, 20 espécies, quatro morfoespécies, e oito morfoespécies de fêmeas, que não foi possível identificar até espécie (Tabela 01). A subordem Zygoptera foi a mais predominante com 16 espécies registradas, enquanto a subordem Anisoptera teve apenas quatro registradas. As famílias mais abundantes foram Polythoridae (n= 180), Coenagrionidae (n= 170) e Calopterygidae (n= 120). Os gêneros mais representativos foram: *Chalcopteryx* (180 indivíduos), *Argia* (130 indivíduos) e *Mnesarete* (71 indivíduos).

**Tabela 01. Abundância das espécies de Odonata na segunda campanha na Serra dos Carajás em 2015, dividida entre os dois tratamentos.**

Família/ espécies	Abundância
-------------------	------------

<b>Coenagrionidae</b>	<b>Mineração</b>	<b>Referência</b>
<i>Argia dives</i> (Förster, 1914)	2	1
<i>Argia hasemani</i> Calvert, 1909	0	1
<i>Argia ocullata</i> Hagen in Selys, 1865	28	3
<i>Argia</i> sp.	1	4
<i>Argia tinctipennis</i> Selys, 1865	50	38
<i>Epipleoneura metallica</i> Rácenis, 1955	6	8
<i>Epipleoneura</i> sp.	1	0
<i>Forcepsioneura</i> sp1.	0	1
<i>Mecistogaster lucretia lucretia</i> (Drury, 1773)	1	0
<i>Mecistogaster ornata</i> Rambur, 1842	0	1
<i>Mecistogaster</i> sp.	3	0
<i>Protoneura tenuis</i> Selys, 1860	1	0
<i>Protoneura</i> sp.	2	0
<b>Heteragrionidae</b>		
<i>Heteragrion ictericum</i> Williamson, 1919	8	9
<i>Heteragrion icterops</i> Selys, 1862	8	3
<i>Oxystigma petiolatum</i> (Selys, 1862)	3	0
<i>Oxystigma</i> sp.	1	0
<b>Calopterygidae</b>		
<i>Hetaerina amazonica</i> Sjöstedt, 1918	27	11
<i>Hetaerina</i> sp.	7	3
<i>Mnesarete aenea</i> (Selys, 1853)	34	15
<i>Mnesarete cupraea</i> (Selys, 1853)	12	1
<i>Mnesarete</i> sp.	6	2
<b>Polythoridae</b>		
<i>Chalcopteryx rutilans</i> (Rambur, 1842)	92	72
<b>Libellulidae</b>		
<i>Diastatops</i> sp.	1	0
<i>Dythemis nigra</i> Martin, 1897	1	0
<i>Fylgia amazonica amazonica</i> Kirby, 1889	0	1
<i>Gynothemis/ Macrothemis</i>	1	1
<i>Macrothemis</i> sp.1	1	0
<i>Oligoclada walkeri</i> Geijskes, 1931	1	0
<i>Orthemis ambirufa</i> Calvert, 1909	1	0

A variação dos dados abióticos foi reduzida no primeiro eixo da PCoA a 54,81% da variação encontrada e o segundo eixo explicou 31,14% (Figura 02). Os dados abióticos não apresentaram diferenças entre os tratamentos de referência e mineração (Pseudo-F=1.862; p=0.178). A variável que mais contribuiu positivamente para o eixo 1 foi largura do canal. A variável que mais contribuiu negativamente para o eixo 2 foi a temperatura do ar (Tabela 02).

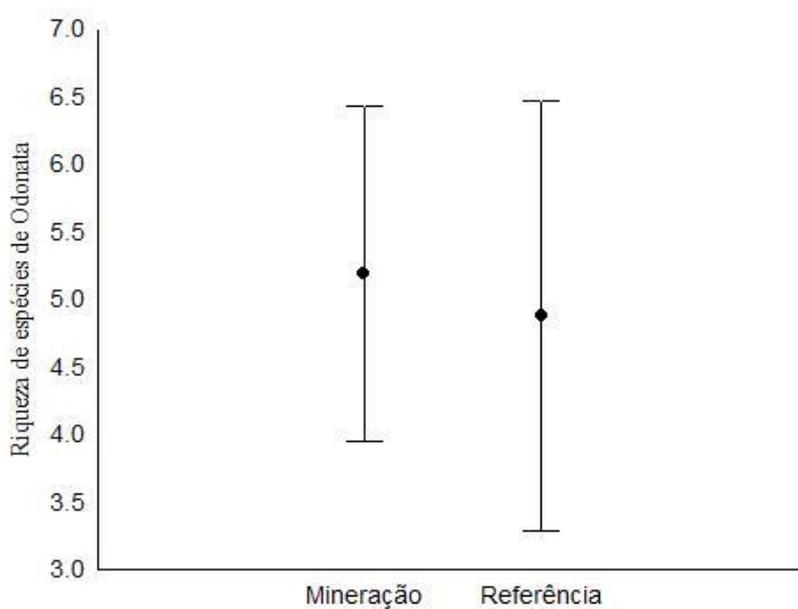


**Figura 02.** Análise de Coordenadas principais com dois eixos de explicação. Preditores ambientais baseados na distância euclidiana. Círculos em preto indicam locais de referência e quadrados em cinza pontos de mineração.

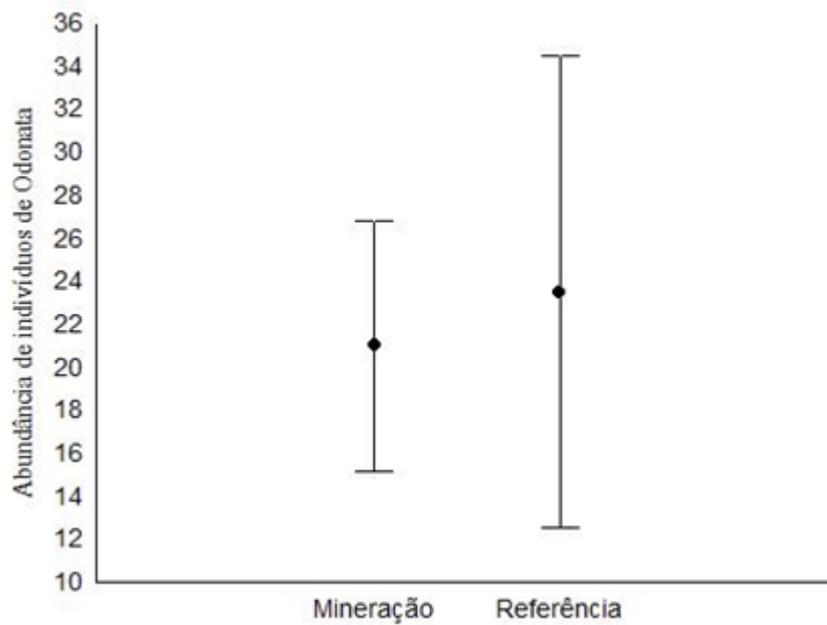
**Tabela 02.** Valores de correlação entre os dados abióticos (Profundidade e largura do canal e temperatura do ar), e os eixos da PCoA separadamente.

	PCoA I	PCoA II
<b>Profundidade</b>	0.88	0.18
<b>Largura</b>	0.89	0.14
<b>Temperatura</b>	0.3	-0.95
<b>% de explicação</b>	<b>54.81</b>	<b>31.14</b>

Não houve diferenças significativas com relação à riqueza de espécies de Odonata ( $t=0.293$ ;  $gl=22$ ;  $p= 0.772$ ) (Figura 02), o mesmo padrão ocorreu com a abundância das espécies (Figura 03), não corroborando assim as hipóteses de que ambientes de referência teriam maior riqueza e abundância de espécies de Odonata.

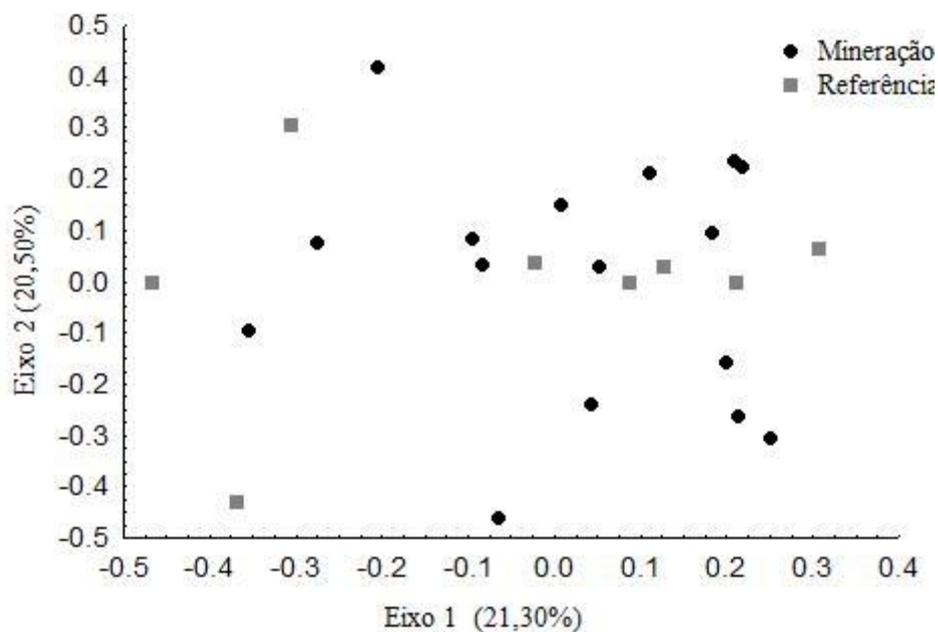


**Figura 03.** Teste t simples para testar diferenças de riqueza de espécies de Odonata entre os tratamentos, a um nível de significância de 0,05.



**Figura 04.** Teste t simples para testar diferenças de abundância de espécies de Odonata entre os tratamentos, a um nível de significância de 0,05.

O eixo 1 da PCoA explicou 21,4% da variação encontrada na assembleia de Odonata, enquanto que o eixo 2 explicou 20,6% (Figura 04). Não houve diferenças significativas da composição de Odonata em ambos os tratamentos (Pseudo-F=1,332;  $p= 0,250$ ). No total 20 espécies foram registradas, sendo que sete ocorreram em áreas de mineração, quatro ocorreram em áreas de referência, e ambas os locais compartilharam nove espécies. A análise visual da ordenação não indicou um padrão de diferenças entre os tratamentos.



**Figura 05.** Análise de Coordenadas Principais com dois eixos de explicação, para composição baseada na distância de *Bray-Curtis*. Círculos em cinza representam os locais de mineração e os quadrados em preto os de referência. Flona de Carajás, Parauapebas, Pará.

## DISCUSSÃO

As atividades de mineração não afetaram a diversidade de Odonata adultos, não existindo diferenças nas métricas de diversidade entre os igarapés dentro da zona mineradora e os de referência. Nas zonas de mineração, as áreas de florestas são conservadas, principalmente as matas ciliares e suas adjacências, de acordo com o que é preconizado pelo código florestal em relação à proteção aos recursos hídricos (Brasil lei 12.727/2012).

As matas ciliares são importantes zonas de saturação hídrica, impedindo o carreamento excessivo de sedimentos para o corpo d'água, tendo um grande papel ecológico (Attanasio *et al* 2012). Esse tipo de vegetação tem grande importância para os odonatos, e atua como filtro para distribuição das espécies (Juen & De Marco Jr. 2012; Oliveira Jr. *et al* 2015) pois mantém os sítios de reprodução e de forrageamento, e sua modificação leva a alterações na incidência de radiação solar e na disponibilidade de recursos, afetando as assembleias da

ordem (Carvalho et al 2013a). A riqueza e abundância encontrado em áreas de mineração similares ao de áreas referências é um indicativo de que esses locais possuem condições de manter as assembleias de odonatos ali residentes. A estrutura da paisagem na qual ocorre o movimento de odonatos influencia a troca de indivíduos entre populações locais e, em alguns casos, impactos ambientais mais severos tem provocado barreiras ao movimento de Odonata, os quais têm incluído pastos (Jonsen & Taylor 2000), florestas (Polak *et al* 2002) e a urbanização (Watts *et al* 2004).

Com as condições ambientais conservadas, as libélulas podem sair de áreas referência e ir para as de mineração, o que pode explicar a riqueza encontrada, uma vez que são organismos que possuem boa mobilidade (May 1976). Além disso os organismos considerados mais generalistas, da subordem Anisoptera (Corbet 2006), tiveram pouca diversidade em ambos os tratamentos. Eles estão geralmente associados a ambientes com maior incidência de radiação solar, devido aos seus processos de termorregulação (May 1976; Monteiro Jr. *et al* 2015), e sua baixa diversidade pode indicar que ambos os locais têm boa conservação das matas, com dossel mais fechado, o que não permite que consigam se manter nesses ambientes.

Os resultados obtidos indicam que a conservação está sendo eficiente em manter a diversidade de Odonata nos ambientes do tratamento de mineração, sem diferenças em relação à diversidade encontrada em áreas controle. No entanto isso precisa ser avaliado em maior escala abrangendo diferentes regiões terrestres, uma vez que as cavas que são abertas na área de estudo provocam supressão da vegetação.

A ausência de perda de diversidade em áreas de mineração pode ser explicada pelo grau de preservação das matas em zonas de mineração, que estão mantendo condições ambientais adequadas para as espécies consideradas mais especialistas conseguirem

sobreviver. A espécie considerada especialista como *Chalcopteryx rutilans* (Rambur, 1842), pertencente à subordem Zygoptera, apresentou alta abundância nos tratamentos de mineração o que demonstra que esses ambientes ainda detêm condições ambientais boas para a biota aquática. Essa espécie é especialista em igarapés íntegros, com troncos de árvores caídas, provenientes das matas de galeria, importantes para suas atividades reprodutivas (Resende & De Marco Jr. 2010). Sua presença indica que mesmo as áreas de mineração conseguem manter tais características ambientais que são importantes para espécies especialistas, e assim elas conseguem sobreviver e se manter nesses locais.

## **Conclusão**

A hipótese de que igarapés referências apresentariam maior riqueza, abundância e uma diferença na composição de Odonata do que as áreas de mineração não foi corroborada, pois não foi detectado diferenças entre os tratamentos. Os dados abióticos também não apresentaram diferenças entre os tratamentos, mostrando que as condições ambientais nos dois tratamentos são similares o que poderia explicar uma estruturação de comunidade similar nos dois tratamentos.

Desta forma é esperado que esse resultado seja explicado principalmente pela presença de mata ciliar em todos os córregos independentes de sua localização, o que pode impedir ou amenizar o efeito da alteração antrópica. No entanto, ainda precisam ser realizados mais estudos para uma resposta definitiva pois aqui fornecemos dados iniciais e de extrema importância para a continuação de estudos futuros, que podem abranger, por exemplo, a sazonalidade, e assim complementar esse quadro com mais informações e detalhes mais robustos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Laboratório de Ecologia e Conservação pelo apoio institucional e acadêmico. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento (Processo Nº 370297/2016-4). A Gilberto Nicácio, Karina Dias e Fernando Carvalho pela coleta dos dados. A Diego Pereira, Adolfo Cordeiro e Fernando Carvalho pelo auxílio na identificação das espécies.

## **REFERÊNCIAS**

AB'SÁBER AN (1986) Geomorfologia da Região de Carajás. In: Carajás. Desafio político, ecologia e desenvolvimento. J. M. G. Almeida Jr. (eds). São Paulo, Brasil: Brasiliense. p 88-124.

ALENCAR A, NEPSTAD DC, MCGRATH D, MOUTINHO P, PACHECO P, DIAZ M, DEL CV, SOARES-FILHO B (2004) Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Instituto de Pesquisa ambiental da Amazônia. Belém, Brasil.

ALVARES, CA, STAPE, JL, SENTELHAS, PC, DE MORAES GONÇALVES, JL, SPAROVEK, G (2014) Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22: 711-728.

ATTANASIO CM, GANDOLFI S, ZAKIA MJB, VENIZIANI JUNIOR JCT, LIMA W DE PAULA (2012) A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. Bragantia 71: 493-501.

BARBOUR MT, GERRITSEN J, SNYDER BD, STRIBLING JB (1999) Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic

Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

BARRETO, M L (2001) Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p

BRASIL Lei 12.727/2012. Código Florestal Brasileiro [On Line]  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm).

BRASIL L, D'ARC BATISTA J, 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: 278-287.

BORCARD, D, LEGENDRE, P (2002) All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecol Model* 153:51-68.

BOCARD, D, LEGENDRE, P, DRAPEAU, P (1992) Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73: 1045-1055.

BRUNS, DA (2005) Macroinvertebrate response to land cover, habitat, and water chemistry in a mining-impacted river ecosystem: A GIS watershed analysis. *Aquatic Sciences* 67: 403-423.

CARLE FL (1979) Environmental monitoring potential of Odonata, with a list of are and endangered Anisoptera of Virginia. United States. *Odonatologica* 8: 319-323.

CALLISTO M, MORETTI M, GOULART M (2001) Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 06: 71-82.

CARVALHO FG, PINTO NS, OLIVEIRA JÚNIOR JMB, JUAN L (2013a) Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnologica Brasiliensia* <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2013005000013>.

CÓDIGO DE MINERAÇÃO E LEGISLAÇÃO CORRELATA (2005) Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 118 p. – (Coleção ambiental; v. 2).

CONRAD KF, WILLSON KH, HARVEY IF, THOMAS CJ, SHERRATT TN (1999) Dispersal characteristics of seven odonate species in an agricultural landscape. *Ecography*, 524-531.

CORBET PS (1999) *Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press. Ithaca, NY.

CORBET PS (2006). Forests as habitats for dragonflies. In A. Cordero Rivera (Ed.), *Forests and dragonflies* (pp. 13–36). Moscow: Pensoft Sofia.

CUNHA EJ, MONTAG LFA, JUAN L (2015) Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran ( Hemiptera ) species diversity. *Elsevier Ecological Indicators* 52: 422-429.

DECLERCK S, VANDEKERKHOVE J, JOHANSSON L, MUYLAERT K, CONDEPORCUNA JM, VAN DER GUCHT K, PE'REZ-MARTI'NEZ C, LAURIDSEN T, SCHWENK K, ZWART G, ROMMENS W, LO'PEZ-RAMOS J, JEPPESEN E, VYVERMAN W, BRENDONCK L, DE MEESTER L (2005) Multi-group biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology* 86, 1905–1915

DEDIEU N, CLAVIER S, VIGOUROUX R, CERDAN P, CÉRÉGUINO, R (2015) A multimetric macroinvertebrate index for the implementation of the european water framework directive in French Guiana, east amazonia. *River Research and Applications*.

DE MARCO JÚNIOR P, VIANNA DM (2005) Distribuição do esforço de coleta de Odonata no Brasil - Subsídios para escolha de áreas prioritárias para levantamentos faunísticos. *Lundiana* 6: 13-26.

EDGEHOUSE M, BROWN CP (2014) Predatory luring behavior of Odonata. *J. Insect Sci* 14(146).

FEARNSIDE PM (2006a) Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.

FEARNSIDE PM (2006b) Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38: 16-27.

FEARNSIDE P (2007) Uso da terra na Amazônia e mudanças climáticas. *Revista SEB* 83-100.

FEARNSIDE PM (2009c) A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis* 13: 609-618.

HAYEK LAC, BUZAS MA (1997) *Surveying natural populations*. New York: Columbia University Press.

HEINO J, MELO AS, BINI LM (2015) A comparative analysis reveals weak relationships between ecological factors and beta diversity of stream insect metacommunities at two spatial levels. *Ecol Evol* 5:1235–1248.

HOLDRIDGE LR, GRENKE WC, HATHEWAY WH, LIANG T, TOSI JA (1971) *Forest environments in tropical life zones*. Oxford, UK: Pergamon Press.

COLWELL RK, CODDINGTON JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 345: 101-118.

HÜNKEN A, MUTZ M (2007) On the ecology of the filter-feeding *Neureclipsis bimaculata* (Trichoptera, Polycentropodidae) in an acid and iron rich post-mining stream. *Hydrobiologia* 592: 135-150.

HUTCHINSON GE (1958) Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 22: 415-427.

JONSEN ID, TAYLOR PD (2000) Fine-scale movement behaviours of calopterygid damselflies are influenced by landscape structure: an experimental manipulation. *Oikos*, 88:553–562.

KINDT R, COE R (2005) Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF).

LEES AC, PERES CA (2008) Conservation Value of Remnant Riparian Forest Corridors of Varying Quality for Amazonian Birds and Mammals. *Conservation Biology* 22: 439-449.

LEGENDRE P, LEGENDRE L (2012) Numerical ecology. Amsterdam: Elsevier. 899 p.

MACEDO M, CASTELLO L (2015) State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. Edited by D. Oliveira, C. C. Maretti and S. Charity. Brasília, Brazil: WWF Living Amazon Initiative. 136pp.

MACHADO PAL (2000) Direito ambiental brasileiro. 7. ed., São Paulo: Malheiros, 2000. 971 p.

MARTINS FD, CASTILHO AF, CAMPOS J, HATANO FM, ROLIM SG (2012) Fauna da Floresta Nacional de Carajás: Estudos sobre vertebrados terrestres. 119pp.

MAY ML (1976) Thermoregulation in adaptation to temperature in dragonflies (Odonata: Anisoptera). *Ecol. Monogr.* 46: 1–32.

MAY, ML (1979) Insect thermoregulation. *Annu. Rev. Entomol.* 24, 313–349.

- MAY ML (1991) Thermal adaptations of dragonflies, revisited. *Adv. Odonatol.* 5, 71–88.
- MCKINNEY M (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127: 247-260.
- MCARDLE BH, ANDERSON MJ (2001) Fitting multivariate models to community data: A comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82: 290–297.
- MCPEEK MA (1998) The consequences of changing the top predator in a food web: A comparative experimental approach. *Ecological Monographs* 68(1), 1-23. 389.
- MECHI A, SANCHES D (2010) Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados* 24: 209-220.
- MCCUNE B, GRACE JB (2002) *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- MONTEIRO-JÚNIOR CS, COUCEIRO SEM, HAMADA N, JUAN L (2013) Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *International Journal of Odonatology* 16: 135–144.
- MONTEIRO-JÚNIOR CS, JUAN 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 CS, JUAN 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.
- MONTEIRO M (2005) Meio século de mineração industrial na Amazônia e suas implicações para o desenvolvimento regional. *Estudos Avançados* 19: 187-207.

- MORAES LAF (2009) A visão integrada da Ecohidrologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis* 13: 676-687.
- NEPSTAD DC, STICKLER CM, ALMEIDA OT (2006) Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. *Conservation Biology* 20: 1595–1603.
- NÓBREGA GA, EISENLOHR PV, PACIÊNCIA MLB, PRADO J, AIDAR MPM (2011) A composição florística e a diversidade de pteridófitas diferem entre a Floresta de Restinga e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba/SP? *Biota Neotrópica* 11: 153-164.
- OKSANEN J, BLANCHET FG, KINDT R, LEGENDRE P, O'HARA RB, SIMPSON GL, SOLYMOS P, STEVENS MHH, WAGNER H (2011) R package version 1.17-6.
- OLIVEIRA-JUNIOR JMB, SHIMANO Y, GARDNER TA, HUGHES RM, DE MARCO JÚNIOR P, JUEN L (2015) Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. *Austral Ecology* 40: 733-744.
- OERTLI B (2008) The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. In: Cordoba-Aguilar, A. (Ed.), *Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press, Oxford, pp. 79–95.
- PECK DV, HERLIHY BH, HILL RM, HUGLES PR, KAUFMANN DJ, KLEMM JM, LAZOECHAK FH, MCCORMICK SA, PETERSON PL, RINGOLD T, MAGEE, CAPPAERT M (2006) Environmental Monitoring and Assessment Program-Surface Waters Western Pilot Study: Field Operations Manual for Wadeable Streams. Environmental Monitoring and Assessment Program EPA/620/R-. 275pp.
- PEEL MC, FINLAYSON BL, MCMAHON TA (2007) Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrological Earth Systems Science Discussion* 4: 439-473.

- PINTO NS, JUAN L, CABETTE HSR, DE MARCO JÚNIOR P (2012) Fluctuating Asymmetry and Wing Size of *Argia tinctipennis* Selys (Zygoptera: Coenagrionidae) in Relation to Riparian Forest Preservation Status. *Neotropical Entomology* 41: 178-185.
- POLAK M, OPOKA R, CARTWRIGHT IL (2002) Response of fluctuating asymmetry to arsenic toxicity: support for the developmental selection hypothesis. *Environmental Pollution*, 118: 19-28.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REIS EF, PINTO NS, DE CARVALHO FG, JUAN L (2011) Efeito da integridade ambiental sobre a assimetria flutuante em *Erythrodiplax basalis* (Libellulidae: Odonata) (Kirby). *EntomoBrasilis* 4: 103-107.
- RODRIGUES ME, ROQUE FO, QUINTERO JMO, PENA JCC, SOUSA DC, DE MARCO JÚNIOR P (2016) Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in savanna landscape. *Biol Conserv* 194:113-120.
- SEYMOUR M, FRONHOFER MA, ALTERMATT F (2015) Dendritic network structure and dispersal affect temporal dynamics of diversity and species persistence. *Oikos* 000: 001–009.
- SIEPIELSKI AM, MCPEEK MA (2013) Niche versus neutrality in structuring the beta diversity of damselfly assemblages. *Freshwater Biol* 58:758-768.
- SOARES-FILHO B, RAJÃO R, MACEDO M, CARNEIRO A, COSTA W, COE M, RODRIGUES H, ALENCAR A (2014) Cracking Brazil ' s Forest Code. *SCIENCE* 344: 363-364.
- TUNDISI JG, MATSUMURA-TUNDISI T (2010) impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica* 10: 67-76.

WATTS PC, ROUQUETTE JR, SACCHERI IJ, KEMP SJ, THOMPSON DJ (2004) Molecular and ecological evidence for small-scale isolation by distance in an endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*. *Molecular ecology*, 13:2931–2945.

WHITTAKER RH, LEVIN SA, ROOT RB (1973) Niche, habitat and ecotope. *The American Naturalist* 107: 321-338.

ZAR J.H (2010) *Biostatistical analysis*. Pearson Prentice Hall, New Jersey.