



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

MYLENA NEVES CARDOSO

**EFEITO DA EXPLORAÇÃO MADEIREIRA SOBRE AS COMUNIDADES DE
EPHEMEROPTERA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

BELÉM-PA

2015

MYLENA NEVES CARDOSO

**EFEITO DA EXPLORAÇÃO MADEIREIRA SOBRE AS COMUNIDADES DE
NINFAS DE EPHEMEROPTERA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Dr. Bruno Spacek Godoy

Co-orientador: Dr. Leandro Juen

BELÉM-PA

2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Cardoso, Mylena Neves, 1990-

Efeito da exploração madeireira sobre as comunidades de ephemeroptera (insecta) em igarapés da amazônia oriental / Mylena Neves Cardoso. - 2015.

Orientador: Bruno Spacek Godoy;

Coorientador: Leandro Juen.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Belém, 2015.

1. Ecologia aquática - Pará. 2. Efemèrida - Capim, Rio (PA) - Ecologia. 3. Degradação ambiental. 4. Biodiversidade - Conservação. I. Título.


CDD 23. ed. 577.6098115

MYLENA NEVES CARDOSO

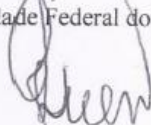
**EFEITO DA EXPLORAÇÃO MADEIREIRA SOBRE AS COMUNIDADES DE
NINFAS DE EPHEMEROPTERA (INSECTA) EM IGARAPÉS DA AMAZÔNIA
ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Aprovada em 27 de março de 2015



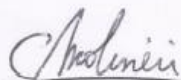
Prof. Dr. Bruno Spacck Godoy (Orientador/presidente da banca)
Universidade Federal do Pará




Prof. Dr. Leandro Juen (Co-orientador)
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Frederico Falcão Salles
Universidade Federal do Espírito Santo (Membro externo)



Prof. Dr. Carlos Molineri
Universidad Nacional de Tucumán (Membro interno)



Prof. Dr. Victor Lemes Landeiro
Universidade Federal do Mato Grosso (Membro externo)

BELÉM-PA

2015

**“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que
deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era
antes”.**

Marthin Luther King

In memoriam de meu anjo e pai (Wilson Cardoso)
e de minha amada avó (Oneide Barbosa) dedico todas as
conquistas, pelo amor incondicional e constante
motivação quando presentes.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	x
RESUMO GERAL	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO GERAL	xiii
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	xvii
Capítulo 1 - Corte de impacto reduzido como alternativa para a exploração madeireira e conservação de igarapés da Amazônia Oriental: Ephemeroptera (Insecta) como ferramenta biológica	22
RESUMO.....	23
1. INTRODUÇÃO	24
2. MATERIAL E MÉTODOS	25
2.1. Área de estudo.....	25
Amostragem Biológica.....	26
Caracterização do Hábitat Físico e Físico Químico	26
Seleção de métricas	27
Análises Estatísticas	28
3. RESULTADOS	28
Ambiente	29
Comunidades de ninfas de Ephemeroptera	31
Estruturação das ninfas de Ephemeroptera pelas variáveis ambientais	33
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO.....	37
6. AGRADECIMENTOS	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

Capítulo 2 - Como o corte de madeira convencional e manejo atuam sobre os atributos funcionais de ninfas de Ephemeroptera (Insecta) em igarapés da Amazônia Oriental ...44

RESUMO	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
Área de estudo.....	48
Variáveis ambientais	49
Construção das matrizes de atributos funcionais	49
Análises Estatísticas	52
3. RESULTADOS	53
Relação entre a extração de madeira e os atributos avaliados.....	56
4. DISCUSSÃO	58
5. CONCLUSÃO	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CONCLUSÃO GERAL	70
MATERIAL SUPLEMENTAR I	71
MATERIAL SUPLEMENTAR II	72
APÊNDICE I	733
APÊNDICE II	866

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por me conceder saúde e abrir os caminhos para a realização desse trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por fornecer a estrutura e pela concessão de bolsa respectivamente. Ao Grupo Cikel e à 33 Forest Capital, pelo apoio financeiro e logístico para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador Bruno Spacek, pela atenção, prestatividade e apoio sempre quando possível e quando era preciso. Além disso, por me tranquilizar em momentos fundamentais.

Ao meu co-orientador Leandro Juen, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa, pelo incentivo e dedicação de tempo para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também pelos momentos de descontração e de socialização da família do Laboratório de Ecologia e Conservação.

Ao Fred Salles, por me receber em São Mateus, me ajudar nas dúvidas quanto à identificação dos efemerópteros, e pela atenção e ensinamentos concedidos durante o mês que estive no Espírito Santo. À Fabi Massariol por conceder sua casa e sua companhia nesse mês, pelas risadas e conversas.

Àgradeço ao Dr. Frederico Falcão Salles, Dr. Carlos Molineri e Dr. Victor Lemes Landeiro, por terem aceito avaliar e contribuir com a dissertação.

À Yulie Shimano, por todo seu apoio, por acreditar em mim, e me introduzir no grupo de pesquisa e me apresentar ao mundo dos efemerópteros. Agradeço também pelas infinitas orientações, mas também por sua amizade e preocupações.

Não tenho palavras para demonstrar a imensa gratidão à Ana Paula Justino, Erlane Cunha e Lenize Calvão pelo apoio neste trabalho, estando sempre dispostos a discussões e ajudando na redação do mesmo. Mas principalmente, não tem palavras e nem atos, que demonstrem o quanto eu sou grata à Deus, por ter colocado vocês na minha vida, por ajudarem num dos momentos mais difíceis da minha vida pessoal, e por serem amigos tão presentes, carinhosos e inteligentes. Agradeço a eles também, e aos queridos Max, Gil, Cláudio e Fernando, pelas risadas, conversas interessantes e momentos de lazer, que tornam a vida mais leve e prazerosa.

Agradeço à Lenize Calvão e Bruno Prudente, e à Ana Paula Justino, Híngara Leão, Naraiana Benone e Thiago Mendes, pela responsabilidade com o projeto e colaboração nas coletas e triagem em campo, respectivamente.

À todos os colegas de trabalho do LABECO, que de alguma forma contribuíram com o trabalho.

À minha família que é o combustível da minha vida!

À todos meu muito Obrigada!

Lista de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. Igarapés amostrados no complexo de fazendas pertencentes ao Grupo Cikel e em fazendas particulares de Paragominas, Brasil. Os círculos representam as unidades amostrais inseridas nas áreas de manejo de impacto reduzido, as estrelas as referências e os quadrados os convencionais.

Figura 2. Ordenação das amostras de igarapés de referência, manejo e convencional através de Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais de hábitat físico mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil.

Figura 3. Ordenação das amostras de igarapés de referência, manejo e convencional através de Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais físico químicas - Oxigênio dissolvido (OD) - mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil.

Figura 4. Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da composição de espécies de Ephemeroptera dos igarapés de referência, de corte manejado e corte convencional em Paragominas, Pará, Brasil.

Figura 5. Gradiente da abundância relativa das espécies de Ephemeroptera com o primeiro eixo da PCA decorrentes das variáveis ambientais de hábitat físico e variáveis físico-químicas dos igarapés de áreas de referência, manejadas e de corte convencional. Valores negativos indicam igarapés com corte convencional enquanto valores intermediários indicam manejados e mais altos os preservados.

Capítulo 2

Figura 1. Igarapés amostrados no complexo de fazendas pertencentes ao Grupo Cikel e em fazendas particulares de Paragominas, Brasil. Os círculos representam as unidades amostrais inseridas nas áreas de manejo de impacto reduzido, as estrelas as referências e os quadrados os convencionais.

Figura 2. Modelo esquemático de associação entre os atributos e variáveis ambientais a partir das correlações com os eixos da análise RLQ.

Figura 3. (A) ordenação dos atributos relacionados ao ecossistema; (B) ordenação das comunidades amostradas nos três tratamentos.

Figura 4. (A) ordenação dos atributos morfológico/fisiológicos; (B) ordenação das comunidades amostradas nos três tratamentos.

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais e as variáveis ambientais do habitat físico, selecionadas e mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil. Os valores em negrito apresentam correlação acima de 0,7 com cada eixo.

Tabela 2. Correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais e as variáveis ambientais físico-químicas, selecionadas e mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil. Os valores em negrito apresentam correlação acima de 0,7 com cada eixo.

Tabela 3. Abundância de espécies de Ephemeroptera coletadas nos igarapés de áreas de referência, de corte manejado e corte convencional, em Paragominas, Pará, Brasil.

Tabela 4. Resultado das Análises de Regressão para abundância, riqueza e composição (primeiro eixo da PCoA) de espécies de Ephemeroptera em relação às variáveis ambientais dos igarapés amostrados em Paragominas, Pará, Brasil. Valores em negrito representam relações significativas ($p < 0,05$).

Capítulo 2

Tabela 1. Caracteres utilizados para construir as matrizes de traços e atributos de Ephemeroptera, com suas devidas hipóteses, justificativas e literatura.

Tabela 2. Valores dos índices funcionais calculados para os atributos ecossistêmicos e morfofisiológicos. Riqueza funcional (FRic), equitabilidade funcional (FEve) e divergência funcional (FDiv).

Tabela 3. Decomposição dos autovalores gerados pela Análise RLQ para os atributos relacionados ao ecossistema e morfológicos. *valores significativos.

Tabela 4. Correlação entre os eixos da Análise RLQ com as variáveis ambientais. *Valores significativos ($p < 0,05$)

Tabela 5. Correlação entre os eixos da Análise RLQ e os atributos das matrizes de traços de ecossistema, e de traços morfofisiológicos de Ephemeroptera. *Valores com correlação acima de 0,7 com cada eixo.

RESUMO GERAL

A Amazônia Oriental brasileira possui uma região conhecida como “Arco do Desmatamento” que sofre alterações decorrentes da exploração madeireira convencional. Um dos problemas decorrentes dessa atividade é a remoção da vegetação ripária que afeta diretamente os ecossistemas aquáticos. O corte de madeira com manejo de impacto reduzido minimiza os efeitos da extração possibilitando a recuperação de áreas degradadas e a conservação de espécies no ambiente. Com o objetivo de avaliar se o corte convencional e manejado afeta a qualidade do ambiente e as comunidades de Ephemeroptera, analisamos as alterações sobre a estrutura física e físico-química de 50 igarapés (13 de referência, 26 manejados e 11 convencionais) localizados no Rio Capim (Paragominas-PA), e sobre os atributos das comunidades de efemerópteros, como riqueza, abundância e diversidade funcional. Os espécimes foram amostrados utilizando um rapiché de malha de 0,1mm, e os dados de estrutura física e físico-químicos foram mensurados com sonda multiparâmetros e protocolo de integridade física. A exploração de madeira afetou principalmente a condutividade e o dossel do canal dos igarapés convencionais, causando declínio na diversidade dos efemerópteros, uma vez que espécies especialistas foram substituídas por generalistas, corroborando com a teoria que ambientes degradados são mais homogêneos e beneficiam espécies com maior amplitude de nicho e tolerantes às alterações. A composição dos igarapés convencionais diferiu da composição dos igarapés manejados e referentes, que são mais similares, compartilhando maior número de espécies e apresentando maior diversidade filogenética, com espécies exclusivas de gêneros diferentes. Por outro lado, o convencional foi mais limitado a espécies do mesmo gênero, *Brasilocaenis*. Os índices funcionais não foram diferentes entre as áreas amostradas. No entanto, foram observadas associações entre os traços funcionais medidos e as diferentes áreas, uma vez que alguns traços funcionais importantes para o equilíbrio do ecossistema foram perdidos nos igarapés de corte convencional, mas mantidos em igarapés de áreas de referência e manejo. Portanto, o manejo é uma boa estratégia para exploração madeireira, pois não afeta significativamente a floresta e a biodiversidade aquática, haja visto, que manteve as condições ambientais similares aos igarapés mais conservados.

Palavras-chave: Ephemeroptera; biodiversidade; conservação; exploração madeireira.

ABSTRACT

The eastern Brazilian Amazon is inserted in a region known as "Arc of Deforestation" which suffers changes caused by the conventional wood exploration. One of the problems arising from such activity is the removal of riparian vegetation, which directly affects aquatic ecosystems. Thus, the reduced impact management minimizes the effects of logging enabling the recovery of degraded areas and the conservation of species in these environments. The study aim was to analyze the effects of conventional managed cutting on the quality of the environment and on the Ephemeroptera communities, we investigated the effects of these changes on the physical and physico-chemical structure of streams in the eastern Amazon, and on the attributes of ephemeropteran communities, as richness, abundant and functional diversity. To this end, we sampled 50 streams (13 of reference, 26 managed and 11 conventional) located in Rio Grass (Paragominas-PA). The specimens were sampled using a rapiché, and the data of physical and physiochemical structure were measured using a multiparameter probe and a physical integrity protocol. The logging mainly affected the conductivity and the canopy channel of the conventional streams, declining the number of ephemeropteran, since specialist species were replaced by general ones, supporting the theory that degraded environments are more homogeneous and more broadly benefit species niche and tolerant to changes. The composition of the streams differed from the conventional composition of handed and reference streams, which in turn are similar. There was a greater sharing between managed and reference species, which in turn have a higher phylogenetic diversity, with unique species of different genera, since the conventional was more limited to species of the same genus, *Brasilocaenis*. The functional indices were not different between the sampled sites, however associations between measured functional traits and different areas were observed. We realize that some important functional traits to the ecosystem balance has been lost in conventional cutting streams, but kept in reference and managed areas. Therefore, management is a good strategy for logging, once it does not significantly affect the forest and aquatic biodiversity, considering that it was kept the similar environmental conditions to the most conserved streams.

Key words: Ephemeroptera; biodiversity; conservation, wood exploration.

INTRODUÇÃO GERAL

Uma das principais causas do desmatamento na Amazônia é a exploração madeireira. Essa atividade a muito tempo é praticada em pequenas escalas no bioma, contudo foi a partir da década de 70 que ganhou proporção, devido a criação de estradas no interior de florestas de terra-firme no leste do Pará e à grande demanda do mercado em virtude do desprovento de madeira em outras áreas do Brasil (Uhl et al. 2002; Zerwes & Schwenk 2013). Assim, a chamada Amazônia Oriental atualmente é a porção mais ameaçada do bioma, em que existe uma região de intenso desmatamento conhecida como “Arco do Desflorestamento”, o que torna urgente a necessidade de estudos acerca da fauna e ecologia nessas áreas.

Os principais impactos causados pela exploração de madeira convencional ou corte raso (sem planejamento) são: a diminuição da cobertura florestal; distúrbios no solo, como erosão e lixiviamento; além de grandes impactos sobre a rede fluvial (Nessimian et al. 2008). Um dos principais problemas é a remoção da vegetação ripária que afeta diretamente os ecossistemas aquáticos (Yoshimura 2012), visto que os igarapés interligam as áreas de entorno sofrendo todos os efeitos das perturbações antrópicas através dos processos de lavagem e carreamento das bacias de drenagem (Dudgeon & Bretschko 1996; Callisto et al. 2001). Dessa forma, a exploração florestal intensa e sem planejamento na Amazônia, transforma florestas de alto valor comercial em florestas degradadas e de difícil recuperação (Pinto et al., 2002).

Na tentativa de minimizar os problemas ambientais em virtude dos danos que a expansão madeireira convencional causa, como por exemplo, a abertura de clareiras, a construção de estradas e o desperdício de madeira, através das árvores derrubadas que não são comercializadas, foi criado o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 4.771, de 15/09/65) como tentativa de diminuir a escala de danos causados as florestas. À datar disso, a exploração das florestas primitivas da bacia amazônica só é permitida com a utilização de planos técnicos de manejo previamente aprovados por órgãos competentes, que possibilitem a manutenção da estrutura e composição de espécies.

O corte seletivo rotativo de madeira é um exemplo de uma alternativa que tem como propósito minimizar os impactos sobre os ecossistemas amazônicos, permitindo que a floresta descansa alguns anos para a regeneração da flora e conseqüentemente da fauna local. As principais etapas que caracterizam o manejo de corte seletivo de baixo impacto são: o inventário

diagnóstico e planejamento à longo prazo da área total, incluindo a divisão geográfica das áreas de corte, estradas, pátios de estocagem e as áreas de preservação permanente; mapeamento das árvores a serem extraídas; definição do sistema silvicultural, incluindo a intensidade da extração e tratamentos pré e pós-exploratórios; planejamento de corte incluindo o direcionamento da derrubada; treinamento de operadores; e o monitoramento à longo prazo. O sucesso de um manejo de florestas nativas tropicais depende da sua continuidade em estimular os processos de sucessão natural, crescimento e produção florestal (Gama et al. 2002; Souza et al. 2002), já que a sua sustentabilidade depende dos processos de regeneração natural (Whitmore 1990).

Apesar da lei implementada, dos 85% da produção nacional de toras produzidas anualmente da Amazônia, correspondente a 25 milhões de metros cúbicos de madeira (Veríssimo et al. 2005), apenas 17% desses 85%, são oriundos de planos de manejo florestal sustentável, 20% de desmatamentos autorizados e 63% sem origem definida (HIGUCHI, 2006). A “extração ilegal” além de crime, é altamente destrutiva, pois emprega tecnologias de colheita inadequadas, acarretando enormes danos e desperdícios (Uhl et al. 1997). Portanto, ainda existe a necessidade de testar o sistema de corte manejado para avaliar a sua eficiência, pois mesmo que seja cautelosamente executado, ainda existem modificações de diferentes naturezas, intensidades e durações no meio abiótico e biótico que precisam ser avaliadas (Souza et al. 1998). Além disso, as informações existentes sobre os efeitos do manejo florestal na biodiversidade referem-se em sua maioria aos ecossistemas terrestres (e.g. Hirai et al. 2012; Reis et al. 2013) e pouco se conhece sobre os efeitos dessa atividade nos ecossistemas aquáticos (e.g. Dias et al. 2010).

Por isso é fundamental desenvolver pesquisas que avaliem esses impactos de maneira rápida, fácil e satisfatória em atenção à expansão dessa atividade econômica, e nesse contexto, a variação dos atributos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, tais como abundância, riqueza, composição e diversidade funcional, constituem importantes ferramentas de avaliação dos ecossistemas aquáticos (Karr & Dionne 1991). Os macroinvertebrados são diversos, possuem um ciclo relativamente longo e respondem rapidamente aos distúrbios devido sua sensibilidade às alterações ambientais (Lenat & Barbour 1994; Alba-Tercedor 1996; Shimano et al. 2010; Souza et al. 2011).

Dentre os inúmeros grupos de macroinvertebrados aquáticos, a ordem Ephemeroptera é uma das mais utilizadas para esses estudos, pois podem indicar as condições do meio ambiente

por serem altamente sensíveis às alterações física e físico-químicas de ecossistemas aquáticos (Rosenberg & Resh 1993). A ordem é constituída de insetos alados considerados basais, já que retém características ancestrais como: a incapacidade de dobrar as asas sobre o corpo; apresentarem 10 segmentos abdominais; e possuírem grande quantidade de nervuras alares (Elouard et al. 2003). É composta atualmente por 10 famílias com 72 gêneros e 320 espécies no Brasil (disponível em <http://ephemeroptera.com.br/>).

Os efemerópteros habitam as proximidades de corpos d'água lênticos e/ou lóticos e são obrigatoriamente anfibióticos. Os adultos são terrestres e vivem de poucas horas a no máximo dez dias, tendo o aparelho bucal atrofiado e a função exclusiva de reprodução. Já suas ninfas são aquáticas, e podem viver de semanas até dois anos se alimentando de algas unicelulares e coloniais do biofilme, detritos e material vegetal alóctone, possuindo representantes em todos os grupos tróficos (Barber-James et al. 2008). O grupo serve de alimento para outros invertebrados e vertebrados aquáticos na cadeia trófica, destacando-se principalmente pela transformação da matéria orgânica, fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Callisto & Esteves 1995; Dodds 2002), sendo, portanto, excelentes bioindicadores de integridade ambiental nesses ecossistemas.

A avaliação da qualidade ambiental após impactos antrópicos tem sido tradicionalmente utilizada e bem sucedida através de medidas de diversidade (riqueza, abundância e distribuição) de espécies aquáticas em vários estudos (Connor & Simberloff 1978; Kempton 1979; Harris 1984; Goulart & Callisto 2003; Souza Rezende et al. 2012) devido a composição de espécies ser regida pelas variáveis ambientais. Avaliar impactos a partir da diversidade parte do princípio de que os ambientes mais preservados apresentam maior complexidade, quantidade de microhabitats e recursos favorecendo maior riqueza de espécies e a ocorrência de espécies raras (Silva et al. 2011) e por outro lado, que os ambientes degradados são mais homogêneos beneficiando espécies mais generalistas, com maior amplitude de nicho e mais tolerantes às alterações (Richmond et al. 2005).

E para complementar as informações acerca dos efeitos de impactos sobre a diversidade dos organismos, recentemente surgiu outra abordagem de medidas ecológicas, a diversidade funcional (FD). Diferentemente da diversidade tradicional que utiliza números, a FD utiliza traços funcionais, que são características morfológicas e ecofisiológicas essenciais para a reprodução, alimentação e sobrevivência dos indivíduos, e que estejam relacionadas à sua

aptidão no ecossistema (Petchey et al. 2004; Ricotta 2005). Dessa maneira, a diversidade funcional medirá os atributos funcionais das espécies que estariam relacionados com os processos das comunidades ou que seriam alterados a partir de distúrbios ambientais, como a retirada de madeira, por exemplo, respondendo dessa maneira o que estaria determinando a organização da comunidade (Violle et al. 2007) e avaliar com maior precisão no que implica a perda de características de espécies ao ecossistema (Petchey & Gaston 2006).

Assim, a diversidade funcional considera o grau de funcionalidade de cada espécie para a estruturação de uma comunidade (Tilman 2001), avaliando a eficiência dos processos ecossistêmicos, a riqueza funcional e a redundância ecológica, sendo capaz de prever quais danos são impostos aos ecossistemas caso haja perda de espécies (Petchey & Gaston 2006). Gradientes ambientais geram nichos para os grupos funcionais e a composição específica dos grupos das comunidades pode estar relacionada ao ambiente natural ou a recentes extinções e colonizações locais. Um índice menor de diversidade funcional do que o esperado ao acaso, indicaria que os filtros ambientais selecionam espécies com funções mais similares, já o oposto indicaria a competição como o processo responsável pela estruturação de determinada comunidade (Weiher & Keddy 1995).

Ações governamentais conseguiram reduzir o desmatamento através da criação de Unidades de Conservação, do monitoramento e da fiscalização para o cumprimento das leis cabíveis à exploração de madeira, contudo o desmatamento aumentou novamente a partir do ano de 2011, constatando a ineficácia das estratégias adotadas na Amazônia (Godar et al. 2014). Portanto, pesquisas que contemplem os efeitos da retirada de madeira sobre a composição dos efemerópteros, que por sua vez, avaliam a qualidade ambiental, podem ser essenciais para entender os processos que o ambiente e as comunidades sofrem com esse impacto, tentar minimizar os danos causados e até mesmo propor alternativas mais eficazes para reduzir esses efeitos. Assim, esta dissertação teve como objetivo geral analisar como o corte de madeira convencional e de baixo impacto alteram os igarapés de áreas de corte manejado e de áreas que sofreram corte convencional (Figura 1), e conseqüentemente como afetam a abundância, a riqueza, a composição e a diversidade funcional das ninfas das comunidades de Ephemeroptera.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. 2002. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados 16**: 7-30.
- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos**. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA) Almería: 203-213.
- BARBER-JAMES, H., GATTOLLIAT, J. L., SARTORI, M. & HUBBARD, M. D. 2008. Global diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. **Hydrobiologia 595**: 339-350.
- CALLISTO, M. & ESTEVES, F. A. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um ecossistema amazônico impactado por rejeito de bauxita - Lago Batata (Pará-Brasil). **Oecologia Brasiliensis 1**: 335-348.
- CALLISTO, M., MORETTI, M. & GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos 6**: 71-82.
- CONNOR, E. F. & SIMBERLOFF, D. 1978. Species number and compositional similarity of the Galápagos flora and fauna. **Ecological Monographs 48**: 218-248.
- DIAS, M. S., MAGNUSSON, W. E. & ZUANON, J. 2010. Effects of Reduced-Impact Logging on Fish Assemblages in Central Amazonia. **Conservation Biology 24(1)**: 278-286.
- DODDS, W. K. 2002. **Freshwater Ecology: concepts and environmental applications, Aquatic Ecology Series**. San Diego. Academic press, 569 p.
- DUDGEON, D. & BRETSCHEK, G. 1996. Allochthonous inputs and land-water interactions in seasonal streams: tropical Asia and temperate Europe. **Perspectives in tropical limnology** 161-179 p.
- ELOUARD, J. M., GATTOLLIAT, J. L. & SARTORI, M. 2003. **Ephemeroptera, mayflies. The Natural History of Madagascar Chicago (Goodman & J. P. Benstead, eds)**. University of Chicago Press, Chicago, 639-645 p.

- GAMA, J. R. V., BOTELHO, S. A. & BENTES-GAMA, M. D. M. 2002. Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. **Revista Árvore** **26**: 559-566.
- GODAR, J., GARDNER, T. A., TIZADO, E. J., & PACHECO, P. 2014. Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **111(43)**: 15591-15596.
- GOULART, M. D. C. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM** **2(1)**: 153-164.
- HARRIS, L. D. 1984. **The Fragmented Forest. Island Biogeographic Theory and the Preservation of Biological Diversity**. University of Chicago Press, Chicago.
- HIGUCHI, N., SANTOS, J. D., LIMA, A. J. N., TEIXEIRA, L. M., CARNEIRO, V. M. C., & TRIBUZY, E. S. 2006. **Manejo florestal sustentável na Amazônia brasileira**. Manaus, Apostila, 140-155 p.
- HIRAI, H. H., CARVALHO, J. R. C., SILVA, J. N. M., CARVALHO, J. O. P. & QUEIROZ, W. T. 2012. Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira Effects of the reduced impact logging on natural regeneration in a terra firme dense forest in the. **Scientia Forestalis, Piracicaba** **40**: 306-315.
- HOORN, C., WESSELINGH, F. P., TER STEEGE, H., BERMUDEZ, M. A., MORA, A., SEVINK, J. & ANTONELLI, A. 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. **Science** **330(6006)**: 927-931.
- KARR, J. R. & DIONNE, M. 1991. Designing surveys to assess biological integrity in lakes and reservoirs, Biological criteria: research and regulation. **US Environmental Protection Agency, Washington DC, EPA-440/5-91-005**: 62-72.
- KEMPTON, R. A. 1979. The structure of species abundance and measurement of diversity. **Biometrics** **35**: 307-321.
- LENAT, D. R. & BARBOUR, M. T. 1994. Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. **Biological monitoring of aquatic systems Lewis Publishers**. Boca Raton, 187-215 p.

- NESSIMIAN, J. L., VENTICINQUE, E., 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.
- PETCHEY, O. L. & GASTON, K. J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology Letters** **9**: 741-758.
- PETCHEY, O. L., HECTOR, A. & GASTON, K. J. 2004. How do different measures of functional diversity perform? **Ecology** **85**: 847-857.
- PINTO, A. C. M., SOUZA, A. D., SOUZA, A. D., MACHADO, C. C., MINETTE, L. J., & VALE, A. D. 2002. Análise de danos de colheita de madeira em floresta tropical úmida sob regime de manejo florestal sustentado na Amazônia Ocidental. **Revista Árvore** **26(4)**: 459-466.
- REIS, L. P., SILVA, J. N. M., DOS REIS, P. C. M., DE CARVALHO, J. O. P., DE QUEIROZ, W. T., & RUSCHEL, A. R. 2013. Efeito da exploração de impacto reduzido em algumas espécies de Sapotaceae no leste da Amazônia. **Floresta** **43(3)**: 395-406.
- RICHMOND, B. G., WRIGHT, B. W., GROSSE, I., DECHOW, P. C., ROSS, C. F., SPENCER, M. A. & STRAIT, D. S. 2005. Finite element analysis in functional morphology. **The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology** **283**: 259-274.
- RICOTTA, C. 2005. A note on functional diversity measures. **Basic and Applied Ecology** **6(5)**: 479-486.
- ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York. Chapman & Hall, ix + 488 pp.
- SHIMANO, Y., CABETTE, H. S. R., SALLES, F. F. & JUEN, L. 2010. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. **Iheringia Série Zoologia** **100**: 301-308.
- SILVA, R. A., MARTINS, I. A. & ROSSA-FERES, D. D. 2011. Environmental heterogeneity: Anuran diversity in homogeneous environments. **Zoologia (Curitiba)** **28**: 610-618.

- SOUZA, A. L., MACHADO, C. C., SILVA, E., SCHETTINO, S., DANTAS, F. W. F., LANA, J. M. & PEREIRA, J. F. 1998. **Avaliação de impactos das operações de colheita de madeira e de tratamentos silviculturais num projeto de manejo sustentável.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SOUZA, A. L. D., SCHETTINO, S., JESUS, R. M. D. & VALE, A. B. D. 2002. Dinâmica da composição florística de uma floresta ombrófila densa secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S.A., estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore 26:** 549-558.
- SOUZA, H. M., CABETTE, H. S. R. & JUEN, L. 2011. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. **Iheringia Série Zoologia 101:** 181-190.
- SOUZA, L. C. B. & FARIA, I. S. 2013. Serviços Ambientais (REDD) na RDS do Juma-AM e a Ordem Ambiental Global: entre a racionalidade ambiental e o capital fictício. **Revista Geonorte 9:** 79-109.
- SOUZA REZENDE, R., MEDEIROS DOS SANTOS, A. & GONÇALVES JUNIOR, J. F. 2012. Avaliação ambiental do Rio Pandeiros utilizando macroinvertebrados como indicadores de qualidade da água. **Ecología austral 22:** 159-169.
- TILMAN, D. 2001. Functional diversity. **Encyclopedia of biodiversity 3:** 109-120.
- UHL, C., BARRETO, P., VERÍSSIMO, A., BARROS, A. C., AMARAL, P., VIDAL, E. & SOUZA, JR. C. 2002. **Uma abordagem integrada de pesquisa sobre o manejo dos recursos naturais na Amazônia.** Série Amazônica, Imazon, Belém, 143-166p.
- UHL, C., BARRETO, P., VERÍSSIMO, A., BARROS, A. C., AMARAL, P., VIDAL, E., & SOUZA Jr, C. 1997. **Uma abordagem integrada de pesquisa sobre o manejo dos recursos naturais na Amazônia.** Série Amazônia N° 07, Belém: Imazon, 1997.
- VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., MATTOS, M., TARIFA, R. & UHL, C. 2002. **Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo sustentável da floresta numa velha fronteira da Amazônia: o caso de Paragominas.** Imazon, Belém, 41-74 p.
- VERÍSSIMO, A. 2006. **Estratégia e mecanismos financeiros para florestas nativas do Brasil.** Documento Técnico, FAO.

VIOLLE, C., NAVAS, M. L., VILE, D., KAZAKOU, E., FORTUNEL, C., HUMMEL, I. & GARNIER, E. 2007. Let the concept of trait be functional! **Oikos** **116**: 882-892.

WEIHER, E. & KEDDY, P. A. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions front old patterns. **Oikos** **74**: 159-164.

WHITMORE, T. C. 1990. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford University Press, Oxford, xi + 226 pp.

YOSHIMURA, M. 2012. Effects of forest disturbances on aquatic insect assemblages. **Entomological Science** **15**: 145-154.

ZERWES, L. C. & SCHWENK, L. M. 2013. Mapeamento da dinâmica do desmatamento no município de Brasnorte/Mt. **Revista Espaço e Geografia** **16(1)**: 41-66.

Capítulo 1 - Corte de impacto reduzido como alternativa para a exploração madeireira e conservação de igarapés da Amazônia Oriental: Ephemeroptera (Insecta) como ferramenta biológica

Este capítulo foi elaborado de acordo com as normas do periódico Hydrobiologia, disponíveis no site:

http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10750?detailsPage=pltc_i_911058

Corte de impacto reduzido como alternativa para a exploração madeireira e conservação de igarapés da Amazônia Oriental: Ephemeroptera (Insecta) como ferramenta biológica

¹Mylena Neves Cardoso, ²Lenize Batista Calvão, ³Luciano Fogaça de Assis Montag, ⁴Bruno Spacek Godoy, ³Leandro Juen

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará, Laboratório de Ecologia e Conservação-LABECO, Instituto de Ciências Biológicas, Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guamá, CEP 66.075-110, Belém, Pará, Brasil. E-mail: mylena_nc@hotmail.com (Autor para correspondência)

²Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi/Universidade Federal do Pará, Laboratório de Ecologia e Conservação-LABECO, Instituto de Ciências Biológicas, Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guamá, CEP 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

³Laboratório de Ecologia e Conservação-LABECO, Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guamá, CEP 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

⁴Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guamá, CEP 66.075-110, Belém, Pará, Brasil.

RESUMO

O objetivo foi analisar os efeitos do corte convencional de madeira na estrutura física e físico-química de igarapés da Amazônia Oriental e na diversidade de Ephemeroptera. Foram amostrados 50 igarapés (13 de referência, 26 manejados e 11 convencionais) localizados na Bacia do Rio Capim (Paragominas-PA). Os espécimes foram amostrados utilizando um rapiché e os dados abióticos foram mensurados com uma sonda multiparâmetros e um protocolo de integridade. A exploração de madeira afetou principalmente a condutividade e o dossel do canal dos igarapés, causando declínio na diversidade, em que as espécies especialistas foram substituídas por generalistas, corroborando com a teoria que ambientes degradados são mais homogêneos e beneficiam espécies com maior amplitude de nicho e tolerantes às alterações. Os igarapés convencionais diferiram quanto a composição de espécies dos igarapés manejados e referentes. Houve maior compartilhamento de espécies entre igarapés manejados e de referência, apresentando maior diversidade filogenética, com espécies exclusivas de gêneros diferentes, enquanto o convencional foi mais limitado a espécies do mesmo gênero. O corte de madeira manejado mostrou ser a estratégia mais eficaz para a conservação do ambiente que o corte convencional, pois manteve as variáveis ambientais e a diversidade das assembleias de Ephemeroptera similar aos igarapés preservados.

Palavra chave: exploração de madeira; conservação; biodiversidade.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades econômicas aponta o desafio global do desenvolvimento sustentável, que tenta ajustar os impactos advindos da exploração à capacidade suporte dos ecossistemas gerando a manutenção da biodiversidade residente (Goodland, 1995). Uma das atividades que mais ameaçam a diversidade biológica da Amazônia é a redução de áreas florestadas pela exploração madeireira convencional (corte raso, com mão-de-obra não qualificada e equipamentos inapropriados), que ocasiona alto impacto nos ecossistemas naturais como a fragmentação e a redução de hábitat (Sparovek et al., 2011, Elias et al., 2013), possibilitando em muitos casos a entrada de outros usos de solo, como por exemplo, a agricultura e a pecuária (Cederbeg et al., 2011).

Os principais impactos causados por esse tipo de corte são: a diminuição da cobertura florestal; distúrbios no solo, como assoreamento de canais de drenagem; além de grandes impactos sobre a rede fluvial (Callisto, 2001, Nessimian et al., 2008, Brasil et al., 2013). Contudo, um dos principais problemas é a remoção da vegetação ripária que afeta diretamente os ecossistemas aquáticos (Yoshimura, 2012), visto que os igarapés estão dispostos em uma rede dentrificada, sofrendo todos os efeitos das perturbações antrópicas do entorno, através dos processos de erosão e lixiviamento de nutrientes, sedimentos e contaminantes das bacias de drenagens (Dudgeon & Bretschko, 1996, Callisto et al., 2001).

A vegetação ripária dos igarapés é a principal responsável pelo aporte de matéria orgânica da cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos (De Long & Brusven, 1994) e pela manutenção dos substratos através da retenção de sedimentos (Benstead et al., 2003, Allan & Castillo, 2007). A retirada dessa vegetação implica na perda da funcionalidade desses ecossistemas diminuindo a abundância dos *taxons* sensíveis e aumentando os grupos tolerantes (Bispo et al., 2006, Shimano et al., 2010). Essa mudança na composição de espécies ocorre devido a maior entrada de luz, homogeneização dos hábitats, aumento da quantidade de sedimentos em suspensão e da turbidez resultando na diminuição da velocidade da água (Goulart & Callisto, 2003, Moulton & Souza, 2006).

O manejo florestal de Exploração de Impacto Reduzido (EIR), aplica o corte rotativo de madeira com o propósito de minimizar os impactos sobre os ecossistemas naturais, permitindo que a floresta tenha tempo para a regeneração da flora e da fauna local (Uhl et al., 1997). O EIR é caracterizado por uma série de etapas, começando com o inventário diagnóstico e planejamento à longo prazo da área total; inventário pré-exploratório com o mapeamento das árvores a serem extraídas e mantidas; planejamento de corte com o direcionamento da derrubada e localização das estradas e pátios de estocagem da madeira; e o monitoramento, incluindo a implantação dos sistemas silviculturais (Holmes et al., 2002). No entanto, apesar dessa forma de extração de madeira ser menos agressiva estruturalmente ao meio ambiente, há necessidade de testar os impactos desse sistema de corte sobre a biodiversidade. Mesmo que seja rigorosamente executado, o corte de madeira manejado ainda provoca alterações de diferentes naturezas, intensidades e durações no meio abiótico e biótico que precisam ser avaliadas (Sist & Ferreira, 2007).

Atividades antrópicas que não aplicam o manejo florestal podem induzir o processo de homogeneização das condições físicas ambientais em sistemas hídricos que estão inseridos nas áreas de exploração de madeira convencional e afetar diretamente as assembleias de macroinvertebrados aquáticos (Yoshimura, 2012). Dessa forma, as mudanças ambientais podem alterar a composição dos organismos, substituindo as espécies mais especialistas por

1 espécies mais tolerantes, que aumentam principalmente em abundância e biomassa (Zeni &
 2 Cassati, 2014). Desta forma é esperada, uma maior diversidade biológica em ambientes
 3 heterogêneos devido às especificidades das espécies aos fatores ambientais, o qual possibilita
 4 o estabelecimento das diferentes estratégias adaptativas e a coexistência no ambiente natural
 5 (Southwood, 1977, Grönroos et al., 2013).

6 Dentre os inúmeros grupos de macroinvertebrados aquáticos, a ordem Ephemeroptera
 7 é uma das mais utilizadas em avaliações ecológicas e monitoramento ambiental, pois são
 8 abundantes, altamente sensíveis às alterações físicas e físico-químicas de ecossistemas
 9 aquáticos (Rosenberg & Resh, 1993, Bauernfeind & Moog, 2000). Os efemerópteros habitam
 10 as proximidades de corpos d'água lênticos e/ou lóticos, ocupando todos os habitats aquáticos
 11 disponíveis (Bispo & Crisci-Bispo, 2006). Os adultos são terrestres e vivem de poucas horas a
 12 no máximo dez dias, tendo o aparelho bucal atrofiado e a função exclusiva de reprodução. As
 13 ninfas são aquáticas e podem viver de semanas até dois anos se alimentando de algas
 14 unicelulares e coloniais do biofilme, detritos e material vegetal alóctone, possuindo
 15 representantes em todos os grupos tróficos (Barber-James et al., 2008). O grupo serve de
 16 alimento para outros invertebrados e vertebrados aquáticos na cadeia trófica, destacando-se
 17 principalmente pela transformação da matéria orgânica, fluxo de energia e ciclagem de
 18 nutrientes (Dodds, 2002, Salles et al., 2004), sendo, portanto, excelentes bioindicadores de
 19 qualidade ambiental nesses ecossistemas.

20 Considerando a especificidade das espécies deste grupo ao ambiente e sua
 21 sensibilidade frente às alterações ambientais (Lenat & Barbour, 1994, Alba-Tercedor, 1996,
 22 Shimano et al., 2010, Souza et al., 2011), o objetivo deste estudo foi analisar como o corte de
 23 madeira convencional e o corte de madeira de impacto reduzido podem alterar o ambiente e
 24 consequentemente a comunidade de ninfas de Ephemeroptera. Testamos as hipóteses de que (i)
 25 igarapés em áreas de corte convencional serão mais homogêneos devido à perda de habitat e
 26 por isso suportarão um menor número de indivíduos e menos espécies que os igarapés em áreas
 27 de corte manejado, e essa diferença será maior ainda quando comparados com igarapés em
 28 áreas preservadas (referência); (ii) a composição de espécies em igarapés de áreas de referência
 29 será diferente da composição de igarapés manejados e convencionais, uma vez que o ambiente
 30 entre as áreas serão diferentes e as espécies são distribuídas conforme seus requerimentos
 31 ecológicos.

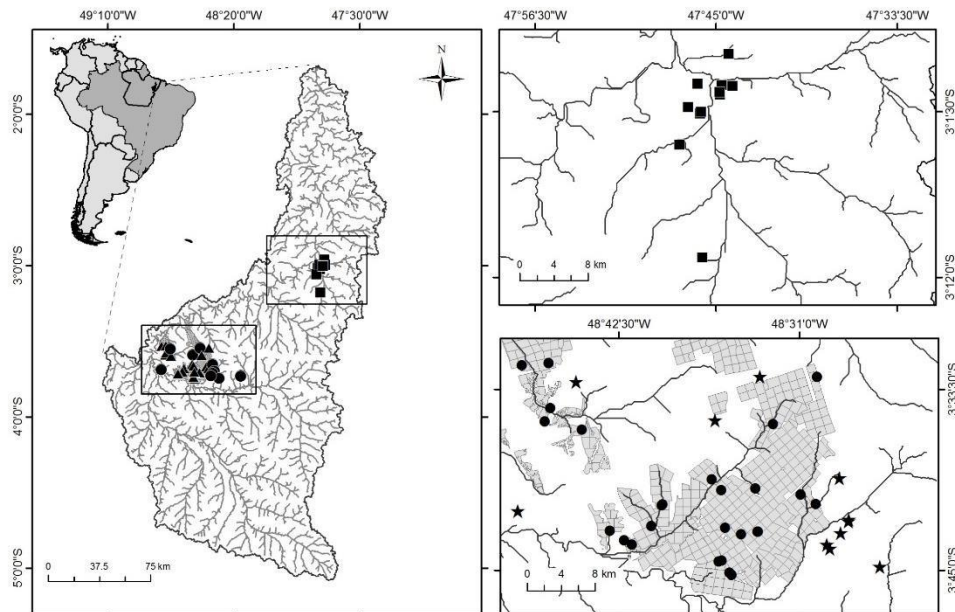
32 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

33 **2.1. Área de estudo**

34 O estudo foi realizado em igarapés pertencentes à rede fluvial da Bacia do Rio Capim
 35 (02°57'52" S e 47°44'16" W, extremo Norte e 03°45'10" S e 48°35'35" W, extremo Sul) onde
 36 existem áreas preservadas e áreas em que há a prática de corte manejado, ambos tratamentos
 37 inseridos no complexo de fazendas do grupo CIKEL Brasil Verde Ltda., e outras que praticaram
 38 o corte convencional. Todos os igarapés estão localizados no município de Paragominas,
 39 nordeste do estado do Pará a 320 km de Belém, Brasil (Figura 1). A área é drenada pelas bacias
 40 do Rio Capim (que a limita a noroeste) e do Rio Surubiju (que a limita ao Sul) e possui elevados
 41 índices de precipitação pluviométrica, chegando a 250 mm mensais (SUDAM 1993). A
 42 vegetação da área consiste em floresta ombrófila de terra firme e em menores proporções de
 43 florestas ombrófilas densas aluviais de várzeas (Hirai et al., 2008).

44 O sistema de corte manejado utilizado é o Sistema Silvicultural Policíclico, seguindo
 45 todas as etapas referentes a um manejo de corte de baixo impacto, e no qual esse corte foi

1 realizado de maneira semelhante em todas as áreas. Já no corte convencional o corte de madeira
 2 não é padronizado, não ocorre por meio de manejo florestal e caracteriza-se principalmente pelo
 3 alto impacto causado no ambiente.



4

5 **Figura 1** Igarapés amostrados no complexo de fazendas pertencentes ao Grupo Cikel e em
 6 fazendas particulares de Paragominas, Brasil. Os círculos representam as unidades amostrais
 7 inseridas nas áreas de manejo de impacto reduzido, as estrelas as referências e os quadrados os
 8 convencionais.

9

2.2. Amostragem Biológica

10

11 As coletas ocorreram no período de estiagem, elevando a eficácia dos procedimentos
 12 de amostragem (Baptista, 2001, Callisto, 2005). A coleta de dados foi realizada em 50 igarapés
 13 com até 10 metros de largura, sendo 13 de referência, 26 de manejo e 11 de convencional. Em
 14 cada igarapé os efemerópteros e as variáveis ambientais foram coletados em um trecho
 15 demarcado de 150m na margem direita dos corpos d'água, subdivididos em 10 seções de 15

16

17 As amostras de efemerópteros foram obtidas através de um coador de 18cm de
 18 diâmetro e malha e de 0,05 mm (rapiché), replicando-se duas vezes uma porção aleatória dos
 19 substratos presentes nos primeiros 10 m de cada seção do centro para margem dos igarapés. O
 20 material coletado foi triado em campo com a utilização de pinças entomológicas e bandejas
 21 brancas, e os espécimes separados em *snaps caps* e fixados em álcool a 85%. Para a
 22 identificação dos espécimes em nível de gênero foram utilizadas as chaves taxonômicas de
 23 Dominguez (2006) e Dias (2007) e para a identificação a nível específico foram utilizados
 24 artigos de descrição do grupo, além da confirmação dos exemplares através da consulta pessoal
 25 com o Dr. Frederico Falcão Salles, especialista da Ordem. Importante ressaltar que os
 26 morfótipos seguiram a numeração subsequente a coleção anterior. Os espécimes foram
 27 inseridos na Coleção Entomológica do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO) da
 Universidade Federal do Pará.

28

2.3. Caracterização do Hábitat Físico e Físico Químico

1 As variáveis físico-químicas da água (temperatura °C), pH, condutividade elétrica
2 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e oxigênio dissolvido (%)) foram mensuradas em três pontos do igarapé com o uso de
3 uma sonda multiparâmetros Horiba®, modelo U-51. Para avaliar a estrutura física das áreas dos
4 igarapés amostrados foi aplicado o protocolo de integridade física adaptado por Peck et al.
5 (2006), mensurando vários aspectos do hábitat físico no perfil transversal e longitudinal. Para
6 a aplicação do protocolo foram utilizados densiômetro, bússola, mangueira, trena, canos de
7 PVC e clinômetro.

8 Foram mensuradas em todas as seções transversais, medidas de profundidade e uma
9 estimativa visual do tipo de substrato (cascalho grosso, cascalho fino, areia, silte, seixo, argila
10 e argila consolidada, formações rochosas, concreto, madeira, banco de folhas, raízes,
11 macrófitas, algas e matéria orgânica particulada) mensurados em cinco pontos equidistantes,
12 onde também foram tomadas informações sobre a presença em porcentagem de sedimento fino
13 do substrato. A caracterização de cada seção transversal incluiu aspectos como: largura e
14 profundidade do canal; largura molhada; altura incisão; e ângulo de inclinação das margens.

15 Foi estabelecido um trecho de 5 m a jusante e à montante da transecção onde foram
16 mensuradas medidas referentes à estrutura física do hábitat, como estimativas visuais
17 semiquantitativas da área coberta por algas filamentosas, macrófitas aquáticas, bancos de
18 folhas, raízes, pedaços de madeira grande $> 0,3$ m de diâmetro, pedaço de madeira
19 pequeno/arbustos $< 0,3$ m, vegetação pendurada < 1 m acima da superfície da água, margens
20 escavadas, matacão e estruturas artificiais. Estimativas visuais foram realizadas para avaliar a
21 estrutura e a densidade da vegetação ripária em três estratos: dossel (> 5 m altura); sub-bosque
22 ($0,5$ até 5 m de altura); e vegetação rasteira ($< 0,5$ m de altura). Essas estimativas foram
23 realizadas em uma parcela de 10×10 m, em ambas as margens do curso d'água para cada
24 seção transversal, onde esses estratos da vegetação foram caracterizados como ausente,
25 esparsos, médio, denso e muito denso.

26 Medidas de abertura de dossel foram realizadas utilizando um densiômetro fazendo
27 estimativas na porção central e nas extremidades de cada seção transversal, permitindo a
28 realização de seis medidas, sendo elas: centro a montante, centro a esquerda, centro a jusante,
29 centro a direita, margem esquerda e margem direita. Por fim, foi calculada a velocidade média
30 da correnteza (estimada a partir do tempo que um objeto flutuante leva para percorrer uma
31 determinada distância) e vazão média dos igarapés amostrados baseado na média da área
32 transversal (medida em profundidade média e largura média) do espaço percorrido pelo objeto.

33 **2.4. Seleção de métricas**

34 As variáveis ambientais de hábitat físico mensuradas em todos os igarapés foram
35 divididas em 12 blocos: morfologia do canal; substrato; hidráulica; unidades do canal (tipos de
36 fluxo); declividade; sinuosidade; vegetação ripária visual; vegetação ripária com densiômetro;
37 madeira; abrigo; impacto humano; e físico-químico. Posteriormente fizemos uma variância para
38 todas as métricas, as que obtinham variâncias menores que $0,02$ foram retiradas das análises.

39 Para reduzir o número de variáveis foram feitas correlações de *Spearman* para os
40 blocos com mais de 10 variáveis restantes. Utilizamos o teste não-paramétrico, visto que as
41 análises foram realizadas somente com o tratamento referência, diminuindo o N amostral.
42 Quando as métricas mostravam-se redundantes ($r > 0,7$) apenas uma foi escolhida utilizando
43 como critério a importância da métrica para a comunidade aquática (Baptista et al., 2007).

1 Para reduzir a dimensionalidade dos dados e trabalhar somente com as métricas
 2 potenciais, fizemos uma Análise de Componentes principais (PCA) para cada bloco. Foram
 3 descartadas as variáveis ambientais que não apresentavam uma variação acima de 0,9 nos
 4 *loadings* da PCA.

5 Por fim, com as métricas reduzidas em todos os blocos foi feita novamente uma
 6 correlação de *Spearman* ($r > 0,7$) com as variáveis, somente com as unidades amostrais do
 7 tratamento referência. Descartamos as métricas correlacionadas, selecionando somente as mais
 8 importantes para os efemerópteros.

9 2.5. Análises Estatísticas

10 Todos os testes estatísticos foram rodados no programa R (R Core Team 2013). Para
 11 a análise dos dados, cada igarapé foi considerado como uma unidade amostral.

12 Para visualizar a ordenação das unidades amostrais entre os três tratamentos foram
 13 realizados duas Análises de Componentes Principais (PCA) (Jackson, 1991), uma com as
 14 variáveis físicas do hábitat restantes da seleção de métricas, e outra com as variáveis físico-
 15 químicas da água, essa divisão foi necessário devido o grande número de variáveis no estudo.
 16 As variáveis ambientais foram padronizadas, visto que possuem unidades de medidas
 17 diferentes, para a construção da matriz de correlação para linearizar as relações, utilizando
 18 como critério de parada a soma dos eixos com pelo menos 70% de explicação na análise.
 19 Posteriormente realizamos duas Análises de Variância Multivariada (MANOVA) para as
 20 variáveis de hábitat físico e para as variáveis físico-químicas, para verificar se diferiam entre
 21 os tratamentos (Wilks, 1932).

22 Para testar se a riqueza e abundância de espécies de efemerópteros diferem entre os
 23 três tratamentos, referência, manejo e corte convencional foi feita uma análise de variância
 24 (ANOVA *one way*), e posteriormente um teste Tuckey, aceitando como significativo $p < 0,05$
 25 e seus pressupostos. Uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi realizada para
 26 visualizar a similaridade das comunidades em igarapés de referência, manejados e de corte
 27 convencional, utilizando a medida de dissimilaridade *Bray-Curtis* (Legendre & Legendre,
 28 1998). Para testar se houve diferenciação na composição das comunidades entre os tratamentos
 29 foi utilizada uma Análise Permutacional Multivariada da Variância (PERMANOVA)
 30 (Anderson, 2001) com o teste *Pair-Wise*, com significância através do Teste de Monte Carlo,
 31 com 10.000 randomizações, aceitando como significativo $p < 0,05$, seguindo os pressupostos
 32 do teste (Pressuposto de Homogeneidade de Dispersão – PERMDISP).

33 Em seguida, foram utilizadas duas regressões múltiplas avaliando separadamente o
 34 efeito das variáveis de hábitat físico e dos os parâmetros físico-químicos sobre a riqueza,
 35 abundância e a composição de espécies de Ephemeroptera, utilizando o primeiro eixo da PCoA
 36 (Zar, 2010). Para essa análise foram utilizadas somente as métricas que contribuíram acima de
 37 0,7 na PCA.

38 Foi utilizada também a Análise de Espécies Indicadoras (IndVal) para detectar se
 39 existem espécies de Ephemeroptera associadas aos tratamentos (Dufrêne & Legendre, 1997).
 40 Por fim, foi feito um gráfico de gradiente de ordenação para visualizar a distribuição das
 41 espécies de Ephemeroptera, de acordo com as métricas ambientais sumarizadas no eixo da
 42 PCA.

43 3. RESULTADOS

3.1. Ambiente

Das 241 métricas mensuradas, 109 apresentaram amplitude de variância maior que 0,02. Dessas, somente 65 restaram da correlação de *Spearman* feitas por bloco de variáveis. Na PCA por bloco, somente 19 métricas contribuíram com pelo menos 90% para a ordenação. Das 19 métricas restantes, dez foram redundantes na correlação de *Spearman*, restando somente: média de piscinas residuais (m²/100m de canal); corredeiras (%); média da elevação do trecho; média de dossel do canal (%); média de abrigo total; índice de proximidade de impacto total; pH; condutividade; e oxigênio dissolvido.

Houve uma variação dos dados abióticos entre os tratamentos referência e convencional, porém houve um agrupamento entre as referências e as áreas com corte manejado (Figura 2). Os três primeiros eixos representaram aproximadamente 80% dessa variação. O índice de proximidade de impacto total e corredeiras estão inversamente relacionados com os pontos de manejo e referência, enquanto que a média de dossel de canal e média de abrigo total estão diretamente relacionadas aos mesmos pontos (Tabela 1). Através da MANOVA foi possível mostrar que as variáveis ambientais de hábitat físico são diferentes entre os tratamentos ($F_{(2,47)}=7,192$; $p<0,001$).

Tabela 1. Correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais e as variáveis ambientais do hábitat físico, selecionadas e mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil. Os valores em negrito apresentam correlação acima de 0,7 com cada eixo.

Variáveis Ambientais	Eixo I	Eixo II	Eixo III
Piscinas Residuais (m ² por 100m de Canal)	-0,667	-0,634	0,11
Corredeiras (%)	-0,038	-0,766	-0,108
Elevação Trecho	0,672	0,404	0,334
Dossel do Canal (%)	0,806	-0,418	-0,174
Abrigo Total	0,077	-0,303	0,927
Índice de Proximidade de Impacto Total	-0,724	0,503	0,119
Auto Valor	2,076	1,671	1,039
% acumulada de explicação	34,604	62,46	79,733
% de explicação	34,604	27,856	17,313

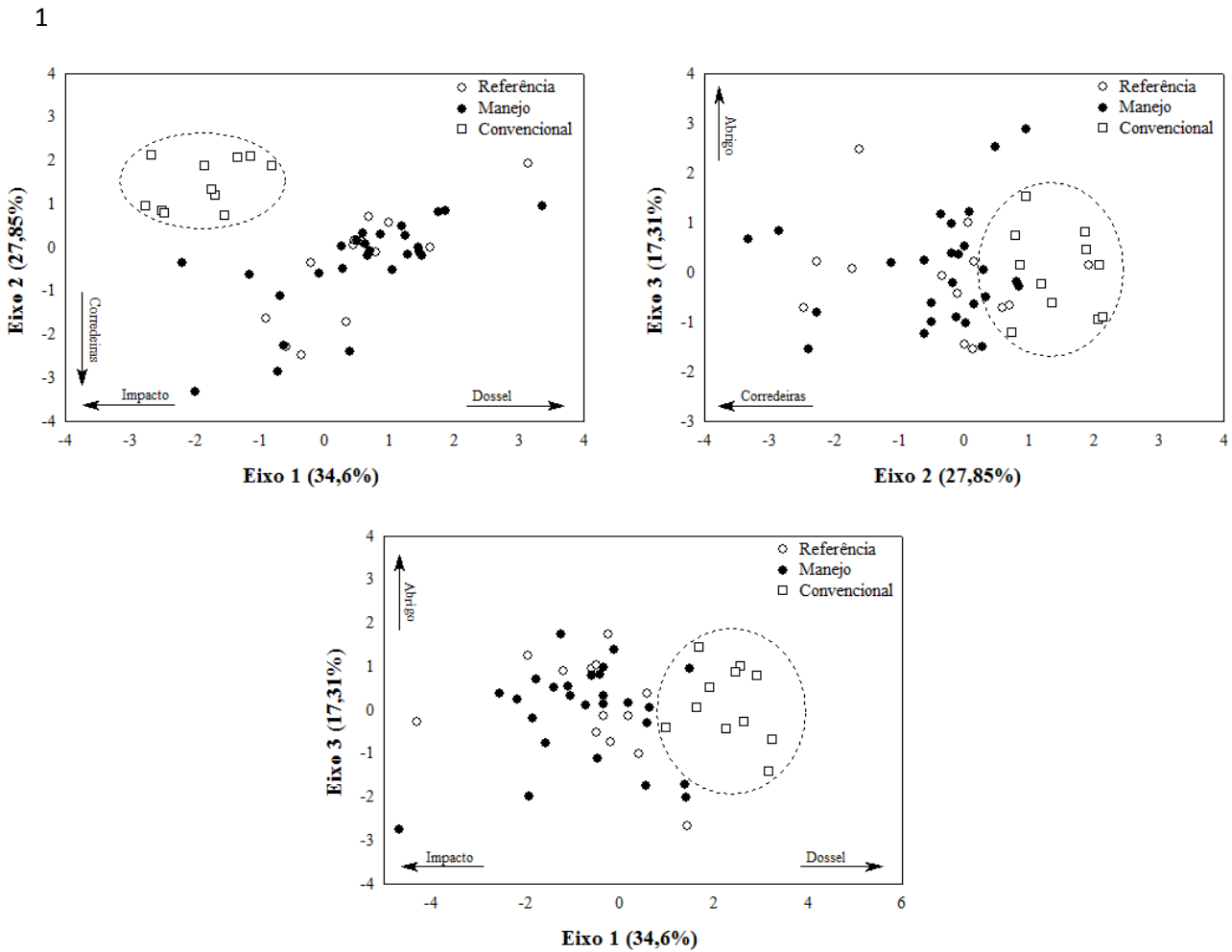
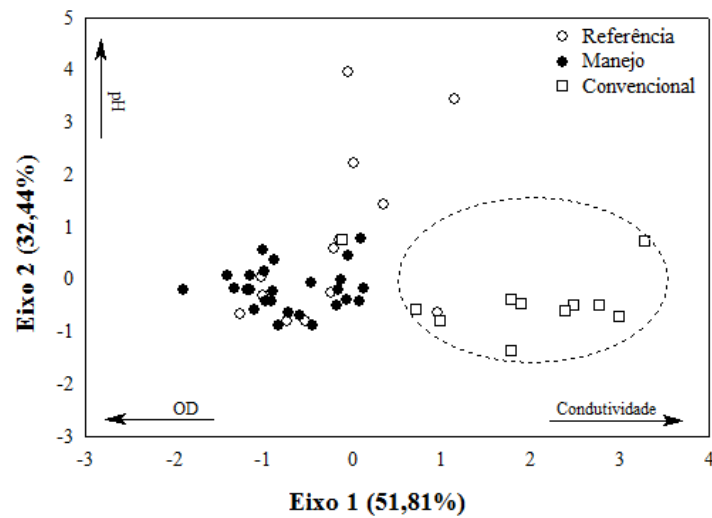


Figura 2 Ordenação das amostras de igarapés de referência, manejo e convencional através de Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais de hábitat físico mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil.

Houve uma variação nas variáveis físicas químicas entre as áreas de referência e as áreas de corte convencional, porém houve um agrupamento entre as áreas de referência de manejo (Figura 3). Os dois primeiros eixos explicaram 84% da variação. Os eixos foram responsáveis por agrupar as unidades amostrais do tratamento convencional que estão diretamente relacionadas à condutividade e inversamente relacionado ao pH e ao oxigênio dissolvido (Tabela 2). Através da MANOVA foi possível mostrar que as variáveis ambientais físico-químicas são diferentes entre os tratamentos ($F_{(2,47)} = 19,221$; $p < 0,001$).



1 **Figura 3** Ordenação das amostras de igarapés de referência, manejo e convencional através de
 2 Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis ambientais físico químicas - Oxigênio
 3 dissolvido (OD) - mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará, Brasil.

4 **Tabela 2.** Correlação entre os eixos da Análise de Componentes Principais e as variáveis
 5 ambientais físico-químicas, selecionadas e mensuradas nos igarapés de Paragominas, Pará,
 6 Brasil. Os valores em negrito apresentam correlação acima de 0,7 com cada eixo.

Variáveis Ambientais	Eixo I	Eixo II
Ph	0,276	0,960
Condutividade	0,854	-0,196
Oxigênio Dissolvido	-0,865	0,112
Auto Valor	1,555	0,973
% acumulada de explicação	51,818	84,264
% de explicação	51,818	32,447

7

8 3.2. Comunidades de ninfas de Ephemeroptera

9 Foram coletados 4.000 espécimes de Ephemeroptera, representados em sete famílias,
 10 20 gêneros e 33 espécies/morfoespécies (Tabela 5). Os espécimes mais abundantes pertencem
 11 aos gêneros *Miroculis* com 1.967 indivíduos, seguido de *Campylocia* com 1.172.

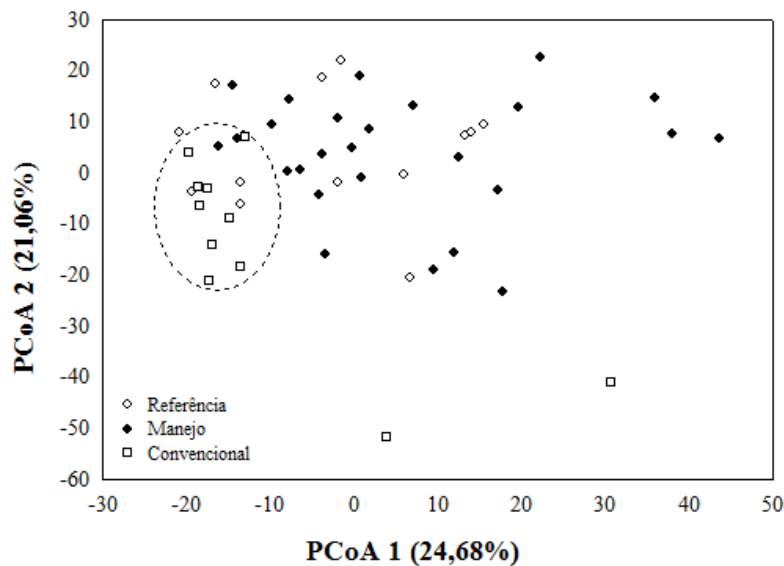
12 **Tabela 3.** Abundância de espécies de Ephemeroptera coletadas nos três tratamentos (referência,
 13 manejo e convencional) em Paragominas, Pará, Brasil.

Ephemeroptera	Abundância			
	Referência	Manejo	Convencional	Tota
Táxon/Autoridade			l	l
Baetidae				
<i>Aturbina</i> sp. 1	4	-	1	5
<i>Callibaetis</i> sp. 1	7	4	3	14

<i>Callibaetoides caaigua</i> Cruz, Salles & Hamada, 2013	6	1	1	8
<i>Cloeodes aff. redactus</i>	9	4	-	13
<i>Cloeodes redactus</i> Waltz & McCafferty, 1987	4	3	2	9
<i>Waltzoyphius roberti</i> Thomas & Peru, 2002	2	11	1	14
<i>Zelus principalis</i> Lugo-Ortiz & McCafferty, 1998	38	24	3	65
Caenidae				
<i>Brasilocaenis irmleri</i> Puthz, 1975	-	-	5	5
<i>Brasilocaenis</i> sp. 1	-	-	2	2
<i>Brasilocaenis</i> sp. 2	-	-	1	1
<i>Brasilocaenis</i> sp. 4	-	-	3	3
<i>Brasilocaenis</i> sp. 5	2	1	4	7
<i>Brasilocaenis</i> sp. 6	-	-	7	7
<i>Caenis</i> sp. 1	-	4	-	4
Coryphoridae				
<i>Coryphorus aquilus</i> Peters, 1981	2	3	-	5
Euthyplociidae				
<i>Campylocia</i> sp.	287	481	404	1172
Leptohiphidae				
<i>Amanahyphes saguassu</i> Salles & Molineri, 2006	5	19	9	33
<i>Tricorythopsis acara</i> Belmont, Salles & Hamada 2011	3	4	-	7
Leptophlebiidae				
<i>Farrodes</i> sp.	64	76	202	342
<i>Hagenulopsis minuta</i> Spieth, 1943	8	8	-	16
<i>Hydrosmilodon aff. gilliesae</i>	7	20	-	27
<i>Microphlebia surinamensis</i> Savage & Peters, 1983	-	1	-	1
<i>Miroculis</i> sp.	681	709	577	1967
<i>Simothraulopsis cf. sabalo</i>	1	-	1	2
<i>Simothraulopsis plesius</i> Kluge, 2008	-	-	5	5
<i>Simothraulopsis</i> sp. 2	4	3	-	7
<i>Ulmeritoides flavopedes</i> Spieth, 1943	24	64	110	198
Polymitarcyidae				
<i>Campsurus</i> sp. 1	-	2	-	2
<i>Campsurus</i> sp. 3	-	-	2	2
<i>Campsurus</i> sp. 4	-	8	3	11
<i>Campsurus</i> sp. 7	7	12	4	23
<i>Campsurus</i> sp. 8	17	5	-	22
<i>Campsurus</i> sp. 9	1	-	-	1
Total	1183	1467	1350	4000

1 A abundância de efemerópteros foi diferente em pelo menos um dos tratamentos ($F_{(2, 47)} = 9,045$; $p < 0,001$). Os igarapés convencionais foram diferentes somente dos igarapés
 2 manejados no teste *Tuckey*, apresentando em média 67 indivíduos a mais que os igarapés
 3 manejados ($p < 0,001$). Não houve diferença na riqueza de espécies/morfótipos ($F_{(2, 47)} = 0,709$;
 4 $p = 0,497$) entre os igarapés de referência (18), manejo (19) e convencional (14).

6 Houve o agrupamento da composição das espécies de Ephemeroptera para os igarapés
 7 inseridos nas áreas de corte convencional (Figura 4). O resultado da PERMANOVA indicou
 8 diferenças na composição das comunidades de ninfas de Ephemeroptera (pseudo- $F = 36,076$,
 9 $pMC < 0,001$), entre os tratamentos referência e convencional ($pMC = 0,005$) e manejo e
 10 convencional ($pMC = 0,001$). Das 33 espécies coletadas, 12 são compartilhadas entre os três
 11 tratamentos e sete são compartilhadas somente entre manejo e referência. Dentro das três áreas
 12 11 espécies foram exclusivas, sendo que uma de referência, três de manejo e sete de
 13 convencional.



14 **Figura 4** Análise de Coordenadas Principais (PCoA) da composição de espécies de
 15 Ephemeroptera dos igarapés de referência, de corte manejado e corte convencional em
 16 Paragominas, Pará, Brasil.

17 3.3. Estruturação das ninfas de Ephemeroptera pelas variáveis ambientais

18 A abundância foi afetada pela média de dossel do canal ($r^2 = 0,25$; $p = 0,009$) e
 19 condutividade ($r^2 = 0,21$; $p = 0,01$). A riqueza não foi afetada por nenhuma das variáveis
 20 ambientais. A composição de efemerópteros foi afetada por alterações na quantidade de
 21 corredeiras, dossel do canal, abrigo total, e variações no índice de proximidade de impacto (r^2
 22 $= 0,40$; $p < 0,001$) e com um menor efeito, também pela condutividade ($r^2 = 0,13$; $p = 0,01$)
 23 (Tabela 4).

24 **Tabela 4.** Resultado das Análises de Regressão para abundância, riqueza e composição
 25 (primeiro eixo da PCoA) de espécies de Ephemeroptera em relação às variáveis ambientais dos
 26 igarapés amostrados em Paragominas, Pará, Brasil. Valores em negrito representam relações
 27 significativas ($p < 0,05$).

Variáveis Ambientais	B	EP	t(45)	P
Abundância				
Intercepto			3,696	0,001
Corredeiras (%)	-0,140	0,132	-1,056	0,296
Média de Dossel do Canal (%)	-0,549	0,189	-2,898	0,006
Média de Abrigo Total	-0,155	0,130	-1,196	0,238
Índice de Proximidade de Impacto Total	-0,200	0,189	-1,056	0,296
Ph	0,074	0,132	0,563	0,576
Média da condutividade	0,410	0,154	2,668	0,010
Média de oxigênio dissolvido	-0,069	0,154	-0,449	0,656
Riqueza				
Intercepto			2,759	0,008
Corredeiras (%)	0,231	0,144	1,606	0,115
Média de Dossel do Canal (%)	-0,322	0,206	-1,564	0,125
Média de Abrigo Total	-0,185	0,141	-1,311	0,197
Índice de Proximidade de Impacto Total	-0,267	0,205	-1,301	0,200
Ph	0,022	0,148	0,152	0,880
Média da condutividade	-0,065	0,173	-0,374	0,710
Média de oxigênio dissolvido	-0,106	0,173	-0,614	0,542
Composição				
Intercepto			-4,684	0,000
Corredeiras (%)	-0,272	0,120	-2,276	0,028
Média de Dossel do Canal (%)	0,785	0,171	4,583	0,000
Média de Abrigo Total	0,246	0,117	2,092	0,042
Índice de Proximidade de Impacto Total	0,405	0,171	2,372	0,022
pH	-0,012	0,138	-0,088	0,930
Média da condutividade	-0,423	0,162	-2,620	0,012
Média de oxigênio dissolvido	-0,197	0,162	-1,213	0,231

1

2 No IndVal, das 33 espécies/morfótipos de Ephemeroptera registradas, cinco são
3 associadas a dois tratamentos. Quatro espécies estão associadas com os igarapés de
4 convencional, *Brasilocaenis irmleri* e *Brasilocaenis* sp6 (IndVal = 52,2%; p = 0,015) e
5 *Brasilocaenis* sp1 (IndVal = 42,6%; p = 0,045) e *Brasilocaenis* sp. 4 (IndVal = 42,6%; p =
6 0,05). *Ulmeritoides flavopedes* foi associada aos ambientes de referência e corte convencional
7 (IndVal = 74,9%; p = 0,035).

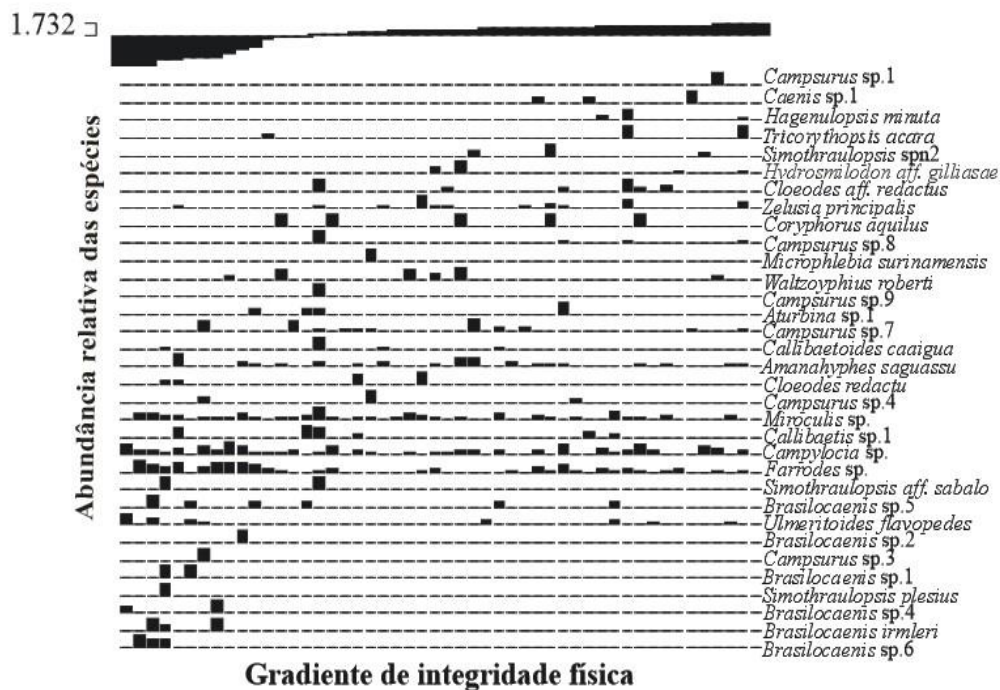
8 A composição de Ephemeroptera foi afetada por mudanças nas variáveis ambientais,
9 uma vez que a abundância relativa das espécies apresentou padrão de distribuição observada
10 através das variáveis do eixo 1 da PCA das variáveis ambientais, sendo que o aumento do eixo
11 caracteriza os igarapés de referência (Figura 5). As espécies do gênero *Brasilocaenis* e a espécie
12 *Campsurus* sp. 3, assim como as espécies mais abundantes, *Farrodes* sp., *Ulmeritoides*
13 *flavopedes* e *Campylocia* sp. foram relacionados aos igarapés com menor cobertura de dossel,

1 pH e OD e menor quantidade de abrigo, e com maior condutividade, quantidade de corredeiras
2 e mais próximos ao impacto.

3 Os morfótipos *Brasilocaenis* sp.6, *B. imleri*, *Brasilocaenis* sp.4, *Simothraulopsis*
4 *plesius*, *Brasilocaenis* sp.1, *Campsurus* sp.3 e *Brasilocaenis* sp.2 apresentaram sua abundância
5 relativa elevada em áreas alteradas, apesar de *Simothraulopsis plesius* não ser imdicadora de
6 ambientes alterados. Já a espécie *Microphlebia surinamensis*, *Waltzoyphius roberti*, *Campsurus*
7 sp. 8 (entre outras) aumentam sua abundância relativa em áreas com diturbios intermediários
8 pelo manejo florestal de impacto reduzido.

9 Os morfótipos *Campsurus* sp. 8, *Coryphrus aquilus*, *Zelusia principalis*, *Cloeodes* aff.
10 *redactus*, *Hydrosmilodon* aff. *gilliesae*, *Simothraulopsis* sp.2, *Tricorythopsis acara*,
11 *Hagenulopsis minuta*, *Caenis* sp.1, *Campsurus* sp.1 apresentam maior abundância relativa nas
12 áreas com impacto intermediário e referências, o que sugere que as alterações severas
13 provocadas pelo corte convencional podem levar à perda dessas espécies.

14



15 **Figura 5** Gradiente da abundância relativa das espécies de Ephemeroptera com o primeiro eixo
16 da PCA decorrentes das variáveis ambientais de hábitat físico e variáveis físico-químicas dos
17 igarapés de áreas de referência, manejadas e de corte convencional. Valores negativos indicam
18 igarapés com corte convencional enquanto valores intermediários indicam manejados e mais
19 altos os preservados.

20 4. DISCUSSÃO

21 A alteração na abundância e a diferença na composição de espécies de Ephemeroptera
22 nos sistemas hídricos inseridos em áreas de corte convencional demonstram que as condições
23 físicas do hábitat não são mantidas com esse tipo de atividade madeireira. Essa prática leva a
24 homogeneização dos ambientes aquáticos tropicais e favorece grupos mais tolerantes às
25 alterações adjacentes (Richmond et al., 2005). Os indivíduos das espécies dos gêneros *Farrodes*

1 e *Miroculis* que são raspadores (Polegatto & Froehlich, 2003), possuem maior biomassa em
 2 trechos com maior entrada de luz, devido a maior produção autotrófica, e as espécies de
 3 *Campylocia*, que é coletor-apanhador (Cummins et al., 2005), possui maior biomassa em
 4 igarapés com baixo fluxo de água (Shimano et al., 2012). Assim, a exploração de madeira
 5 convencional afetou o ambiente e pode ter causado um declínio na abundância das espécies
 6 especialistas (Popielarz e Neal, 2007).

7 O número de espécies de efemerópteros foi similar, mesmo em igarapés com
 8 ambientes distintos. Isso possivelmente ocorreu devido à presença de *taxons* tolerantes como
 9 as espécies dos gêneros *Campylocia*, *Farrodes*, *Miroculis* e *Ulmeritoides*, em todos os
 10 tratamentos, o que pode ter diminuído a influência de *taxa* rara e sensível, fazendo com que os
 11 tratamentos pareçam semelhantes. Além disso, a riqueza não leva em consideração a identidade
 12 e o papel ecossistêmico das espécies, podendo mascarar os efeitos antrópicos sobre as
 13 comunidades (Hasegawa et al., 2014). Existem organismos que dependem de condições
 14 ambientais distintas para permanecer em determinados locais, e são os primeiros a terem sua
 15 distribuição afetada por impactos antrópicos no ecossistema (Crisci-Bispo et al., 2007, Cortezzi
 16 et al., 2009).

17 A retirada da vegetação nativa é um dos impactos ambientais que provocam a
 18 desestruturação do ambiente físico e químico, e que alteram a dinâmica da estruturação das
 19 comunidades biológicas (Callisto et al., 2001), uma vez que as mudanças nas variáveis físico-
 20 químicas da água influenciam a estrutura biótica e a organização dos sistemas aquáticos
 21 (Kikuchi & Uieda, 1998, Mugodo et al., 2006). Como esperado, essa assertiva foi demonstrada
 22 para as comunidades de ninfas de Ephemeroptera encontradas nas áreas de corte convencional
 23 no nosso estudo, isso ocorreu porque algumas espécies são restritas a condições ótimas dessas
 24 variáveis.

25 Dessa forma, há considerações pontuais que podem ser feitas sobre algumas espécies
 26 de Ephemeroptera como a espécie *Waltzoyphius roberti* que teve maior abundância em igarapés
 27 manejados, isso sugere a preferência dessas as espécies à ambientes com alterações
 28 intermediárias em sua integridade ambiental (Souza et al., 2011). Já espécies dos gêneros
 29 *Farrodes* e *Campylocia* e a espécie *Ulmeritoides flavopedes* obtiveram maior abundância nos
 30 ambientes com distúrbios mais severos, seguido das espécies do gênero *Brasilocaenis* e a
 31 espécie *Ulmeritoides flavopedes*, apontadas como bioindicadoras ambientais de igarapés que
 32 passaram pelo corte convencional. O corte convencional aumentou consideravelmente os
 33 sedimentos em áreas aonde algumas espécies nativas não são tolerantes a essas modificações
 34 (Dodds, 2015), levando a perda de espécies como *Campsurus* sp. 9, *Campsurus* sp.8, *Cloeodes*
 35 aff. *redactus*, *Coryphorus aquilus*, *Hagenulopsis minuta*, *Hydrosmilodon* aff. *gilliesae*,
 36 *Simothraulopsis* sp. 2, *Tricorythopsis acara*, *Microphlebia surinamensis*, *Caenis* sp.1 e
 37 *Campsurus* sp. 1 que permanecem em igarapés íntegros.

38 Estudos prévios demonstram que a avaliação da qualidade ambiental após impactos
 39 antrópicos têm sido tradicionalmente utilizada e bem sucedida em diversos estudos de impactos
 40 (e.g. Goulart & Callisto, 2003, Shimano et al., 2010, Rezende et al., 2012, Cunha et al., 2015).
 41 O resultado da mudança na composição das comunidades de ninfas de Ephemeroptera nesse
 42 estudo foi uma resposta da segregação da ordenação das variáveis ambientais entre os cortes,
 43 em que, locais de referência e manejados diferem do corte convencional, assim como a
 44 composição de espécies de Ephemeroptera dos igarapés convencionais diferiu da composição
 45 dos igarapés manejados e referentes. Houve maior compartilhamento de número de espécies

1 entre as áreas de manejo e referência, e provavelmente esses igarapés apresentam maior
 2 diversidade filogenética quando comparado com as áreas de corte convencional, que por sua
 3 vez, não diferem em diversidade taxonômica, já que a maioria de suas espécies pertence
 4 somente ao gênero *Brasilocaenis* (Clarke & Warwick, 1998), enquanto as espécies exclusivas
 5 das áreas íntegras pertencem a gêneros diferentes.

6 A perda de cobertura de dossel no canal é considerada uma das principais
 7 características que afetam os aspectos de fluxos de água, fluxo de energia no ecossistema e
 8 consequente a estrutura das comunidades aquáticas (Dodds, 2015). A perda de dossel mostrou
 9 que a atividade alterou a densidade da vegetação ripária, causando o arraste de sedimentos e
 10 nutrientes para dentro do canal e o aumento da incidência de luz no igarapé (Pringle, 2003), o
 11 que consequentemente altera os grupos funcionais alimentares de invertebrados (Cummins et
 12 al., 2005). A heterogeneidade ambiental também influencia fortemente na distribuição de
 13 organismos aquáticos (Popielarz e Neal, 2007), uma vez que promove a coexistência das
 14 espécies através de partição de nicho (Holzman et al., 2011, Heino & Grönroos, 2013). Dessa
 15 forma, podemos afirmar que a exploração madeireira convencional alterou variáveis do hábitat
 16 físico e parâmetros físico-químicos do ambiente, o que consequentemente afetou as ninfas de
 17 comunidades de Ephemeroptera que tiveram sua composição alterada.

18 Existem vantagens econômicas do manejo florestal EIR sobre o corte convencional.
 19 Os gastos de manejo florestal de Exploração de Impacto Reduzido com as atividades pré-
 20 exploratórias, compra de equipamentos adequados e mão-de-obra qualificada, causam a
 21 impressão errada de que o EIR é mais caro que a exploração convencional (Holmes, 2002). No
 22 entanto, foi comprovado que o lucro de EIR é maior, e o custo médio menor que a exploração
 23 convencional, além da vantagem de que o EIR reduz de fato os danos impostos às árvores e ao
 24 solo das florestas (Johns et al., 1996), e biodiversidade residente (Dias et al., 2009). Nossa
 25 pesquisa corroborou com esses três últimos resultados, uma vez que às áreas manejadas
 26 manteve o ambiente similar às áreas de referência, o que foi fundamental para manter a
 27 diversidade da ordem Ephemeroptera nesses locais.

28 Por fim, é necessário ressaltar que com esse estudo foi possível observar outras lacunas
 29 no conhecimento do grupo, pois a quantidade de morfoespécies no trabalho indica a necessidade
 30 de estudos taxonômicos na Amazônia, principalmente com os gêneros *Brasilocaenis*,
 31 *Campsurus*, *Campylocia*, *Farrodes* e *Miroculus*. As espécies *Hagenulopsis minuta*,
 32 *Microphlebia surinamensis*, *Hydrosmilodon gilliesae*, *Callibaetoides caaigua*, *Cloeodes*
 33 *redactus*, *Ulmeritoides flavopedes*, *Waltzoyphius roberti* e *Tricorythopsis acara* foram
 34 registradas pela primeira vez no Pará. Tais aspectos, salientam que apesar das pesquisas com
 35 Ephemeroptera terem avançado nos últimos anos no Brasil, ainda existem muitas outras lacunas
 36 quanto à identificação das ninfas (Shimano et al., 2011) e poucos estudos realizados na
 37 Amazônia com a ordem, considerando ainda que o bioma é detentor de grande biodiversidade
 38 e que o grupo é importante na avaliação da qualidade ambiental (Salles, 2006).

39 5. CONCLUSÃO

40 Diante da crescente exploração de madeira na região norte do Brasil, o manejo de
 41 impacto reduzido pode ser uma estratégia importante para a exploração de madeira em
 42 ambientes amazônicos sem afetar significativamente as variáveis ambientais e a biodiversidade
 43 aquática, haja vista, que manteve as condições ambientais similares aos igarapés referências. Já
 44 por outro lado, o corte convencional modificou as variáveis físicas do hábitat diminuindo a
 45 cobertura de dossel e a quantidade de abrigos naturais, e as físico-químicas da água, diminuindo

1 o oxigênio dissolvido, o pH e aumentando a condutividade. Essa modificação ambiental
 2 resultou na perda de 11 espécies de Ephemeroptera. Nesse cenário é esperado que outros grupos
 3 podem ter perdas similares através do processo de modificações constantes.

4 **6. AGRADECIMENTOS**

5 Gostaríamos de agradecer a 33 Forest e CIKEL LTDA pelo apoio logístico. Ao
 6 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento do
 7 projeto intitulado “Tempo de resiliência das comunidades aquáticas após o corte seletivo de
 8 madeira na Amazônia Oriental” pelo edital Universal 14/2011, processo 481015/2011-6 e pela
 9 bolsa produtividade de LFAM (processo: 301343/2012-8) e LJ (processo: 303252/2013-8). A
 10 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado de MC
 11 e de doutorado de LBC.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor, J., 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería 2: 203-213. ISBN: 84-7840262-4
- Allan, J. D. & M. M. Castillo, 2007. Stream Ecology: structure and function of running waters. Springer, Dordrecht 436p.
- Anderson, M. J., 2001. A new method for nonparametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26:32-46
- Baptista, D. F., D. F. Buss, L. F. M. Dorvillé & J. L. Nessimian, 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé river basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61: 249-258.
- Baptista, D. F., D. F. Buss, M. Egler, A. Giovanelli, M. P. Silveira & J. L. Nessimian, 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. *Hydrobiologia* 575: 83-94.
- Barber-James, H., J. L. Gattolliat, M. Sartori & M. D. Hubbard, 2008. Global diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 339-350.
- Bauernfeind, E. & O. Moog, 2000. Mayflies (Insecta: Ephemeroptera) and the assessment of ecological integrity: a methodological approach. *Hydrobiologia* 422:71-83.
- Benstead, J. P., M. M. Douglas & C. M. Pringle, 2003. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in eastern Madagascar. *Ecological Applications* 13: 1473-1490.
- Bispo, P. C., L. G. Oliveira, L. M. Bini & K. G. Sousa, 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Brazilian Journal of Biology* 66: 611-622.

- Bispo, P. C. & V. L. Crisci-Bispo, 2006. Ephemeroptera. In: Costa, C. Ide & C. E. Simonka, 2006. Insetos imaturos: metamorfose e identificação. Ribeirão Preto, Holos 55-59.
- Boltz, F., T. P. Holmes & D. R. Carter, 2003. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. *Forest Policy and Economics* 5, 69-81.
- Brasil, L. S., Y. F. Shimano, J. D. Batista & H. S. R. Cabeth, 2013. Effects of environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta, Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* 103: 260-265.
- Callisto, M., M. Moretti & M. Goulart, 2001. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 6: 71-82.
- Callisto, M., M. Goulart, F. A. R. Barbosa & O. Rocha, 2005. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 65: 229-240.
- Cederberg, C., U. M. Persson, K. Neovius, S. Molander & R. Clift, 2011. Including carbon emissions from deforestation in the carbon footprint of Brazilian beef. *Environmental Science & Technology*, 45: 1773-1779.
- Clarke, K. R. & R. M. Warwick, 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* 35: 523-531.
- Cortezzi, S. S., P. C. Bispo, G. P. Paciência & R. C. Leite, 2009. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região do cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. *Iheringia, Série Zoologia* 99: 36-43.
- Crisci-Bispo, V. L., P. C. Bispo & C. G. Froehlich, 2007. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera assemblages in two Atlantic rainforest streams, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 312-318.
- Cummins, K. W., R. W. Merritt & P. C. N. Andrade, 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environmental* 40:71-90
- Cunha, E. J., L. F. A. Montag, L. Juen, 2015. Oil palm crops effects on environmental integrity of Amazonian streams and Heteropteran (Hemiptera) species diversity. *Ecological Indicators* 52: 422-429.
- De Long, M. D. & M. A. Brusven, 1994. Allochthonous input of organic matter from different riparian habitats of an agriculturally impacted stream. *Environmental Management* 18: 59-71.
- Dias, L. G., C. Molineri & P. S. F. Ferreira, 2007. Ephemeroptera (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo* 47: 213-244.
- Dias, M.S., W. E. Magnusson & J. Zuanon, 2010. Effects of reduced-impact logging on fish assemblages in a Central Amazonia. *Conservation Biology* 24: 278-286.

- Dodds, W. K., 2002. *Freshwater Ecology: concepts and environmental applications*. Aquatic Ecology Series, Academic press.
- Dodds, W. K., K. Gido, M. R. Whiles, M. D. Daniels & B. P. Grudzinski, 2015. The Stream Biome Gradient Concept: factors controlling lotic systems across broad biogeographic scales. *Freshwater Science* 34: 1-19.
- Dominguez, E., C. Molineri, M. L. Pescador, M. D. Hubbard & C. Nieto, 2006. *Ephemeroptera of South America*. Pensoft Publishers.
- Dudgeon, D. & G. Bretschko, 1996. Allochthonous inputs and land-water interactions in seasonal streams: tropical Asia and temperate Europe. *Perspectives in tropical limnology* 161-179.
- Dufrêne, M. & P. Legendre, 1997. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Elias, F., B. S. Marimon, L. Gomes, M. Forsthofer, M. F. Abreu, S. A. Reis, E. Lenza, D. D. Franczak & B. H. Marimon-Junior, 2013. Resiliência de um cerrado submetido a perturbações intermediárias na transição Cerrado-Amazônia. *Biotemas* 26: 49-62.
- Goodland, R., 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:1-24.
- Goulart, M. D. C. & M. Callisto, 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM* 2:153-164.
- Grönroos, M., J. Heino, T. Siqueira, V. L. Landeiro, J. Ktanan & L. M. Bini, 2013. Metacommunity structuring in stream networks: roles of dispersal mode, distance type, and regional environmental context. *Ecology and Evolution* 3: 4473-4487.
- Hasegawa, M., M.T. Ito, T. Yoshida, T. Seino, A.Y.C. Chung & K. Kityama, 2014. The effects of reduced-impact logging practices on soil animal communities in the Deramakot Forest Reserve in Borneo. *Applied Soil Ecology* 83:13-21.
- Heino, J. & M. Grönroos, 2013. Does environmental heterogeneity affect species cooccurrence in ecological guilds across stream macroinvertebrate metacommunities?. *Ecography* 36: 926-936.
- Hirai, E. H., J. O. P. Carvalho & K. A. O. Pinheiro, 2008. Estrutura da população de Maçaranduba (*Manilkara huberi* Standley) em 84 ha de floresta natural na fazenda Rio Capim, Paragominas, PA. *Revista de Ciências Agrárias* 49:65-76.
- Holzman, R., D. C. Collar, R. S. Mehta & P. C. Wainwright, 2011. Functional complexity can mitigate performance trade-offs. *The American Naturalist* 177: 69-83.
- Holmes, T. P., G. M. Blate, J. C. Zweede, Jr. R. Pereira, P. Barreto & F. Boltz, 2002. Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental. *Fundação Floresta Tropical / Instituto Florestal Tropical (IFT)* 68p.

- Jackson, J. E., 1991. A user's guide to principal components. John Willey & Sons, New York, USA.
- Johns, J. S., P. Barreto & C. Uhl, 1996. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 89: 59-77.
- Kikuchi, R. M. & V. S. Uieda, 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In J. L. Nessimian & A. L. Carvalho (Eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Séries Oecologia Brasiliensis 157-173.
- Legendre, P. & L. Legendre, 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier.
- Lenat, D. R. & M. T. Barbour, 1994. Using benthic macroinvertebrate community structure for rapid, cost-effective, water quality monitoring: rapid bioassessment. In Loeb, S. L. & A. Spacie (eds). *Biological monitoring of aquatic systems*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida 187-215.
- Moulton, T. P. & M. L. Souza, 2006. Conservação com base em bacias hidrográficas. In C. F. D. Rocha, H. G. Bergallo, M. V. Sluys & A. S. A. Alves (eds). *Biologia da conservação*. Rima, São Carlos 157-182.
- Mugodo, J., M. Kennard, P. Liston, S. Nichols, S. Linke, R. H. Norris & M. Lintermans, 2006. Local stream habitat variables predicted from catchment scale characteristics are useful for predicting fish distribution. *Hydrobiologia* 572: 59-70.
- Nessimian, J. L., E. Venticinque, J. Zuanon, P. De Marco, M. Gordo, L. Fidelis, J. D. Batista & L. Juen, 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614: 117-131.
- Peck, D.V., A. T. Herlihy, B. H. Hill, R. M. Hughes, P. R. Kaufmann, D. J. Klemm, J. M. Lazorchak, F. H. McCormick, S. A. Peterson, P. L. Ringold, T. Magee, M. R. Cappaert, 2006. *Environmental Monitoring and Assessment Program – Surface Waters Western Pilot Study: Field Operations Manual for Wadeable Streams*. EPA 600/R-06/003. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC.
- Polegatto, C. M. & C. P. Froehlich, 2003. Feeding strategies. in *Atalophlebiinae (Ephemeroptera: Leptophlebiidae)*, with considerations on scraping and filtering. In Gaino, E. (ed.). *Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera*. University of Perugia 55-61.
- Popielarz, P. A. & Z. P. Neal, 2007. The niche as a theoretical tool. *Annual Review of Sociology* 33: 65-84.
- Pringle, C., 2003. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important?. *Hydrological Processes* 17: 2685-2689.

- Richmond, B. G., B. W. Wright, I. Grosse, P. C. Dechow, C. F. Ross, M. A. Spencer & D. S. Strait, 2005. Finite element analysis in functional morphology. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology* 283: 259-274.
- R Core Team 2013. R: A linguagem e ambiente para computação estatística Viena, R Foundation for Statistical Computing, R versão 3.0.1, ISBN 3-900051-07-0. Disponível online em: <http://www.Rproject.org>. Acessado em 15 de outubro de 2014.
- Rosenberg, D. M. & V. H. Resh, 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall 1993p.
- Salles, F. F., E. R. Da-Silva, M. D. Hubbard & J. E. Serrão, 2004. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. *Biota Neotropica* 4:1-34.
- Salles, F. F., 2006. A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): taxonomia e diversidade. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- Schulze, M., 2008. Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, 255: 866-879.
- Shimano, Y., H. S. R. Cabette, F. F. Salles & L. Juen, 2010. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia Série Zoologia* 100: 301-308.
- Shimano, Y., F. F. Salles & H. S. R. Cabette, 2011. Ephemeroptera (Insecta) ocorrentes no Leste do Estado do Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica* 11: 239-253.
- Shimano, Y., F. F. Salles, L. R. Faria, H. S. Cabette & D. S. Nogueira, 2012. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 102: 187-196.
- Schulze, M., J. Grogan, C. Uhl, M. Lentini, E. Vidal, 2008. Evaluating ipê (*Tabebuia, Bignoniaceae*) logging in Amazonia: Sustainable management or catalyst for forest degradation?. *Biological Conservation* 141: 2071-2085.
- Southwood, T. R. E., 1977. Habitat, the templet for ecological strategies?, *Journal Animal Ecology* 46: 337-365.
- Souza, H. M., H. S. R. Cabette & L. Juen, 2011. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. *Iheringia Série Zoologia* 101: 181-190.
- Rezende, R. S., A. M. Santos & J. F. Jr. Gonçalves, 2012. Avaliação ambiental do Rio Pandeiros utilizando macroinvertebrados como indicadores de qualidade da água. *Ecologia Austral* 22: 159-169.
- Sparovek, G., A. Barretto, I. Klug, L. Papp & J. Lino, 2011. A revisão do Código Florestal brasileiro. *Novos Estudos - CEBRAP* 111-135.

- Sist, P. & F. N. Ferreira, 2007. Sustainability of reduced-impact logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 243: 199-209.
- Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), 1993. Plano de Desenvolvimento da Amazônia 1994/1997. SUDAM, Belém.
- Uhl, C., P. Barreto, A. Veríssimo, E. Vidal, P. Amaral, A. C. Barros, C. Jr. Souza, J. Johns & J. Gerwing, 1997. Natural resource management in the Brazilian Amazon: an integrated research approach. *BioScience* 47: 160-199.
- Zar, J. H., 2010. *Biostatistical Analysis*. Pearson Prentice Hall 944p.
- Zeni, J. O. & L. Casatti, 2014. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. *Hydrobiologia* 726: 259-270.
- Yoshimura, M., 2012. Effects of forest disturbances on aquatic insect assemblages. *Entomological Science* 15: 145-154.
- Wilks, S. S., 1932. Certain Generalizations in the Analysis of Variance. *Biometrika*, Cambridge 24: 471-494.

Capítulo 2 - Como o corte de madeira convencional e manejado atuam sobre os atributos funcionais de ninfas de Ephemeroptera (Insecta) em igarapés da Amazônia Oriental

Este capítulo foi elaborado de acordo com as normas do periódico Ecological

Indicators, disponíveis no site:

http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/621241?generatepdf=true

Como o corte de madeira convencional e manejo atuam sobre os atributos funcionais de ninfas de Ephemeroptera (Insecta) em igarapés da Amazônia Oriental

Mylena Neves Cardoso^{a,e}; Erlane José Cunha^{b,e}; Yulie Shimano^{b,e}; Denis Nogueira^c; Bruno Spacek Godoy^d; Leandro Juen^e

^aPrograma de Pós Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará –UFPA. Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA, 66075-110. Autor correspondente: mylena_nc@hotmail.com.

^bPrograma de Pós-Graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi, Rua Augusto Correia, nº 1 Bairro Guamá, 66.075-110, Belém, PA, Brasil.

^cPrograma de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas (Bloco ICB V), Campus II/UFG, 74001-970, Goiânia, Goiás, Brasil.

^dNúcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará-UFPA, Rua Augusto Correia, Nº 1 Bairro Guamá, CEP:66075-110, Belém-Pará, Brasil.

^eLaboratório de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correia, nº 1 Bairro Guamá, 66.075-110, Belém, PA, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da exploração de madeira de corte manejado e convencional sobre as métricas ambientais e sobre a diversidade funcional, a partir de traços funcionais dos gêneros de ninfas de Ephemeroptera, e conhecer quais atributos funcionais da ordem são mais afetados pelo impacto. Para isso, foram amostrados 50 igarapés em áreas distintas (13 em preservadas, 26 em corte manejado e 11 em corte convencional), onde os efemerópteros foram coletados utilizando rapiché e as variáveis ambientais mensuradas com protocolo de integridade de hábitat e os dados físico químicos com uma sonda multiparâmetros. A matriz de traços foi construída a partir de referências bibliográficas da ordem, e posteriormente foram calculados índices de riqueza, equitabilidade e divergência funcionais que não mostraram diferenças entre as áreas. A partir do cruzamento da matriz de traços com a ocorrência dos gêneros nas áreas, realizamos a análise RLQ que mostrou diferença na composição de traços de Ephemeroptera entre as áreas. Houve a perda de traços importantes para o equilíbrio do ecossistema apenas para nos igarapés de corte convencional, indicando que o corte manejado é eficiente na manutenção da funcionalidade do ecossistema aquático.

Palavras-chave: Traços biológicos; igarapés amazônicos; exploração de madeira.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é alvo de várias atividades econômicas, como por exemplo, a agricultura, a pecuária, e a exploração madeireira, que precedem um dos impactos antropogênicos que mais se expande no bioma, o desmatamento (Gibson et al., 2011). Atualmente a Amazônia Oriental possui a maior proporção de desmatamento no Brasil, apresentando a área denominada como “Arco do Desflorestamento”, onde é nítida as consequências da exploração madeireira de alto impacto de um passado recente, que impulsionou a fragmentação florestal e queimadas (Nepstad et al., 1999; Asner et al., 2009). Essa fragmentação na paisagem causa danos à biodiversidade, uma vez que a perda de cobertura florestal e a de habitat levam à extinção local de espécies, e a redução na capacidade de se reestabelecerem frente às alterações ambientais (Laurance et al., 2009).

A exploração de madeira em que a maioria das árvores são retiradas sem planejamento e previsão de impactos, com posterior queima, e com o propósito de substituir a floresta por outra atividade econômica, caracterizam um corte raso ou convencional. É estimado que na Amazônia, em um hectare, esse tipo de exploração desordenada de madeira causa a perda de 50% da cobertura florestal intermediária, mesmo que o propósito seja a retirada de apenas oito árvores em potencial (Barreto et al., 1998). Dessa forma, uma alternativa para minimizar os impactos mais agressivos dessa atividade seria a implementação do corte manejado de madeira que, proporciona benefícios econômicos e ecológicos, com planejamento para aproveitar ao máximo os recursos madeireiros e não madeireiros disponíveis (Gama et al., 2005).

Na exploração de madeira manejada, as etapas de corte são planejadas: primeiro é feito um levantamento das árvores potenciais, para depois adotarem estratégias quanto a melhor localização de estradas, pátios de estocagem, incluindo a direção de arraste e queda desejável; em seguida cortam os cipós para evitar danos à floresta durante a derrubada, a mão-de-obra é treinada e os equipamentos utilizados são os mais adequados para a atividade; depois do corte evitam deixar resíduos de madeira, que provocariam incêndios e reaproveitam esses resíduos aumentando o lucro; por fim, aplicam tratamentos silviculturais e acompanham a regeneração da vegetação no local (Amaral et al., 1998). No entanto, mesmo o corte de madeira manejado, ainda causa danos às árvores remanescentes, ao dossel da vegetação e ao solo, provocando erosão e impactos sobre a rede fluvial (Chappell et al., 2005). Nos estados do Mato Grosso e Pará, um estudo realizado com imagens de satélite, apresentou taxas de retirada de madeira

1 seletiva de 13.015 km² e 6.671 km² respectivamente por ano, taxas essas que incluem a
2 atividade dentro de reservas florestais, como Juruena e Gorotire (Asner et al., 2005).

3 Ainda que o corte de madeira altere diretamente os ecossistemas terrestres, pode afetar
4 também os ecossistemas aquáticos, uma vez que a cobertura florestal altera a regulação do
5 volume e da frequência dos fluxos de água e os nutrientes para a Bacia Amazônica (e.g.
6 Marengo, 2004; D’Almeida et al., 2007). O corte de madeira provoca alterações na vegetação
7 ripária afetando diretamente a biota aquática (Burdett & Watts, 2009; Cassati, 2010), pois o
8 aporte de nutrientes para a cadeia trófica ocorre através do depósito de material vegetal alóctone
9 aos igarapés, e pela manutenção e proteção dos substratos através da retenção de sedimentos
10 (Benstead et al., 2003; Allan & Castillo, 2007). Portanto, distúrbios nessa vegetação
11 implicariam na perda da funcionalidade dos igarapés diminuindo a abundância dos táxons
12 sensíveis e aumentando os táxons tolerantes (Bispo et al., 2006; Shimano et al., 2010).

13 Os insetos aquáticos constituem um grupo de organismos que vêm apresentando
14 respostas biológicas na avaliação de impactos ambientais (e.g. Chizinski et al., 2010;
15 Yoshimura, 2012) por estarem relacionados com a integridade do hábitat (Cortes et al., 2013;
16 Monteiro-Jr. et al., 2013). Uma das ordens de insetos aquáticos mais utilizados na avaliação de
17 qualidade ambiental é a ordem Ephemeroptera, que participam da transformação da matéria
18 orgânica, fluxo de energia e ciclagem de nutrientes no ecossistema (Callisto & Esteves, 1996;
19 Dodds, 2002), possuem diferentes hábitos, e representantes em todos os grupos tróficos
20 (Barber-James et al., 2008). Os efemerópteros são sensíveis aos impactos ambientais, que
21 afetam sua abundância riqueza e composição (Shimano et al., 2010; Souza et al., 2011). No
22 entanto, existem alterações que são muito sutis, como por exemplo, as causadas pelo corte
23 manejado, e que, portanto, podem não ser captadas utilizando as medidas de diversidade
24 tradicionais. Além disso, as medidas de ecologia tradicional, como abundância e riqueza,
25 consideram apenas números, e tratam as espécies como unidades independentes e iguais,
26 negligenciando a redundância funcional que podem existir nas comunidades, perdendo dessa
27 maneira, algumas respostas ecológicas que poderiam ser fundamentais (Petchey et al., 2004;
28 Ricotta, 2005).

29 A diversidade funcional é uma medida ecológica que tem sido utilizada recentemente
30 para resgatar algumas informações acerca das interações entre as espécies, e entre as espécies
31 e o meio ambiente, ela é definida como a variação das características biológicas que influenciam
32 a funcionalidade que as espécies desempenham no ecossistema (Diaz & Cabido, 2001; Tilman,

2001). Outras medidas funcionais complementam a diversidade funcional, como por exemplo, a riqueza funcional, equitabilidade funcional e divergência funcional (Mason et al., 2005). Essas medidas ecológicas funcionais mostram-se interessantes na avaliação e monitoramento de impactos ambientais (Ernst et al., 2006), uma vez que pode detectar alterações em impactos considerados mínimos, como o manejo (Gaston et al., 2006; Cianciaruso et al., 2009).

Diferentemente da riqueza, a diversidade funcional avalia a eficiência dos processos ecossistêmicos, sendo capaz de prever a substituição e/ou coexistência de espécies com funções ecossistêmicas similares, e a perda de grupos funcionais após o impacto (Petchey & Gaston, 2006; Baptista, 2008) identificando traços funcionais dos gêneros do indivíduo em questão. Os traços funcionais são características morfológicas, fenológicas ou fisiológicas dos *taxa*, que estão diretamente ligados à sua aptidão funcional ecossistêmica, e que, quando alterados podem influenciar seu crescimento, reprodução e sobrevivência no ambiente, consequentemente perdendo sua funcionalidade no ecossistema (Violle, 2007).

Dessa maneira, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da exploração de madeira de corte manejado e corte convencional e as variações das métricas ambientais sobre a diversidade funcional de comunidades de ninfas de Ephemeroptera e avaliar quais atributos funcionais da Ordem são mais afetados pelo impacto. Testamos as seguintes hipóteses: (i) a diversidade funcional será maior em igarapés de áreas preservadas (referência) que em igarapés de áreas que sofreram corte manejado, e a menor diversidade funcional, ocorrerá nos igarapés que sofreram corte convencional; (ii) haverá perda de traços nos igarapés que sofreram corte convencional, e os grupos funcionais e os traços relacionados à respiração e alimentação dos efemerópteros serão os atributos mais afetados por esse tipo de corte, devido a alteração na disponibilidade de recursos e no oxigênio dissolvido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

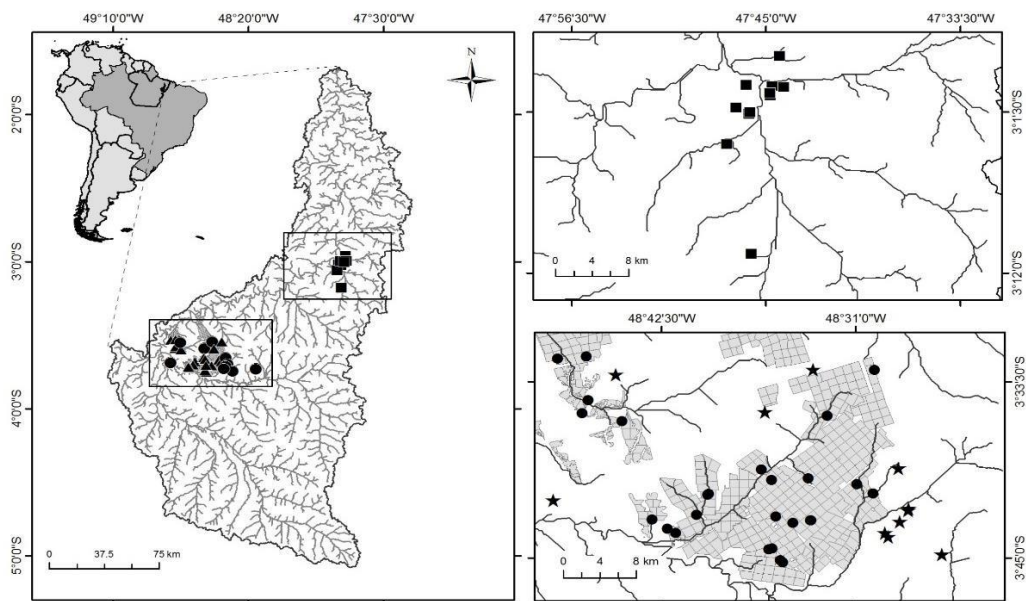
2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em igarapés pertencentes à rede fluvial do Rio Capim, em Paragominas, Pará, Brasil (02°57'52" S e 47°44'16" W, extremo Norte e 03°45'10" S e 48°35'35" W, extremo Sul) onde existem áreas preservadas e áreas em que há a prática de corte manejado, ambos tratamentos inseridos no complexo de fazendas do grupo CIKEL Brasil Verde Ltda., e outras que praticaram o corte convencional. Todos os igarapés estão localizados no município de Paragominas, nordeste do estado do Pará a 320 km de Belém, Brasil (Fig. 1). A área é drenada pelas bacias do Rio Capim (que a limita á noroeste) e do Rio Surubiju (que a

1 limita ao Sul) e possui elevados índices de precipitação pluviométrica, chegando a 250 mm
 2 mensais (SUDAM, 1993). A vegetação da área consiste em floresta ombrófila de terra firme e
 3 em menores proporções de florestas ombrófilas densas aluviais de várzeas (Hirai et al., 2008).

4 Coletamos em 13 igarapés preservados (referência), 26 igarapés em áreas de corte
 5 manejado e 11 em áreas de corte convencional. Cada igarapé foi considerado uma unidade
 6 amostral.

7 **Fig. 1.** Igarapés amostrados no complexo de fazendas pertencentes ao Grupo Cikel e em
 8 fazendas particulares de Paragominas, Brasil. Os círculos representam as unidades amostrais
 9 inseridas nas áreas de manejo de impacto reduzido, as estrelas as referências e os quadrados os
 10 convencionais.



11

12 2.2. Variáveis ambientais

13 Para avaliar as variáveis físicas do ambiente foi aplicado o protocolo de Kaufmann et
 14 al. (1999), conforme descrito no capítulo anterior, e as métricas selecionadas no tópico 2.3
 15 foram as mesmas utilizadas para avaliar a influência dos tipos de corte sobre a diversidade
 16 funcional de Ephemeroptera neste capítulo. As nove variáveis ambientais selecionadas foram
 17 média de piscinas residuais (m²/100m de canal); corredeiras (%); média da elevação do trecho;
 18 média de dossel do canal (%); média de abrigo total; índice de proximidade de impacto total;
 19 pH; condutividade; e oxigênio dissolvido.

20

21 2.3. Construção das matrizes de atributos funcionais

1 As matrizes de atributos funcionais foram construídas a partir de caracteres apontados
2 na literatura como atributos de cada gênero. Tais atributos foram separados em duas matrizes:
3 atributos relacionados ao ecossistema (Material Suplementar I), de importância para as
4 interações entre os indivíduos e o meio ambiente; e atributos morfológicos e fisiológicos
5 (Material Suplementar II), de importância para a permanência desses indivíduos no ambiente
6 (Tabela 1). As matrizes foram construídas com variáveis do tipo binárias.

1 **Tabela 1.** Caracteres utilizados para construir as matrizes de atributos de Ephemeroptera, com suas devidas hipóteses, justificativas e literatura.

Carácter	Traço Funcional	Atributo Funcional	Hipóteses	Justificativa	Referências
Ecossistema	Habitat	1. Léntico 2. Lótico 3. Léntico/Lótico	Indivíduos de habitats lenticos estarão presentes nos igarapés convencionais	O corte convencional pode causar o aporte acentuado de sedimento fino, que por sua vez, modifica as características físicas dos igarapés, deixando o fluxo mais lento	Callisto & Esteves 1996
	Grupo Funcional	4. Coletores 5. Catadores 6. Raspadores 7. Filtradores 8. Fragmentadores	A porcentagem de grupos funcionais irá distinguir entre os igarapés preservados, manejados e de corte convencional	Igarapés com corte convencional abrigarão mais organismos raspadores e filtradores devido à presença de algas pela entrada de luz no sistema e partículas finas em suspensão devido ao assoreamento; igarapés manejados obterão maiores porcentagem de coletores e os conservados o maior número de fragmentadores devido à entrada direta de matéria alóctone.	Polegatto & Froehlich 2003; Cummins et al 2005; Silveira et al. 2006; Leal et al. 2007; Shimano et. al. 2012; Vannote et al. 1980
	Habito	9. Reptante 10. Nadador 11. Escalador 12. Agarrador 13. Fossador	Igarapés preservados irão compor porcentagens relativamente similares de indivíduos com hábitos distintos	Ambientes mais preservados são mais heterogêneos ao longo do trecho dos igarapés, com maior quantidade de refúgios e alimento, que possibilitará a coexistência de organismos com hábitos distintos.	Barrela et al. 2001; Callisto et al. 2002; Minatti-Ferreira & Beaumord 2006; Rodrigues et al. 2008
Morfológico/ Fisiológico	Morfologia do corpo	1. Denticulos na garra 2. Exoesqueleto fortemente esclerotizado	Igarapés impactados apresentarão táxons com denticulos das garras e que possuem o exoesqueleto mais duro	Garras presentes e exoesqueleto mais duro podem fornecer capacidades melhores de deslocamento e proteção em locais mais instáveis e onde há menor quantidade de substratos e locais para esconder de predadores	Will & Resh 2008
	Locomoção/ alimentação	3. Pernas anteriores adaptadas 4. Pêlos no filamento terminal 5. Mandíbula exposta	Igarapés conservados apresentarão mais organismos com a presença de pernas modificadas, pelos nos filamentos terminais e mandíbula exposta	A maior heterogeneidade dos locais conservados possibilitarão a coexistência de organismos aptos à diferentes formas de locomoção e alimentação. A natureza do alimento dos macroinvertebrados e a forma de captura possuem relação direta com possíveis impactos.	Silveira 2004; Watzl & Burian 2008
	Respiração	6. Brânquia com lamela composta 7. Brânquia opercular 8. Brânquia franjada 9. Traquéia	Indivíduos que possuem esses atributos serão mais adaptados aos igarapés de corte convencional	Maior área e proteção das brânquias podem favorecer a adaptação em locais com menor disponibilidade de OD	Da-Silva et al. 2002; Da-Silva et al. 2010; Resh et al. 2008

2.4. Análises Estatísticas

Avaliamos a diversidade funcional aplicando os três índices complementares mais utilizados: FRic (*functional richness*) que representa o número de atributos funcionais em cada amostra, FEve (*functional evenness*) que busca avaliar a uniformidade dos atributos dentro de cada amostra e FDiv (*functional divergence*) que analisa o quanto as espécies se diferenciam dentro das categorias de cada atributo, esses três índices contam com a abundância relativa das espécies como base para os cálculos (Villéger et al., 2008). Foram calculados os três índices para as duas matrizes (ecossistema e morfológica/fisiológica). Para o cálculo da matriz de distância foi utilizada a distância de Gower modificada (Pavoine et al., 2009), a distância foi utilizada para o cálculo dos índices ponderados por suas abundâncias.

Para avaliar se ocorre diferença na diversidade funcional entre os igarapés de áreas preservadas (referência), de áreas manejadas e de áreas de corte convencional, foi utilizada uma Análise de Variância (ANOVA). Para visualizar a ordenação das unidades amostrais entre os diferentes igarapés, foi realizada uma Análise de Componente Principal (PCA) (Jackson, 1991) com as variáveis físicas e físico-químicas. Em seguida, foram feitas regressões lineares entre os índices funcionais e as variáveis ambientais sumarizadas no primeiro eixo da Análise de Coordenadas Principais, para verificar se existe efeito das variáveis sobre os índices de DF, para cada uma das matrizes de atributos.

Para determinar quais atributos são influenciados pela extração de madeira foi realizada a análise RLQ (Dolédec et al., 1996), que utiliza a combinação de três matrizes por meio de ordenações. As matrizes são: i) Matriz R (gêneros-traços), ii) Matriz Q (variáveis ambientais) e iii) Matriz L (comunidade). Inicialmente as matrizes R e Q são ordenados por meio de uma PCA, em seguida é realizada uma análise de correspondência entre as duas matrizes ponderados pela matriz L. A associação entre as matrizes é maximizada pela correspondência dos escores das espécies e sítios amostrais através do critério de co-inércia. Os resultados podem ser observados graficamente pela através da ordenação dos sítios amostrais e atributos funcionais ponderados pelas variáveis ambientais e gêneros.

Para confirmar se os atributos (ecossistêmicos e morfológico/fisiológico) encontrados nas comunidades acompanham as mudanças na estrutura do igarapé sob diferentes regimes de corte de madeira utilizamos uma Análise Multivariada Permutacional Não Paramétrica (Permanova) (Anderson, 2001) com o teste pareado, seguindo os pressupostos do teste (Pressuposto de Homogeneidade de Dispersão – PERMDISP), e a significância do teste foi

1 testada com 9.999 permutações pelo teste de Monte Carlo. Para esse teste elaboramos uma nova
 2 série de matrizes, ponderando a abundância das OTU com as características de interesse. A
 3 nova matriz correspondia a abundância do atributo funcional, considerando a quantidade de
 4 indivíduos que apresentavam cada atributo, sem considerar a qual gênero pertencia.

5 As análises foram feitas no programa R (R Core Team, 2015), utilizando os pacotes
 6 ade4, FD, maptools, MASS e vegan.

7 3. RESULTADOS

8 Foram amostrados 4.000 indivíduos, distribuídos em 20 gêneros e sete famílias, os quais
 9 foram avaliados quanto aos seus atributos funcionais de caráter ecossistêmico (Material
 10 Suplementar I) e morfológico/fisiológico (Material Suplementar II).

11 Ao contrário do que era esperado, não houve diferença nos valores dos índices
 12 funcionais FRic, FEve e FDiv entre os igarapés de referência, manejo e convencional, nem
 13 quando avaliamos os traços ecossistêmicos, nem com os traços morfofisiológicos (Tabela 2).

14

15 **Tabela 2.** Valores dos índices funcionais calculados para os atributos ecossistêmicos e
 16 morfofisiológicos. Riqueza funcional (FRic), equitabilidade funcional (FEve) e divergência
 17 funcional (FDiv).

Atributos	Índices funcionais					
	FRic		FEve		Fdiv	
	F _(3, 47)	p	F _(3, 47)	p	F _(3, 47)	P
Ecossistêmicos	0.652	0.525	1.425	0.25	0.838	0.44
Morfofisiológicos	0.885	0.42	0.496	0.612	2.515	0.091

18

19 As variáveis ambientais de hábitat físico e físico-químicas mensuradas também não
 20 afetaram os índices funcionais relacionados aos traços ecossistêmicos, FRic ($p = 0,36$), FEve
 21 ($p = 0,44$) e FDiv ($p = 0,171$). Assim como para os traços relacionados com a morfofisiologia
 22 dos efemerópteros, FRic ($p = 0,18$), FEve ($p = 0,418$) e FDiv ($p = 0,08$).

23 Apesar dos índices funcionais não serem diferentes entre os igarapés de referência, corte
 24 convencional e manejado e do ambiente não afetar os índices, os atributos foram distribuídos
 25 de acordo com o ambiente, mostrando que ocorre uma variação da composição dos atributos
 26 dependentes das variações ambientais geradas através do impacto. O cruzamento entre as
 27 matrizes de atributos e ambiente mostrou relação entre os atributos testados e as variáveis
 28 ambientais (Tabela 3). Para os atributos de ecossistema a análise RLQ mostrou que as variáveis

ambientais explicaram 66,9% da variação dos atributos no primeiro eixo (autovalor=0,56) e 27,24% no segundo eixo (autovalor = 0,23), totalizando 94% de explicação da variação de co-inércia entre as matrizes. Os atributos morfológicos sumarizados pela análise apresentou explicação de 69,72% do primeiro eixo (autovalor=0,43) e 26,32% no segundo eixo (autovalor=0,16), totalizando 96% de explicação da variação de co-inércia.

As correlações realizadas entre as variáveis ambientais e os eixos da RLQ mostraram maior relação das variáveis piscina residuais e elevação do trecho com o primeiro eixo e no segundo eixo houve maior relação com índice de proximidade ao impacto humano, dossel sobre o canal e condutividade (Tabela 4).

Tabela 3. Decomposição dos autovalores gerados pela Análise RLQ para os atributos relacionados ao ecossistema e morfológicos. *valores significativos.

Categoria	Eixo	Autovalor	Covariância	SD Matriz R	SD Matriz Q	Corr, Matriz L	P
Ecossistema	RLQ 1	0,560	0,749	1,539	2,204	0,221	0,022*
	RLQ 2	0,228	0,478	1,806	1,524	0,173	
Morfologia /Fisiologia	RLQ 1	0,434	0,659	1,543	1,978	0,216	0,035*
	RLQ 2	0,164	0,405	1,766	1,172	0,196	

Tabela 4. Correlação entre os eixos da Análise RLQ com as variáveis ambientais. *Valores significativos ($p < 0,05$).

Variável	RLQ 1	RLQ 2
Piscinas Residuais	-0,745*	0,206
Corredeiras	-0,533	-0,412
Elevação no trecho	0,861*	-0,268
Dossel sobre o canal	0,000	-0,922*
Média de abrigo total	-0,005	-0,315
Índice de próximo ao impacto	0,011	0,921*
Ph	-0,056	0,053
Condutividade	0,132	0,944*
Oxigênio dissolvido	-0,380	-0,626

Os atributos ecossistêmicos habitat lótico e lótico/lênticos, raspadores, filtradores, fragmentadores e agarradores foram os mais relacionados ao primeiro eixo da RLQ, enquanto que reptantes e nadadores foram mais relacionados com o segundo eixo. Na matriz de atributos morfológicos/fisiológicos o primeiro eixo foi altamente relacionado com a presença de dentículos na garra, exoesqueleto esclerotizado, pêlos no filamento terminal, mandíbula exposta

1 e brânquia franjada, quanto ao segundo eixo somente a presença de traqueia teve alta relação
2 com o eixo (Tabela 5).

3 Com base nas relações entre os eixos e as matrizes de atributos e variáveis foi possível
4 montar um modelo esquemático de acordo com os polos (-) e (+) de cada eixo mostrando a
5 associação entre as variáveis e atributos avaliados (Fig. 2).

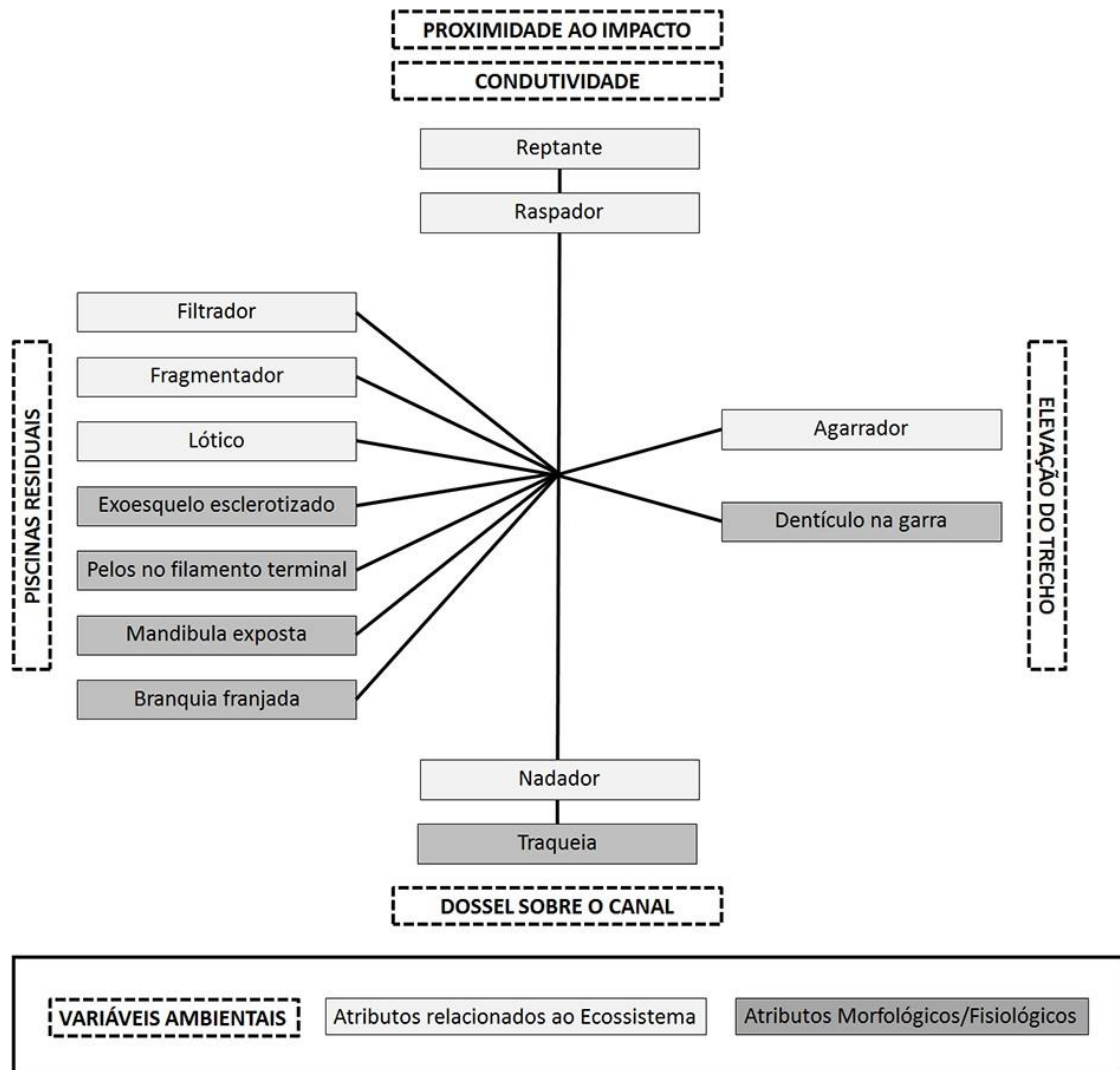
6

7 **Tabela 5.** Correlação entre os eixos da Análise RLQ e os atributos das matrizes de traços de
8 ecossistema, e de traços morfofisiológicos de Ephemeroptera. *Valores com correlação acima
9 de 0,7 com cada eixo.

	Matriz	Atributo	RLQ 1	RLQ 2
Ecossistema		Lêntico	-0,079	-0,666
		Lótico	-0,940*	0,006
		Lêntico/lótico	0,939*	0,306
		Coletor	-0,055	-0,174
		Catador	-0,051	-0,740
		Raspador	0,950*	0,220
		Filtrador	-0,951*	-0,091
		Fragmentador	-0,886*	0,072
		Reptante	0,092	0,866*
		Nadador	-0,044	-0,786*
		Escalador	0,084	0,476
		Agarrador	0,830*	0,007
		Fossador	-0,094	-0,379
Morfologia/ Fisiologia		Dentículo na garra	0,971*	-0,037
		Exoesqueleto esclerotizado	-0,786*	0,556
		Pêlos nas pernas anteriores	-0,031	-0,315
		Pelos no filamento terminal	-0,928*	-0,054
		Mandíbula exposta	-0,974*	0,074
		Lamela composta	-0,032	0,567
		Brânquia opercular	0,038	0,331
		Brânquia franjada	-0,904*	0,423
		Traqueia	-0,072	-0,749*

10

11



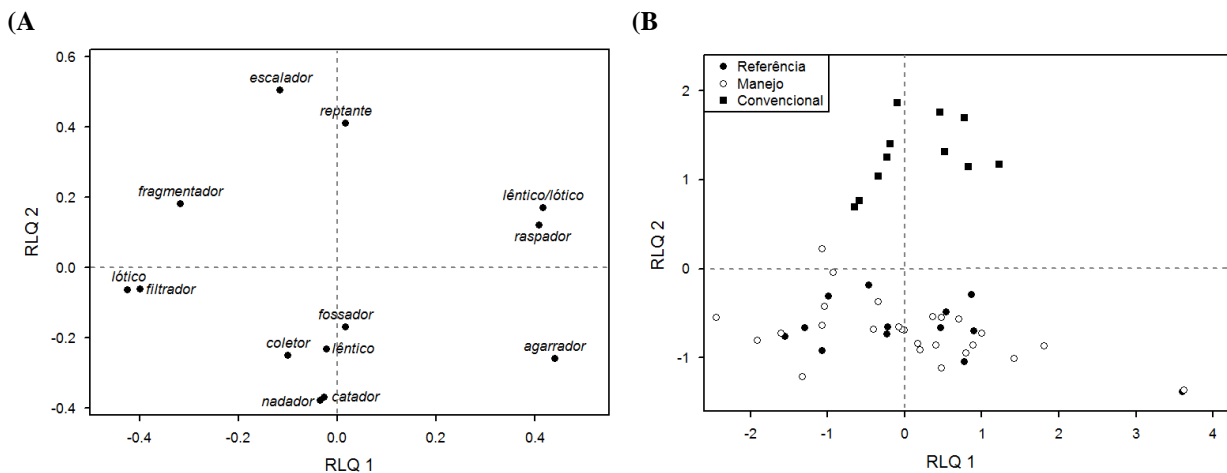
1

2 **Fig. 2.** Modelo esquemático de associação entre os atributos e variáveis ambientais a partir das
 3 correlações com os eixos da análise RLQ.

4

5 **3.1. Relação entre a extração de madeira e os atributos avaliados**

6 Na RLQ para os atributos relacionados ao ecossistema houve uma associação entre os
 7 atributos fragmentadores, escaladores e reptantes com o corte convencional de acordo com as
 8 ordenações das matrizes de atributos e comunidades para os três tratamentos (Fig. 3A, B). Pode-
 9 se observar também que as maiores partes dos traços são mantidas nos igarapés manejados e
 10 referências, havendo a perda desses atributos no corte convencional. Essa diferenciação entre
 11 as comunidades (com peso na abundância) a partir dos atributos pode ser confirmada pela
 12 Permanova nos traços relacionados ao ecossistema (pseudo-F = 45,727, p = 0,002).

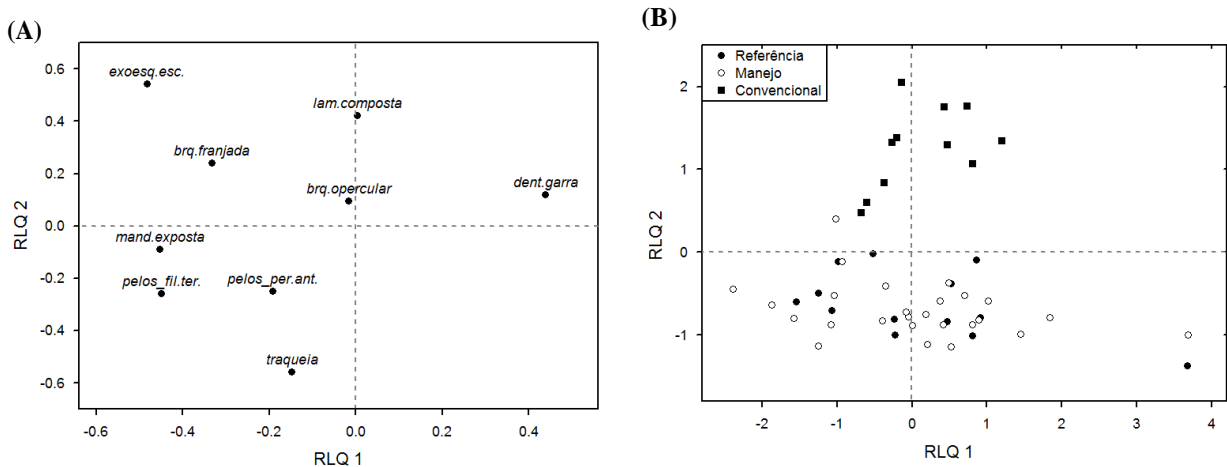


1

2 **Fig. 3.** (A) ordenação dos atributos relacionados ao ecossistema; (B) ordenação das
 3 comunidades amostradas nos três tratamentos.

4

5 A RLQ para os atributos morfológicos/fisiológicos mostrou na ordenação que o corte
 6 convencional foi mais relacionado com a presença de lamelas compostas e brânquias franjadas,
 7 havendo também perda de grande parte dos atributos que são mantidos nas comunidades
 8 ocorrentes no corte manejado e referência (Fig. 4A, B). Essa diferenciação entre as
 9 comunidades a partir dos atributos pode ser confirmada pela Permanova dos traços
 10 morfológicos/fisiológicos (pseudo-F = 5,889, $p = 0,005$).



11

12 **Fig. 4.** (A) ordenação dos atributos morfológico/fisiológicos; (B) ordenação das comunidades
 13 amostradas nos três tratamentos.

14

1 **4. DISCUSSÃO**

2 Ao avaliar os componentes da Diversidade Funcional (FRic, FEve e FDiv) de
3 Ephemeroptera em igarapés conservados, de áreas de corte manejado e de corte convencional,
4 houve uma redundância funcional tanto para os atributos morfológicos e fisiológicos, quanto
5 para os atributos relacionados ao ecossistema. De forma geral, os índices de Diversidade
6 Funcional observados são módulos independentes da funcionalidade das comunidades e
7 representam: o espaço do nicho que é ocupado pelas espécies das comunidades (Fric); como a
8 distribuição da abundância dessas espécies se comporta (FEve); e como ocorre a diferenciação
9 de nicho entre as espécies (FDiv) (Mason et al., 2003). Para o grupo testado, com os atributos
10 utilizados, não houve diferença nos componentes frente ao impacto.

11 Esse resultado não era esperado, uma vez que a retirada de madeira convencional resulta
12 em uma perda significativa na função dos ecossistemas afetados, visto que o ambiente foi
13 alterado pela atividade (ver Capítulo 1) e a vegetação ripária é parte integrante da cadeia trófica
14 como forma de matéria orgânica alóctone responsável pela manutenção da estabilidade física
15 dos corpos d'água (Allan & Castillo, 2007). Porém, esse resultado corrobora com trabalho
16 realizado por Dedieu et al. (2015), em que não houve diferença significativa nos índices de
17 diversidade de Ephemeroptera entre as áreas de impacto com os sites de referência, enquanto a
18 composição taxonômica e característica dos traços das comunidades mudaram nesses locais.
19 Gayraud et al. (2003) e Statzner et al. (2004) também não encontraram diferenças significativas
20 na diversidade funcional de macroinvertebrados de locais conservados e impactados da
21 Amazônia Oriental.

22 O corte de madeira não planejado é um dos principais fatores atuando sobre a perda de
23 biodiversidade atualmente e contribui fortemente para a desestruturação dos corpos d'água
24 (Pringle & Benstead, 2001; Greenwood & Kuhn, 2014). Como estratégia de conservação, criou-
25 se a exploração de impacto reduzido na tentativa de minimizar efeitos deletérios sobre as
26 comunidades (Barreto et al., 1988; Uhl et al., 2002). E ao avaliar a frequência e a abundância
27 dos atributos (RLQ e Permanova), percebemos que ocorre realmente a perda de atributos
28 morfológicos e ecossistêmicos quando o corte convencional é realizado, e que as áreas
29 manejadas e naturais apresentam grande parte da composição e variação dos atributos dentro
30 de um pool regional. Com a incorporação de corte convencional alguns atributos foram
31 favorecidos: presença de fragmentadores, escaladores, reptantes e organismos com lamelas
32 compostas e brânquias franjadas.

1 Apesar da retirada da vegetação ripária pelo corte convencional, houve o aumento de
2 organismos fragmentadores, que se alimentam de partículas de matéria orgânica “grossa”
3 (CPOM) maiores que 1.0mm (Cummins et al., 2005), indicando que aparentemente, a retirada
4 de madeira não está afetando a entrada de material alóctone grossamente particulado nos
5 igarapés. Porém, alguns estudos têm mostrado que existem mudanças no comportamento
6 alimentar desses organismos conforme as condições de habitat, em que fragmentadores podem
7 assumir um comportamento de coletor em resposta ao aumento velocidade da corrente,
8 restrições de energia para capturar CPOM e o aumento da disponibilidade de detrito fino
9 (Tomanová et al., 2006). Além disso, os fragmentadores têm mostrado plasticidade em seus
10 hábitos alimentares, sendo por vezes considerados como generalistas (e.g. Mihuc & Mihuc,
11 1995; Moretti et al., 2009; Callisto & Graça, 2013). Dessa forma, os fragmentadores presentes
12 nos igarapés convencionais estão provavelmente se alimentando de partículas de matéria
13 orgânica “fina” (FPOM), com diâmetro de 1mm a 50µm, como estratégia para adaptação e
14 sobrevivência (Ferreira et al., 2014).

15 A associação de reptantes e escaladores com o corte convencional está relacionada com
16 o fato desses igarapés apresentarem maior quantidade de piscinas residuais, ou seja, serem mais
17 lênticos. Locais com menor velocidade de água contribuem para o acúmulo de matéria orgânica
18 e sedimento fino no canal, locais onde esses organismos estão presentes, favorecendo dessa
19 forma a presença de reptantes e escaladores nos igarapés convencionais. Além disso, a grande
20 abundância dos gêneros *Farrodes*, *Ulmeritoides* e *Miroculis* nos igarapés contribuiu para a
21 grande porcentagem desses grupos funcionais em igarapés com corte convencional.

22 Já a associação de raspadores deve estar relacionada com a menor cobertura de dossel
23 em igarapés convencionais, que podem proporcionar maior produção autotrófica, e
24 consequentemente recursos para esse grupo funcional, que se alimenta de biofilme
25 (diatomáceas, outras algas e fungos) (Cummins & Klug, 1979; Williams & Feltmate, 1992).
26 Além disso, a presença de *Caenis* e *Brasilocaenis* quase exclusivamente em igarapés de corte
27 convencional podem ter influenciado este resultado (Francischetti et al., 2001). A estrutura das
28 brânquias com lamelas e com grande quantidade de filamentos são mais eficazes para
29 permanecer em locais menos oxigenados e muitas vezes com alteração ambiental, como os
30 igarapés de corte convencional (Da-silva et al., 2010), assim como os indivíduos com brânquia
31 opercular e com corpo esclerotizado habitam esses locais devido a proteção e maior resistência
32 à maior quantidade de sedimento ali encontrada.

1 Por outro lado, os igarapés de corte convencional perderam atributos ecossistêmicos
2 importantes, como por exemplo, o grupo funcional dos coletores e filtradores que são
3 responsáveis pela decomposição de detritos e se alimentam de partículas em suspensão,
4 respectivamente. A presença desses grupos funcionais em igarapés de referência e manejados
5 indica que o dossel mais denso nessas áreas fornece maior acúmulo de serapilheira no fundo
6 dos canais, favorecendo o hábito fossador. Indivíduos que possuem hábito nadador e agarrador,
7 e que possuem pêlos no filamento terminal, como a família Baetidae e alguns Leptophlebiidae,
8 possuem capacidades de locomoção e fixação às rochas e plantas mais eficazes que outros
9 organismos, além da maioria possuir um corpo hidrodinâmico próprio para a natação (Hanson
10 et al., 2010). Essa capacidade de locomoção melhor pode ocasionar a migração desses
11 organismos para locais com condições ecológicas mais favoráveis, respondendo à sua presença
12 em igarapés mais íntegros.

13 Sendo assim, apesar de não encontrarmos diferenças entre os componentes de
14 Diversidade funcional, conseguimos detectar um efeito negativo do corte convencional de
15 madeira através da diferenciação dos igarapés de corte convencional dos igarapés de corte
16 manejado e referência, que se apresentaram funcionalmente similares. O efeito do ambiente
17 sobre os atributos é importante para definir a identidade funcional das comunidades, ou seja,
18 como tais atributos se comportam em um gradiente ambiental (Welsus, 2009; Moillot et al.,
19 2013). Dessa maneira, essa identidade que é afetada a partir do impacto humano (Moillot et al.,
20 2013) revela como o corte convencional é prejudicial às funções que os atributos têm dentro do
21 ecossistema. A relação atributo-habitat gera uma informação importante para avaliar o modo
22 complexo de distribuição das espécies, e tal relação pode ser altamente perturbada por grandes
23 impactos como fogo e corte de madeira, como ocorre em comunidades de aves (Azeria et al.,
24 2011).

25 Os valores semelhantes na FDiv apontam que não ocorre diferenciação de nicho entre
26 os gêneros que ocorrem nos igarapés naturais e com diferentes tipos de corte (Mason et al.,
27 2003). Dessa maneira, essa competição balanceada entre os ambientes junto com a forte relação
28 entre atributos e variáveis ambientais sugerem que a distribuição desses gêneros ocorre por
29 meio da filtragem de atributos (Poff, 2006; Schamp & Aarsen, 2009), onde a perda de grande
30 parte dos atributos pode ser observada no corte convencional devido a alteração ambiental,
31 enquanto que áreas manejadas e naturais compartilham maior parte dos atributos avaliados.

1 Acreditamos que a inclusão de outros atributos funcionais que não foram medidos
2 poderia melhorar a caracterização da diversidade funcional do ambiente, já que a retirada de
3 vegetação pode afetar também atributos ligados à forma de oviposição, quantidade de gerações
4 por ano, capacidade de dispersão, comportamento à deriva, habilidade de voo, entre outros
5 (Dedieu et al., 2015). No entanto, o conhecimento limitado que temos sobre a biologia básica
6 da ordem acaba afetando nossa capacidade em conseguir mensurar essas métricas para inseri-
7 las no trabalho, por isso utilizamos a resolução de gênero, e isso pode ter criado resíduos nos
8 resultados, pois há uma gama de variações existentes entre as características e funções das
9 espécies dentro do mesmo gênero. Além disso, alguns atributos poderiam ser removidos, uma
10 vez que foram correlacionados, como por exemplo, os pêlos nos filamentos terminais, que estão
11 relacionados com o grupo funcional dos nadadores.

12 As variáveis ambientais que foram responsáveis por diferenciar os igarapés de corte
13 convencional dos manejados, foram o dossel sobre o canal, que é menor nos igarapés
14 convencionais, e o índice de proximidade de impacto humano e a condutividade que foram
15 maiores nesses mesmos pontos. Dessa forma, a alteração ambiental provocada pelo corte
16 convencional no ambiente provocou a perda de grupos funcionais importantes. Cada grupo
17 funcional possui um papel fundamental e diferente no ecossistema que é responsável pelo
18 fornecimento de recursos para outros grupos funcionais, o que os interligam (Mason, 2005;
19 Cummins et al., 2005). Portanto, quando há perda ou alteração nesses grupos alimentares toda
20 a dinâmica do ecossistema pode ser afetada, uma vez que afetar o recurso pode implicar
21 impactos em outros níveis da cadeia alimentar.

23 **5. CONCLUSÃO**

24 Através dos nossos resultados nós concluímos que apesar da Diversidade Funcional ter
25 sido similar entre igarapés conservados, de corte manejado e convencional, houve a perda de
26 traços importantes para o equilíbrio do ecossistema apenas para o corte convencional. Isso
27 indica que o corte manejado é eficiente na manutenção da funcionalidade do ecossistema
28 aquático. Além disso, os traços funcionais propostos foram eficientes para representar as
29 diferenças nas funcionalidades entre os igarapés conservados e manejados com os igarapés de
30 corte convencional, uma vez que a mudança na composição de traços está relacionada com o
31 exposto quanto à composição das comunidades de Ephemeroptera.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, J.D., Castillo, M.M., 2007. *Stream Ecology: structure and function of running waters*, second ed. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Amaral, P., Veríssimo, A., Barreto, P., Vidal E., 1998. *Floresta para Sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia*. Imazon, Belém.
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26, 32–46.
- Asner, G.P., Knapp, D.E., Broadbent, E.N., Oliveira, P.J., Keller, M., Silva, J.N., 2005. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science* 310, 480-482.
- Asner, G.P., Rudel, T.K., Aide, T.M., Defries, R., Emerson, R., 2009. A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conserv. Biol.* 23, 1386-1395.
- Azeria, E.T., et al., 2011. Differential response of bird functional traits to post-fire salvage logging in a boreal forest ecosystem. *Acta Oecol.* 37, 220–229
- Baptista, D.F., 2008. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Oecol. Brasiliensis* 12, 6.
- Barber-James, H., Gattolliat, J.L., Sartori, M., Hubbard, M. D., 2008. Global diversity of Mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia* 595, 339-350.
- Barrela, W., Petreire Jr., M., Smith, W.S., Montag, L.F., 2001. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In *Matas ciliares: conservação e recuperação* (R.R. Rodrigues & H.F. Leitão Filho, ed.). EDUSP, FAPESP, São Paulo 187-207
- Barreto, P., Amaral, P., Vidal, E., Uhl, C., 1998. Custos e benefícios do manejo florestal para produção de madeira na Amazônia Oriental. *Série Amazônia*, N° 10, Belém: Imazon.
- Benstead, J.P., Douglas, M.M., Pringle, C.M., 2003. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in eastern Madagascar. *Ecol. Appl.* 13, 1473-1490.
- Bispo, P.C., Oliveira, L.G., Bini, L.M., Sousa, K.G., 2006. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Braz. J Biol.* 66, 611-622.

- Burdett, A.S., Watts, R.J., 2009. Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia* 618, 161-173.
- Callisto, M., Esteves, F.A., 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago Amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural (Pará, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia* 8, 115-126.
- Callisto, M., Graça, M.A.S., 2013. The quality and availability of fine particulate organic matter for collector species in headwater streams. *Int. Rev. Hydrobiologia* 98, 132–140.
- Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M.D.C., Petrucio, M., 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia* 14, 91-98.
- Cassati, L., 2010. Alterações no código florestal brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. *Biota Neotrop.* 10, 31-34.
- Chappell, N.A., Tych, W., Yusop, Z., Rahim, N.A., Kasran, B., 2005. In *Forests, Water and People in the Humid Tropics*, M. Bonell, L. A. Bruijnzeel, Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005), 513–532.
- Chizinski, C. J., Vondracek, B., Blinn, C.R., Newman, R.M., Atuke, D.M., Fredricks, K., Schlessler, N., 2010. The influence of partial timber harvesting in riparian buffers on macroinvertebrate and fish communities in small streams in Minnesota, USA. *Forest Ecol. Manag.* 259, 1946-1958.
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A., Batalha, M.A., 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotrop.* 9, 93-103.
- Cortes, R.M.V., Hughes, S.J., Pereira, V.R., Varandas, S.D.G.P., 2013. Tools for bioindicator assessment in rivers: The importance of spatial scale, land use patterns and biotic integration. *Ecol. Indic.* 34, 460-477.
- Cummins, K.W., Merritt, R.W., Andrade, P.C.N., 2005. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna E.* 40, 71-90.

- Cummins, K.W., Klug, M.J., 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 147-172.
- D'Almeida, C., Vörösmarty, C.J., Hurtt, G.C., Marengo, J.A., Dingman, S.L., Keim, B. D., 2007. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: a review on scale and resolution. *Int. J. Climatol.* 27, 633-647.
- Da-Silva, E.R., Nessimian, J.L., Coelho, L.B.N., 2010. Leptophlebiidae ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil: hábitats, meso-hábitats e hábitos das ninfas (Insecta: Ephemeroptera). *Biota Neotrop.* 10, 87-94.
- Da-Silva, E.R., Salles, F.F., Baptista, M.D.S., 2002. As brânquias dos gêneros de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotrop.* 2, 1-4.
- Dedieu, N., Rhone, M., Vigouroux, R., Céréghino, R., 2015. Assessing the impact of gold mining in headwater streams of Eastern Amazonia using Ephemeroptera assemblages and biological traits. *Ecol. Indic.* 52, 332-340.
- Diaz, S., Cabido, M., 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16, 646–655.
- Dodds, W.K., 2002. *Freshwater Ecology: concepts and environmental applications.* Aquatic Ecology Series, San Diego, Academic.
- Dolédec, S., Chessel, D., Ter Braak, C.J.F., Champely, S., 1996. Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics* 3, 143–166.
- Dominguez, E., Molineri, C., Pescador, M.L., Hubbard, M.D., Nieto, C., 2006. *Ephemeroptera of South America.* Pensoft Publishers.
- Ernst, R., Linsenmair, K.E., Rodel, M.O., 2006. Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. *Biol. Conserv.* 133, 143-155.
- Ferreira, W.R., Ligeiro, R., Macedo, D.R., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R., Oliveira, L.G., Callisto, M., 2015. Is the diet of a typical shredder related to the physical habitat of headwater streams in the Brazilian Cerrado?. *Int. J. Lim.* 51: 1-13.

- Francischetti, C., Da-Silva, E.R., Salles, F.F., 2001. A alimentação de ninfas de *Caenis cuniana* FROEHLICH, 1969 (Ephemeroptera, Caenidae) em um brejo temporario da restinga de Maricá, Estado do Rio de Janeiro. *Bol. Mus. Nac., NS, Zool* 446, 1-6.
- Gama, J.R.V., Bentes-Gama, M.M., Scolforo, J.R.S., 2005. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. *R. Árvore, Viçosa-MG* 29, 719-729.
- Gaston, K.J., Charman, K., Jackson, S.F., Armsworth, P.R., Bonn, A., Briers, R.A., Callaghan, C.S.Q., Catchpole, R., Hopkins, J., Kunin, W.E., Latham, J., Opdam, P., Stoneman, R., Stroud, D.A, Tratt, R., 2006. The ecological effectiveness of protected areas: The United Kingdom. *Biol. Conserv.* 132, 76-87.
- Gayraud, S., Statzner, B., Bady, P., Haybachp, A., Schöll, F., Usseglio-Polatera, P., Bacchi, M., 2003. Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics. *Freshwater Biol.* 48, 2045–2064.
- Gibson, L., et al., 2011. "Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity." *Nature* 478, 378-381.
- Greenwood, P., Kuhn, N.J., 2015. Earth Surface Exchanges (ESEX) Commentary on ‘Plants as river system engineers’ by A. Gurnell. *Earth Surface Processes and Landforms* 39: 4–25, 2014. DOI 10.1002/esp. 3397.
- Hanson, P., Springer, M., Ramirez, A., 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop.* 58, 3-37.
- Hirai, E.H., Carvalho, J.O.P., Pinheiro, K.A.O., 2008. Estrutura d população de *Maçaranduba* (*Manilkara huberi* Standley) em 84 ha de floresta natural na fazenda Rio Capim, Paragominas, PA. *Revista de Ciências Agrárias* 49, 65-76.
- Kaufmann, P.R., Levine, p., Peck, D.V., Robison, E.G., Seeliger, C., 1999. Quantifying physical habitat in wadeable streams. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Laurance, W.F., Vasconcelos, H.L., 2009. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Australis* 13, 434-451.
- Leal, J.J.F., dos Santos Furtado, A.L., de Assis Esteves, F., Bozelli, R.L., Figueiredo-Barros, M.P., 2007. The role of *Campsurus notatus* (Ephemeroptera: Polymitarctidae)

- bioturbation and sediment quality on potential gas fluxes in a tropical lake. *Hydrobiologia* 586, 143-154.
- Marengo, J.A., 2004. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon Basin. *Theor. Appl. Climatol.* 78, 79–96.
- Mason, N.W.H., MacGillivray, K., Steel, J.B., Wilson, J.B., 2003. An index of functional diversity. *J. Veg. Sci.* 14, 571–578.
- Mason, N.W., Mouillot, D., Lee, W.G., Wilson, J.B., 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111, 112-118.
- Mihuc, T.B., Mihuc, J.R., 1995. Trophic ecology of five shredders in a rocky mountain stream. *J. Freshwat. Ecol.* 10, 209–216.
- Minatti-Ferreira, D.D., Beaumord, A.C., 2006. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos. *Health and Environmental Journal* 7, 39-47.
- Monteiro-Jr., C.S., Couceiro, S.R.M., Hamada, N., Juen, L., 2013. Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *Int. J. Odonatol.* 16, 135-144.
- Moretti, M.S., Loyola, R.D., Becker, B., Callisto, M., 2009. Leaf abundance and phenolic concentrations codetermine the selection of case-building materials by *Phylloicus* sp. (Trichoptera, Calamoceratidae). *Hydrobiologia* 630, 199–206.
- Mouillot, D., Graham, N.A., Villéger, S., Mason, N.W., Bellwood, D.R., 2013. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends Ecology Evol.* 28, 167-177.
- Nepstad, D., et al. 1999. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature* 398, 505–508.
- Pavoine, S., Vallet, J., Dufour, A.B., Gachet, S., Daniel, H., 2009. On the challenge of treating various types of variables: application for improving the measurement of functional diversity. *Oikos* 118, 391–402

- Petchey, O.L., Gaston, K.J., 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Letters* 9, 741-758.
- Petchey, O.L., Hector, A., Gaston, K.J., 2004. How Do Different Measures Of Functional Diversity Perform?. *Ecology* 85, 847-857.
- Poff, N.L., Olden, J.D., Vieira, N.K., Finn, D.S., Simmons, M.P., Kondratieff, B.C., 2006. Functional trait niches of North American lotic insects: traits-based ecological applications in light of phylogenetic relationships. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 25, 730-755.
- Poff, N.L., Ward, J.V., 1990. Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity. *Environ. Manage.* 14, 629-645.
- Polegatto, C. M., Froehlich, C.P., 2003. Feeding strategies in Atalophlebiinae (Ephemeroptera: Leptophlebiidae), with considerations on scraping and filtering, in: Gaino, E. (ed.), *Research Update on Ephemeroptera & Plecoptera*. University of Perugia pp.55-61.
- Pringle, C.M., Benstead, J.P., 2001. The effects of logging on tropical river ecosystems, in: Fimbel, R.A., Grajal, A., Robinson, J.G. (Eds.), *The Cutting Edge: Conserving Wildlife in Logged Tropical forests*. Columbia University Press, New York, NY, pp. 305–325.
- R Core Team., 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Resh, V.H., 2008. Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138, 131-138.
- Ricotta, C., 2005. A note on functional diversity measures. *Basic. Appl. Ecol.* 6, 479-486.
- Rodrigues, A.S.L., 2008. Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres do cerrado. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.
- Schamp, B.S., Aarssen, L.W., 2009. The assembly of forest communities according to maximum species height along resource and disturbance gradients. *Oikos* 118, 564-572.

- Shimano, Y., Cabette, H.S.R., Salles, F.F., Juen, L., 2010. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia Série Zoologia* 100, 301-308.
- Shimano, Y., Salles, F.F., Faria, L.R., Cabette, H.S., Nogueira, D.S., 2012. Distribuição espacial das guildas tróficas e estruturação da comunidade de Ephemeroptera (Insecta) em córregos do Cerrado de Mato Grosso, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, 102, 187-196.
- Silveira, M.P., Buss, D.F., Nessimian, J.L., Baptista, D.F., 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates in a southeastern Brazilian river. *Braz. J. Biol.* 66, 623-632.
- Silveira, M.P., Queiroz, J.F.D., Boeira, R.C., 2004. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Embrapa, São Paulo ISSN 1516-8638
- Southwood, T.R.E., 1977. Habitat, the templet for ecological strategies?, *J. Anim. Ecol.* 46, 337-365.
- Southwood, T.R.E., 1988. Tactics, strategies and templates. *Oikos* 52, 3-18.
- Souza, H.M., Cabette, H.S.R., Juen, L., 2011. Baetidae (Insecta, Ephemeroptera) em córregos do cerrado matogrossense sob diferentes níveis de preservação ambiental. *Iheringia Série Zoologia* 101, 181-190.
- Statzner, B., Dolédec, S., Hugueny, B., 2004. Biological trait composition of European stream invertebrate communities: assessing the effects of various trait filter types. *Ecography* 27, 470–488.
- SUDAM., 1993. Plano de Desenvolvimento da Amazônia 1994/1997. Sudam. Belém.
- Tilman, D., 2001. Functional diversity. *Encyclopedia of biodiversity* 3, 109-120.
- Tomanova, S., Goitia, E., Helesic, J., 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* 556, 251–264.
- Uhl, C., Barreto, P., Veríssimo, A., Barros, A.C., Amaral, P., Vidal, E., Souza, Jr.C., 2002. Uma Abordagem Integrada de Pesquisa sobre o Manejo dos Recursos Naturais na Amazônia,

- in A. C. Barros & A. Veríssimo (eds), *A Expansão Madeireira na Amazônia: Impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará Imazon*, Belém, pp. 143-166.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., Cushing, C.E., 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 130-137.
- Villéger, S., Mason, N.W., Mouillot, D., 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* 89, 2290-2301.
- Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E., 2007. Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116, 882-892.
- Waltz, R.D., Burian, S.K., 2008. Ephemeroptera, in: Merritt, R.W., Cummins, K.W., Berg, M.B. (Eds), *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, pp. 181–236.
- Wesuls, D. et al., 2012. Disentangling plant trait responses to livestock grazing from spatio-temporal variation: the partial RLQ approach. *J. Veg. Sci.* 23, 98–113.
- Williams, D.D., Feltmate, B.W., 1992. *Aquatic insects*. CAB international.
- Will, K.W., Resh, V.H., 2008. Phylogenetic relationships and evolutionary adaptations of aquatic insects. ed. by R.W. Merritt, K.W. Cummins, and M.B. Berg, pp. 139–156. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque.
- Yoshimura, M., 2012. Effects of forest disturbances on aquatic insect assemblages. *Entomol. Sci.* 15, 145-154.

CONCLUSÃO GERAL

Apesar de ser determinado por lei que as florestas primitivas de terra-firme da Amazônia só podem ser exploradas a partir de um plano técnico de manejo, grande parte do desmatamento no bioma é oriundo da atividade de exploração madeireira ilegal, sem planejamento. Neste trabalho comprovamos através do estudo de igarapés amazônicos, que o corte de madeira convencional altera a qualidade ambiental, modificando o hábitat físico, pois diminui a cobertura de dossel e a quantidade de abrigos, e modificando os parâmetros físico-químicos da água, aumentando a condutividade e diminuindo o pH e o oxigênio dissolvido.

Essas alterações ambientais afetaram as comunidades de ninfas de Ephemeroptera alterando sua abundância, composição e traços funcionais. Os igarapés que sofreram corte convencional foram mais homogêneos, uma vez que ocorreu a substituição de espécies especialistas por espécies generalistas que possuem maior amplitude de nicho, e os igarapés que sofreram corte de madeira manejada mantiveram sua abundância e composição similares aos igarapés conservados. Além disso, houve a perda de traços ecossistêmicos e morfofisiológicos de Ephemeroptera somente nos igarapés de corte convencional, o que indica a perda de algumas funções importantes para a qualidade do ecossistema nesses pontos.

Assim, concluímos que o corte de madeira de impacto reduzido, é uma alternativa eficaz e viável para a exploração de madeira, pois mantiveram o ambiente e os atributos das comunidades de efemerópteros similares aos igarapés de referência, e que as medidas ecológicas de abundância, riqueza, composição e diversidade funcional foram relevantes para avaliar o impacto.

MATERIAL SUPLEMENTAR I

Gêneros	Hábitat			Grupo Funcional						Hábito			
	lentico	lotico	lent lot	coletores	catadores	raspadores	filtradores	fragmentadores	reptante	nadador	escalador	agarrador	fossador
<i>Amanahyphes</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aturbina</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Brasilocaenis</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Caenis</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Callibaetis</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Callibetoides</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Campsurus</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Campylocia</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Cloeodes</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Coryphorus</i>	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Farrodes</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Hagenulopsis</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hydrosmilodon</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Microphlebia</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Miroculis</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
<i>Simothraulopsis</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Tricorythopsis</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Ulmeritoides</i>	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>Waltizoyphius</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Zelusia</i>	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0

APÊNDICE I

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA HYDROBIOLOGIA

Instructions For Authors

GENERAL

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test–objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

LANGUAGE

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

EDITORIAL POLICY

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English–speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor–in–chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

CATEGORIES OF CONTRIBUTIONS

There are four categories of contributions to Hydrobiologia:

1. Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers **MUST** be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.
2. Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.
3. Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.
4. Special section papers. Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

1. The title page should include:
2. The name(s) of the author(s)

3. A concise and informative title
4. The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
5. The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

1. Please provide an abstract of 150 to 200 words. Abstracts longer than 200 words cannot be uploaded. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

2. Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

1. Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
2. Use italics for emphasis.
3. Use the automatic page numbering function to number the pages.
4. Do not use field functions.
5. Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
6. Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
7. Use the equation editor or MathType for equations.
8. Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

1. LaTeX macro package (zip, 182 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

SCIENTIFIC STYLE

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable. Genus and species names should be in italics.

REFERENCES

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

2. Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.
3. Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.
4. Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.
5. Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

TABLES

1. All tables are to be numbered using Arabic numerals.
2. Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

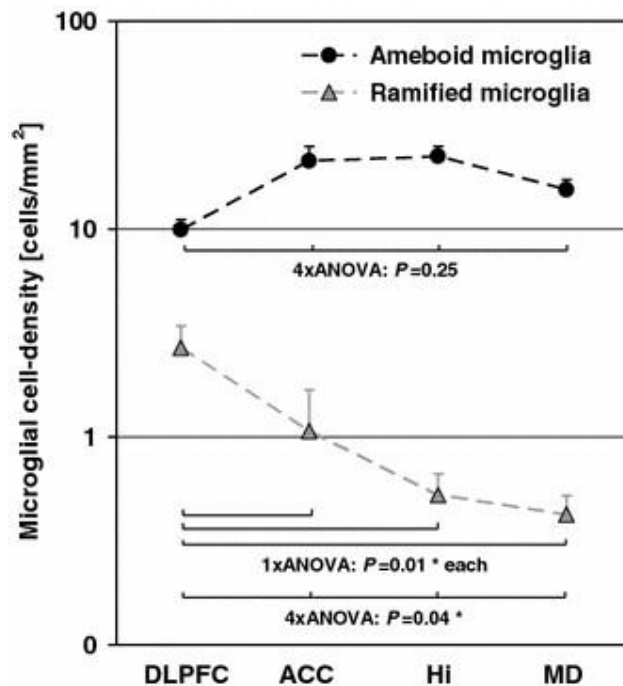
3. For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
4. Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
5. Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

Electronic Figure Submission

1. Supply all figures electronically.
2. Indicate what graphics program was used to create the artwork.
3. For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
4. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
5. Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

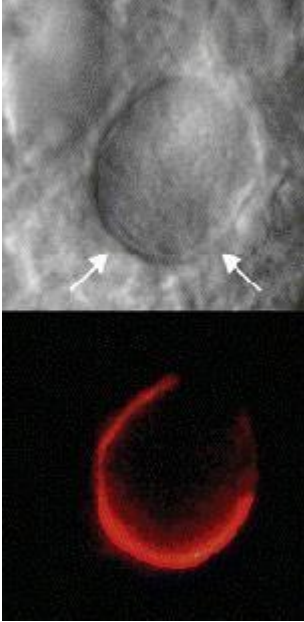
Line Art



1. Definition: Black and white graphic with no shading.
2. Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
3. All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

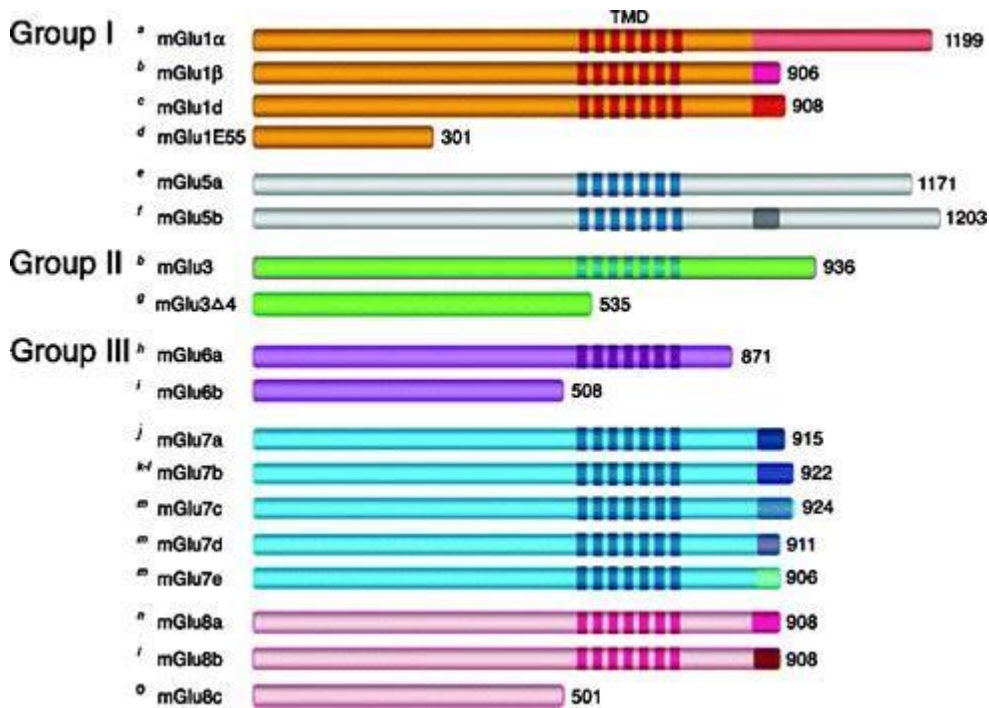
4. Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
5. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



1. Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
2. If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
3. Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



1. Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
2. Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

1. Color art is free of charge for online publication.
2. If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
3. If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
4. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

1. To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
2. Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
3. Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
4. Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
5. Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

1. All figures are to be numbered using Arabic numerals.
2. Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
3. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
4. If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,
5. "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

1. Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
2. Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
3. No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
4. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
5. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

1. When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
2. For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
3. For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

1. All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)

2. Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
3. Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

1. Supply all supplementary material in standard file formats.
2. Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
3. To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

1. Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

2. Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
3. A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

1. Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
2. If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

1. Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook) and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

2. It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

3. If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.

4. Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
5. Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

1. For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

2. Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

3. The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
4. Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice and offprints.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer’s online platform SpringerLink.

Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License..

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Publication of color illustrations is free of charge.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.

The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).

A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).

No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions

No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.

Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.

In addition:

Changes of authorship or in the order of authors are not accepted after acceptance of a manuscript.

Requesting to add or delete authors at revision stage, proof stage, or after publication is a serious matter and may be considered when justifiably warranted. Justification for changes in authorship must be compelling and may be considered only after receipt of written approval from all authors and a convincing, detailed explanation about the role/deletion of the new/deleted author. In case of changes at revision stage, a letter must accompany the revised manuscript. In case of changes after acceptance or publication, the request and documentation must be sent via the Publisher to the Editor-in-Chief. In all cases, further documentation may be required to support your request. The decision on accepting the change rests with the Editor-in-Chief of the journal and may be turned down. Therefore authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.

If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note.

The author's institution may be informed.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" before the References when submitting a paper:

1. Disclosure of potential conflicts of interest

2. Research involving Human Participants and/or Animals
3. Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the Instructions for Authors carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests that are directly or indirectly related to the research may include but are not limited to the following:

1. Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
2. Honoraria for speaking at symposia
3. Financial support for attending symposia
4. Financial support for educational programs
5. Employment or consultation
6. Support from a project sponsor
7. Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
8. Multiple affiliations
9. Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
10. Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
11. Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

here:

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

DOES SPRINGER PROVIDE ENGLISH LANGUAGE SUPPORT?

Manuscripts that are accepted for publication will be checked by our copyeditors for spelling and formal style. This may not be sufficient if English is not your native language and substantial editing would be required. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission. A clear and concise language will help editors and reviewers concentrate on the scientific content of your paper and thus smooth the peer review process.

The following editing service provides language editing for scientific articles in all areas
Springer

APÊNDICE II

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA ECOLOGICAL INDICATORS

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or

some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Language

Authors whose native language is not English are advised to seek the help of an English-speaking colleague, if possible, before submitting their manuscripts.

Use of word processing software

Please use correct, continuous line numbering and page numbering throughout the document.

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text

graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should be not longer than 400 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text.

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to word processing packages which are available from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template

when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary material

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white

- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For reproduction in black-and-white, please supply black-and-white versions of the figures for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.