



Foto: Pedro Gerhard

COMUNICADO
TÉCNICO

57

Jaguariúna, SP
Outubro, 2018

Embrapa

Chironomidae da Amazonia Oriental:

resposta da funcionalidade
alimentar aos diferentes usos/
cobertura do solo

Kathia Cristhina Sonoda
Josinete Sampaio Monteles
Anderson Ferreira
Pedro Gerhard

Chironomidae da Amazonia Oriental: resposta da funcionalidade alimentar aos diferentes usos/cobertura do solo¹

¹ Kathia Cristhina Sonoda, Bióloga, doutora em Ecologia de Agroecossistemas, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Josinete Sampaio Monteles, Oceanógrafa, mestre em Ciências Ambientais, autônoma.

Anderson Ferreira, Biólogo, doutor em Ecologia Aplicada, professor adjunto na Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

Pedro Gerhard, Biólogo, doutor em Ecologia de Agroecossistemas, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP.

Introdução

Chironomidae é a família de macroinvertebrados mais abundante nos ecossistemas aquáticos de todo o mundo (Ferrington, 2008), onde exerce importante papel ecológico, como fonte de alimento (presa) e regulador de outras populações (predador), auxiliando na conversão e disponibilização de matéria orgânica em proteína animal (Armitage, 1995; Maasri et al., 2008). Além disso, devido à presença de gêneros sensíveis e resistentes às alterações ambientais são bons indicadores de qualidade ambiental (Saito; Fonseca-Gessner, 2014).

Os primeiros estudos sobre Chironomidae na Amazônia ocorreram no início do século XX, com Emílio Goeldi (Fittkau, 2001). Mais de 50 anos se passaram até ocorrerem novas incursões pela floresta amazônica, resultando na descrição de várias espécies da região (Roback, 1958, 1960,

1962, 1963, 1966; Fittkau, 1963, 1965, 1968a, 1968b, 1968c, 1969). Mais recentemente, a maioria dos estudos na Amazônia brasileira foi desenvolvida na sua área mais central, abrangendo diversos temas como taxonomia, ecologia e monitoramento ambiental (Couceiro et al., 2012; Hamada et al., 2014; Lacerda et al., 2014; Dantas et al., 2016). Já na porção sudoeste amazônica (estado do Acre), o primeiro levantamento de Chironomidae foi realizado por Vieira et al. (2012), onde registrou-se 18 morfoespécies. Apesar de sua ampla distribuição e abundância apresentamos o primeiro estudo sobre Chironomidae da Amazônia Oriental.

As publicações referentes aos insetos aquáticos na Amazônia Oriental focaram principalmente na análise de impactos antropogênicos, como plantações de palma para óleo (Cunha; Juen, 2017; Paiva et al., 2017), ou indicadores ambientais (Brito et al., 2018). Se há uma falha na informação

sobre a estrutura da comunidade de quironomídeos na Amazônia Oriental brasileira, há uma falha ainda maior sobre o conhecimento acerca do comportamento/categoria alimentar, seus requisitos e respostas às mudanças ambientais. Alguns autores registraram pequena participação de fragmentadores em córregos neotropicais no bioma Cerrado, que possui características muito diferentes da Floresta Amazônia (Gonçalves Junior et al., 2007) com maior participação de Chironomidae e Ephemeroptera na decomposição (Gonçalves Junior et al., 2006). Ao contrário desses estudos, um trabalho conduzido no ecótono Amazônia-Cerrado (Sonoda, 2010), apresentou elevada participação desta guilda, possivelmente devido ao método de coleta seletivo utilizado por Gonçalves Junior et al. (2007). A presença de fragmentadores é uma relevante forma de avaliar o ambiente, já que os mesmos estão associados à presença de vegetação alóctone, indicando um local com elevado grau de conservação da mata ciliar. A importância de analisar a funcionalidade é suportada por alguns autores (Cummins et al., 2005) devido à capacidade dos animais em lidar com problemas e oportunidades ambientais (Verberk et al., 2013).

A Amazônia é a maior floresta do mundo e sofre grande pressão de desmatamento pela agricultura. Esta mudança demanda grande responsabilidade já que a restauração ao nível pré-desmatamento de um

ecossistema intacto é um grande desafio (Lester; Boulton, 2008). O manejo do solo é um processo delicado já que a retirada de 20% da Amazônia brasileira poderá acarretar um grande impacto na umidade local, transformando a floresta em um ambiente seco. Poderá, também, impactar drasticamente na pluviosidade da Bacia do Rio da Prata (Zemp et al., 2017), que por fim afetará sobremaneira a produção agrícola da região que abrange o Brasil, Uruguai, Argentina e Paraguai.

Baseado neste conhecimento, o entendimento do impacto do uso e cobertura do solo sobre os insetos aquáticos é uma etapa fundamental para projetos de restauração, cuja importância, muitas vezes, é negligenciada e mal interpretada por tomadores de decisão e também por pesquisadores que entendem que estudos dessa natureza dispendem recursos financeiros e pessoal, sem perspectiva de aplicações práticas. Mesmo assim, é amplamente reconhecido que o biomonitoramento aquático é um campo científico capaz de refletir em tempo real a qualidade do sistema estudado e teve um forte desenvolvimento mundial nas últimas décadas (Bolpagni et al., 2017).

Visando aumentar o conhecimento do papel do impacto da cobertura e uso do solo para o estabelecimento de uma agricultura mais sustentável na Amazônia, foram apresentados os resultados referentes às amostragens de Chironomidae em 10 igarapés

na região nordeste do Pará, onde verificou-se a composição dos grupos tróficos de Chironomidae em igarapés com diferentes usos/cobertura do solo, agrupando-os em três categorias: Floresta, Capoeira e Agricultura. O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização da funcionalidade alimentar como ferramenta para mostrar a importância da cobertura e uso do solo nos ecossistemas aquáticos.

Metodologia

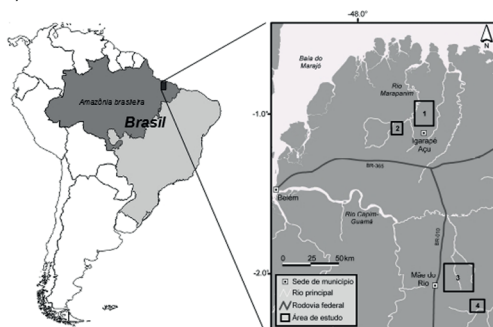
Área de estudo

O estudo foi conduzido na região nordeste do estado do Pará. Esta região cobre mais de 50.000km² a leste da bacia dos rios Araguaia-Tocantins. Estas terras baixas ao norte são drenadas pelos rios Acará-Moju, Capim-Guamá e vários rios atlânticos menores que drenam a Amazônia brasileira (Figura 1A). O clima na área de estudo é tropical variando de *Am* (monção) a

Af (equatorial) segundo a classificação de Köppen-Geiger. A temperatura média no verão (julho) é de 32,2°C e no inverno (janeiro), 21,7°C, enquanto que a precipitação média anual varia entre 2.302,5 a 2.857,4 mm (Pachêco; Bastos, 2011). A vegetação nativa é composta por floresta úmida aluvial densa e floresta úmida de terras baixas (IBGE, 2008). A cobertura do solo é um mosaico composto principalmente por capoeira em diversos estágios de vegetação nativa, pastagem, campos de pequenas culturas agrícolas e remanescentes florestais (Watrin et al., 2009).

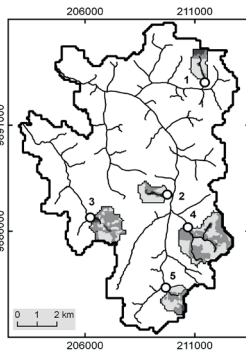
Quatro áreas de amostragem foram selecionadas para este estudo (Figura 1B), duas (1 e 2) localizadas na bacia do Rio Marapanim, as outras duas (3 e 4) na bacia do Rio Capim-Guamá. Os delineamentos das microbacias foram realizados em um Sistema de Informações Geográficas dedicado ao projeto Gestabacias. Locais de coleta e características das microbacias são apresentados na Tabela 1.

A)

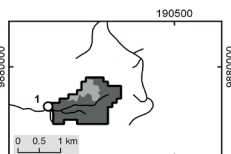


B)

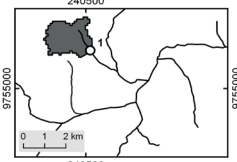
Área 1
 1 - Haras
 2 - Pardal
 3 - Buluna
 4 - Toné
 5 - Timboteua



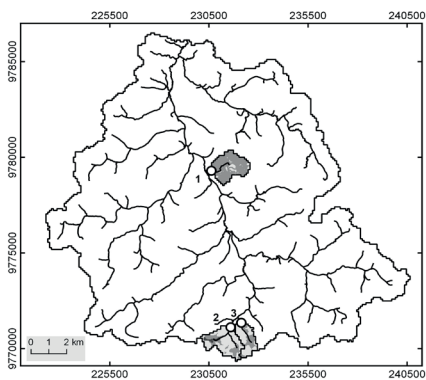
Área 2
 1 - Uromã



Área 4
 1 - Água Fria



Área 3
 1 - Malva
 2 - Muquém
 3 - Areia



Legenda:

- Ponto de amostragem / Trecho de canal
- Canal fluvial
- Limite de bacia / microbacia

Uso e cobertura da terra:

- Agricultura
- Capoeira
- Floresta

Figura 1. Localização da área de estudo (retângulo) na América do Sul, Brasil e Amazônia brasileira (A), detalhe da área de estudo mostrando as áreas de coleta (B).

Tabela 1. Locais de amostragem e características das microbacias da Amazônia Oriental. Coordenadas em UTM, datum WGS84, zona 23S. DCs = Cobertura dominante na escala local (a - Agricultura, c - Capoeira, f - Floresta); HS = ordem do córrego segundo Horton-Strahler; MW = largura média do canal (cm); MD = profundidade média do canal (cm); CD = vazão do canal (m³.s⁻¹); DA = área de drenagem (ha).

Córrego	Latitude	Longitude	DCS	HS	MW	MD	CD	DA
Muquém	231,584	9,771,106	a	2	205.0	63.0	0.076	222.1
Areia	232,110	9,771,330	a	1	272.5	20.0	0.029	130.7
Haras	211,447	9,893,014	c	1	150.0	20.0	0.029	119.0
Pardal	209,695	9,887,742	f	2	182.5	19.0	0.030	118.5
Tomé	210,773	9,886,056	a	2	257.5	37.0	0.129	419.5
Buiuna	206,194	9,886,658	f	2	290.0	35.0	0.045	220.0
Timboteua	209,683	9,883,338	f	1	180.0	43.5	0.048	138.7
Malva	230,624	9,779,294	c	1	140.0	13.0	0.001	220.2
Água Fria	240,666	9,756,702	f	2	202.5	18.0	0.008	255.7
Uromã	187,829	9,879,133	f	2	185.0	18.5	0.033	100.0

As áreas de amostragem foram segmentadas para delineamento dos limites das microbacias a partir de um modelo de elevação digital de 90-m (NASA/JPL SRTM versão 4, CGIAR/ Jarvis et al., 2008) utilizando o complemento AVSWAT2000 (Di Luzio et al., 2002) no software ArcView 3.3 (Esri, 1992). O procedimento resultou em um grupo de microbacias potenciais para estudo, com área variando entre 100 e 1.000 hectares, correspondendo aproximadamente a igarapés de ordem 1 a 3 pelo sistema de ordenação de Horton-Strahler. Em seguida, cada uma dessas microbacias foi classificada de acordo com seu uso da terra predominante, baseado em uma cena do satélite Landsat, sensor TM, do ano 2008.

Coleta e análise dos dados

As coletas foram realizadas uma única vez entre julho a outubro de 2010, durante a estação seca. Métodos amostrais foram adaptados de Hauer e Lamberti (2002) e Gordon et al. (2004). Para aumentar a eficiência amostral, foram utilizados os amostradores Surber e Rede de Mão, analisados em conjunto. As larvas foram identificadas até gênero de acordo com Trivinho-Strixino (2011). As categorias alimentares foram estabelecidas com base em Galizzi et al. (2012), Silva et al. (2008) e Sonoda et al. (2009).

Análise de uso e cobertura da terra

Para avaliação das escalas de microbacia e zona ripária, dados de uso e cobertura do solo foram extraídos de uma interpretação visual de imagens do satélite ALOS, sensor Prism, do ano 2009. O mapa final de uso e cobertura do solo apresentou três categorias principais: (1) fragmentos de florestas e várzeas com vegetação pouco antropizada, (2) florestas secundárias (capoeira em estádios variados de regeneração), (3) áreas de agricultura (solo exposto, cultivos anuais, pastos manejados e não manejados). Essas categorias foram denominadas como Floresta, Capoeira e Agricultura (Tabela 1). As análises sobre os dados de uso e cobertura do solo foram baseadas nessas três categorias.

Análise dos dados

Diferenças nas assembleias foram comparadas pela ANOVA usando distância de matrizes com 9.999 permutações. Em seguida, utilizou-se escalonamento não métrico multidimensional (NMDS). O teste de Kruskal-Wallis foi empregado para comparar as medianas das abundâncias de fragmentadores entre igarapés/usos e cobertura. Os dados de abundância para as diferentes categorias funcionais foram log-transformados.

Resultados

Grupos tróficos de Chironomidae

Foram amostrados 20.884 indivíduos nos 10 igarapés, compreendendo 64 gêneros. A maioria pertence à subfamília Chironominae (37 gêneros). Na região Neotropical, em geral, é comum que a subfamília Chironominae seja a mais representativa (Spies; Reiss, 1996; Panatta et al., 2006; Floss et al., 2012; Pinha et al., 2013). Este padrão de distribuição foi encontrado nas três categorias de uso/cobertura do solo. A maior riqueza foi registrada na categoria Agricultura (58 gêneros), o qual também apresentou a maior abundância de indivíduos (66,3%). Nos igarapés pertencentes à categoria Floresta, os coletores foram os mais abundantes numericamente (50,3%), seguidos pelos filtradores (38,7%), predadores (6,6%) e fragmentadores (4,2%). Na categoria Capoeira, os filtradores (61,1%) e coletores (27,9%) dominaram, seguidos pelos predadores (7,7%) e fragmentadores (3,3%). Na categoria Agricultura, filtradores, predadores e coletores apresentaram abundâncias próximas (34,9%, 32,4% e 32,2%, respectivamente). Fragmentadores estiveram em uma fração menor (0,4%). Em Floresta e Agricultura, raspadores apresentaram participações inferiores a 0,2% e foram ausentes em Capoeira.

As análises betadisper e permutest apontaram diferenças significantes na homogeneidade de dispersão multivariada ($F = 5,400$, $p = 0,034$). Comparações pareadas mostraram diferenças significativas somente entre Agricultura e Floresta ($p = 0,027$). O NMDS revelou boa explicação para a dimensão 2 (Medida de stress 0,02739), com clara segregação dos córregos das três categorias de uso da terra (Figura 2). A configuração da Figura 2 permitiu agrupar somente três dos cinco córregos de floresta. Os valores dos dez córregos foram comparados entre as categorias de usos da terra pelo teste de Kruskal-Wallis, com diferenças significantes ($H = 7,6364$, $p = 0,02197$, 2 dl). Em seguida, diferenças entre FFG foram apontadas somente para fragmentadores ($H = 6,9091$, $p = 0,0316$). O teste de Wilcoxon indicou significância somente para a comparação entre Agricultura e Floresta ($p = 0,036$).

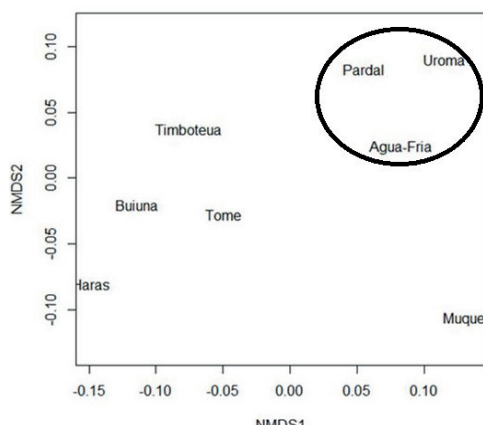


Figura 2. NMDS baseado em dados de categorias alimentares, córregos de floresta delimitados por círculo (Exceto Timboteua e Buiuna).

Discussão

Neste estudo avaliou-se pela primeira vez, as consequências de diferentes usos/coberturas do solo nas assembleias de Chironomidae de igarapés da Amazônia Oriental. Os resultados deste estudo mostraram uma estreita influência do desmatamento ripário sobre a comunidade de Chironomidae, corroborando outros estudos onde foram reportados efeitos negativos de sistemas agrícolas na degradação dos córregos (Leal et al., 2016; Faria et al., 2017), em que foi relatada a mudança na importância de quironomídeos na comunidade, com aumento nas áreas agrícolas (Corbi; Trivinho-Strixino, 2008; Sonoda et al., 2009; Corbi et al., 2013; Suga; Tanaka, 2013; Suriano; Fonseca-Gessner, 2013). Outros estudos confirmam o impacto da degradação do uso/cobertura do solo sobre a biota aquática em todo o mundo (Matthaei et al., 2006; Sonoda et al., 2011; Nagy, 2015; Rubiana et al., 2015). No entanto, esse impacto negativo da degradação do uso/cobertura do solo sobre os macroinvertebrados é muito mais pronunciado em casos de maior severidade desta degradação, aqueles sob moderado ou baixo grau de alteração não são suficientes para alterar a comunidade (Gerth et al., 2017).

Para o direcionamento de estratégias de manejo visando a conservação do bioma aquático mediante a exploração do solo, é interessante notar a influência dos graus de mudanças

no desenvolvimento das bacias hidrográficas (Faria et al., 2017) e também no tipo de manejo da pastagem, em que aquelas sob regime de rotação são associadas à maior estabilidade das margens de córregos, maior qualidade de habitat aquático, menor compactação do solo e maiores partículas no fundo do córrego (Raymond; Vondracek, 2011).

Um fator importante de impacto da agricultura sobre as comunidades de macroinvertebrados aquáticos é a adição de sedimento (Matthaei et al., 2010), mais pronunciada em córregos de pastagem que nos florestados (Somura et al., 2012), e que promove significativa diminuição na abundância de fragmentadores (Magierowski et al., 2015), tendo sido este observado neste estudo.

Os resultados deste trabalho podem auxiliar em um manejo mais sustentável do desenvolvimento agrícola e na mudança no uso do solo. Como esperado, córregos de floresta mostraram uma comunidade mais estável, com maior participação de filtradores e coletores (Kaboré et al., 2016), enquanto que as comunidades aquáticas em áreas com agricultura foram marcadas por predadores.

Fragmentadores são relacionados à disposição de matéria orgânica e, neste estudo, mostraram a significativa presença em córregos florestados. Muitos estudos em todo o mundo referem-se à diminuição de fragmentadores em córregos agrícolas em comparação aos de floresta (Death et al., 2009; Astudillo

et al., 2016), comparando as proporções das guildas nos córregos (Danger; Robson, 2004; Couceiro et al., 2011; Kohlmann et al., 2015).

Conclusão

Este estudo demonstrou que a funcionalidade alimentar responde aos impactos do uso e cobertura do solo no ambiente aquático e que a informação dos grupos alimentares funcionais da assembleia de Chironomidae pode servir como indicador a estas alterações ambientais. O biomonitoramento pode ser utilizado no manejo sustentável do solo da Amazônia Oriental, importante para a manutenção da floresta localmente e em macroescala, já que a redução na pluviosidade na bacia do Rio da Prata, causada pelo desmatamento da floresta Amazônica, afetará de forma significativa na produção agrícola de quatro países da América do Sul que possuem fronteira com o Brasil, incluindo o Brasil (Zemp et al., 2017).

Agradecimentos

O estudo faz parte do projeto Gestabacias que foi financiado pela Embrapa (#02.07.06.017.00), CNPq (#574.648/2008-9) e FAPESPA (#060/2008). O trabalho de campo foi auxiliado pelo MSc. Gabriel Lourenço Brejão. Os três revisores anônimos enriqueceram o texto final.

Referências

- ARMITAGE, P. D. Chironomidae as food. P. 423–435, Chapter 17. In: P. D. Armitage, P. D.; Cranston, P. S.; Pinder, L. V. C. (Ed.). **The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges**. London: Chapman and Hall, 1995. p. 423-435.
- ASTUDILLO, M. R.; NOVELO-GUTIÉRREZ, R.; VÁSQUEZ, G.; GARCÍA-FRANCO, J. G.; RAMÍREZ, A. Relationships between land cover, riparian vegetation, stream characteristics, and aquatic insects in cloud forest streams, Mexico. **Hydrobiologia**, v. 768, p. 167-181, 2016.
- BOLPAGNI, R.; BRESCIANI, M.; FENOGLIO, S. Aquatic biomonitoring: Lessons from the past, challenges for the future. **Journal of Limnology**, v. 76, n. s1, p. 1-4, 2017.
- BRITO, J. G.; MARTINS, R. T.; OLIVEIRA, V. C.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; HUGHES, R. M.; FERRAZ, S. F. B.; PAULA, F. R. Biological indicators of diversity in tropical streams: congruence in the similarity of invertebrate assemblages. **Ecological Indicators**, v. 85, p. 85-92, 2018.
- CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 769-779, 2008.
- CORBI, J. J.; KLEINE, P.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Are aquatic insect species sensitive to banana plant cultivation? **Ecological Indicators**, v. 25, p. 156-161, 2013.
- COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PADOVESI-FONSECA, C. Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation. **Austral Ecology**, v. 36, n. 6, p. 628-637, 2011.
- COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B. R.; PIMENTEL, T. P.; LUZ, S. L. B. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. **Ecological Indicators**, v. 18, p. 118-126, 2012.
- CUMMINS, K. W.; MERRITT, R. W.; ANDRADE, P. C. N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.
- CUNHA, E. J.; JUEN, L. Impacts of oil palm plantations on changes in environmental heterogeneity and Heteroptera (Gerromorpha and Nepomorpha) diversity. **Journal of Insect Conservation**, v. 21, n. 1, p. 111-119, 2017.
- DANGER, A. R.; ROBSON, B. J. The effects of land use on leaf-litter processing by macroinvertebrates in an Australian temperate coastal stream. **Aquatic Sciences**, v. 66, n. 3, p. 296-304, 2004.
- DANTAS, G. P. S.; HAMADA, N.; MENDES, H. F. *Denopeloplia amicitia*, a new Tanypodinae from Brazil (Diptera, Chironomidae). **Zookeys**, v. 553, p. 107-117, 2016.
- DEATH, R. G.; DEWSON, Z. S.; JAMES, A. B. W. Is structure or function a better measure of the effects of water abstraction on ecosystem integrity? **Freshwater Biology**, v. 54, n. 10, p. 2037-2050, 2009.
- FARIA, A. P. J.; LIGEIRO, R.; CALLISTO, M.; JUEN, L. Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. **Hydrobiologia**, v. 802, n. 1, p. 39-51, 2017.
- DI LUZIO, M.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J. G.; NEITSCH, S. L. **ArcView Interface for SWAT2000**. College Station: Texas Water Resource Institute, 2002. 345 p.
- ESRI. **ArcView**: release 3.2. Redlands, 1992.
- FERRINGTON, L. C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, p. 447-455, 2008.
- FITTKAU, E. J. Amazonian Chironomidae (Diptera, Chironomidae): A contribution to chironomid research in the neotropics. **Amazoniana**, v. 16, n. 3-4, p. 313-323, 2001.

FITTKAU, E. J. *Chironomus strenzkei* n. sp. (Chironomidae, Dipt.) ein neues Laboratoriumstier. **Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere**, v. 63, p. 239-250, 1968a.

FITTKAU, E. J. Eine neue Tanypodinae-Gattung, *Djalmabatista* (Chironomidae, Dipt.) aus dem brasilianischen Amazonasgebiet. **Amazoniana**, v. 1, n. 4, p. 327-349, 1968b.

FITTKAU, E. J. *Manoa*, eine neue Gattung der Chironomidae (Diptera) aus Zentralamazonien (Chironomidenstudien IX). **Archives of the Hydrobiology**, v. 59, n. 3, p. 373-390, 1963.

FITTKAU, E. J. Revision der von E. Goeldi aus dem Amazonasgebiet beschriebenen Chironomiden (Diptera). Chironomidenstudien X. **Beiträge zur Neotropischen Fauna**, v. 4, n. 3, p. 209-226, 1965.

FITTKAU, E. J. *Siolimyia amazonica* n. gen. n. spec., eine flugfähige Chironomide (Diptera) mit einem Hypopygium inversum. **Amazoniana**, v. 1, n. 3, p. 259-265, 1968c.

FITTKAU, E. J. The fauna of South America. In: FITTKAU, E. J.; ILLIES, J.; KLINGE, H. (Ed.). **Biogeography and ecology in South America**. The Hague: Springer, 1969. v. 2, p. 624-658.

FLOSS, E. C. S.; KOTZIAN, C. B.; SPIES, M. R.; SECRETI, E. Diversity of non-biting midge larvae assemblages in the Jacuí River basin, Brazil. **Journal of Insect Science**, v. 12, p. 1-332012. Article 12.

GALIZZI, M. C.; ZILLI, F.; MARCHESE, M. Diet and functional feeding groups of Chironomidae (Diptera) in the Middle Paraná River floodplain (Argentina). **Iheringia, Série Zoologia**, v. 102, n. 2, p. 117-121, 2012.

GERTH, W. J.; LI, J.; GIANNICO, G. R. Agricultural land use and macroinvertebrate assemblages in lowland temporary streams of the Willamette Valley, Oregon, USA. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 236, p. 154-165, 2017.

GONÇALVES JUNIOR, J. F.; FRANÇA, J. S.; MEDEIROS, A. O.; ROSA, C. A.; CALLISTO, M. Leaf breakdown in a tropical stream. **International Review of Hydrobiology**, v. 91, n. 2, p. 164-177, 2006.

GONÇALVES JUNIOR, J. F.; GRAÇA, M. A. S.; CALLISTO, M. Litter decomposition in a Cerrado savannah stream is retarded by leaf toughness, low dissolved nutrients and a low density of shredders. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 8, p. 1440-1451, 2007.

GORDON, N. D.; MCMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L.; GIPPEL, C. J.; NATHAN, R. J. **Stream hydrology: an introduction for ecologists**. Chichester: J. Wiley, 2004. 434 p.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: INPA, 2014. 724 pp.

HAUER, R.; LAMBERTI, G. A. **Methods in stream ecology**. San Diego: Academic Press, 2006. 877 p.

IBGE. **Estado do Pará: Vegetação**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2008. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html>>. Acesso em: 9 out. 2018.

JARVIS, A.; REUTER, H. I.; NELSON, A.; GUEVARA, E. **CGIAR-CSI SRTM 90m DEM Digital Elevation Database**. 2008. Disponível em: <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>. Acesso em: 9 out. 2018.

KABORÉ, I.; MOOG, O.; ALP, M.; GUENDA, W.; KOBLINGER, T.; MANO, K.; OUÉDA, A.; OUÉDRAOGO, R.; TRAUMER, D.; MELCHER, A. H. Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. **Hydrobiologia**, v. 766, n. 1, p. 57-74, 2016.

KOHLMANN, B.; ARROYO, A.; SPRINGER, M.; VÁSQUEZ, D. Agrirural ecosystem effects on the macroinvertebrate assemblages of a tropical river. In: LO, Y. H.; BLANCO, J. A.; ROY S. (Ed.). **Biodiversity in Ecosystems: Linking Structure and Function**. Rijeka: InTech, 2015. p. 299-333.

LACERDA, A. C. F.; GUSMÃO, G. A.; HAMADA, N. Tests of chronic and acute toxicity of crude oil on larvae of *Chironomus kiiensis* Tokunaga (Diptera: Chironomidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3 p. S70-S77, 2014. Supplement.

- LEAL, C. G.; POMPEU, O. S.; GARDNER, T. A.; LEITÃO, R. P.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; ZUANON, J.; PAULA, F. R.; FERRAZ, S. F. B.; THOMSON, J. R.; MACNALLY, R.; FERREIRA, J.; BARLOW, J. **Landscape Ecology**, v. 31, n. 8, p. 1725–1745, 2016.
- LESTER, R. E.; BOULTON, A. J. Rehabilitating agricultural streams in Australia with wood: a review. **Environmental Management**, v. 42, n. 2, p. 310–326, 2008.
- MAASRI, A.; FAYOLLE, S.; GANDOUIN, E.; GARNIER, R.; FRANQUET, E. Epilithic chironomid larvae and water enrichment: is larval distribution explained by epilithon quantity or quality? **Journal of the North American Benthological Society**, v. 27, n. 1, p. 38–51, 2008.
- MAGIEROWSKI, R. H.; READ, S. M.; CARTER, S. J. B.; WARFE, D. M.; COOK, L. S.; LEFROY, E. C.; DAVIES, P. E. Inferring landscape-scale land-use impacts on rivers using data from mesocosm experiments and artificial neural networks. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, 2015. Article e0120901.
- MATTHAEI, C. D.; PIGGOTT, J. J.; TOWNSEND, C. R. Multiple stressors in agricultural streams: interactions among sediment addition, nutrient enrichment and water abstraction. **Journal of Applied Ecology**, v. 47, n. 3, p. 639–649, 2010.
- MATTHAEI, C. D.; WELLER, F.; KELLY, D. W.; TOWNSEND, C. R. Impacts of fine sediment addition to tussock, pasture, dairy and deer farming streams in New Zealand. **Freshwater Biology**, v. 51, n. 11, p. 2154–2172, 2006.
- NAGY, R. C.; PORDER, S.; NEILL, C.; BRANDO, P.; QUINTINO, R. M.; NASCIMENTO, A. S. Structure and composition of altered riparian forests in na agricultural Amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 25, n. 6, p. 1725–1738, 2015.
- PACHÊCO, N. A.; BASTOS, T. X. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. 33 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 349).
- PAIVA, C. K. S.; FARIA, A. P. J.; CALVÃO, L. B.; JUEN, L. Effect of oil palm on the Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages in streams of eastern Amazon. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, n. 8, p. 393, 2017.
- PANATTA, A.; STENERT, C.; FREITAS, S. M. F.; MALTCHIK, L. Diversity of chironomid larvae in palustrine wetlands of the coastal plain in the south of Brazil. **Limnology**, v. 7, p. 23–30, 2006.
- PINHA, G. D.; ALESSIO, P. C.; GURSKI, F. A.; SACRAMENTO, P. A.; PEZENTI, T. A.; TAKEDA, A. M. Spatial distribution of the assemblage of Chironomidae larvae (Diptera) in five floodplain from Ilha Grande National Park (Paraná – Mato Grosso do Sul State, Brazil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 35, n. 2, p. 169–177, 2013.
- RAYMOND, K. L.; VONDRACEK, B. Relationships among rotational and conventional grazing systems, stream channels, and macroinvertebrates. **Hydrobiologia**, v. 669, n. 1, p. 105–117, 2011.
- ROBACK, S. S. New neotropical Coelotanypus (Diptera, Tendipedidae, Pelopiinae). **Entomological News**, v. 74, n. 7, p. 169–176, 1963.
- ROBACK, S. S. New species of South American Tendipedidae (Diptera) Results of the Catherwood Foundation Peruvian Amazon Expedition. **Transactions of the American Entomological Society**, v. 86, n. 2, p. 87–107, 1960.
- ROBACK, S. S. Results of the Catherwood Foundation Peruvian Amazon Expedition: a new genus and species of Tendipedini from Peru with some observations on related genera Diptera, Tendipedidae (= Chironomidae). **Notulae Naturae of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 304, p. 1–5, 1958.
- ROBACK, S. S. Some new Tendipedidae from the Canal Zone. **Notulae Naturae of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 355, p. 1–10, 1962.

ROBACK, S. S. The Catherwood Foundation Peruvian-Amazon Expedition. XII. Diptera, with some observations on the salivary glands of the Tendipedidae. **Monographies of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 14, p. 305-375, 1966.

RUBIANA, R.; RIZALI, A.; DENMEAD, L. H.; ALAMSARI, W.; HIDAYAT, P.; PUDJANTO, HINDAYANA, D.; CLOUGH, Y.; TSCHARNTKE, T.; BUCHORI, D. Agricultural land use alters species composition but not species richness of ant communities. **Asian Myrmecology**, v. 7, p. 73-85, 2015.

SAITO, V. S.; FONSECA-GESSNER, A. A. Taxonomic composition and feeding habits of Chironomidae in Cerrado streams (Southeast Brazil): impacts of land use changes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 1, p. 35-46, 2014.

SILVA, F. L.; RUIZ, S. S.; BOCHINI, G. L.; MOREIRA, D. C. Functional feeding habits of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in a lotic system from Midwestern region of São Paulo State, Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 3, n. 2, p. 135-141, 2008.

SOMURA, H.; TAKEDA, I.; ARNOLD, J. G.; MORI, Y.; JEONG, J.; KANNAN, N.; HOFFMAN, D. Impact of suspended sediment and nutrient loading from land uses against water quality in the Hii River basin. **Japanese Journal of Hydrologia**, v. 450-451, p. 25-35, 2012.

SONODA, K. C. Estrutura da comunidade de insetos do córrego Nova Vida, ecótono entre floresta amazônica e cerrado. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 4, n. 1, p. 37-46, 2010.

SONODA, K. C.; MATTHAEI, C. D.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Contrasting land uses affect Chironomidae communities in two Brazilian rivers. **Fundamental and Applied Limnology**, v. 174, n. 2, p. 173-184, 2009.

SONODA, K. C.; VETTORAZZI, C. A.; ORTEGA, E. M. M. Relação entre uso do solo e composição de insetos aquáticos de quatro bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 3, p. 187-200, 2011.

SPIES, M.; REISS, F. Catalog and bibliography of neotropical and mexican Chironomidae. **Spixiana**, v. 2, p. 61-119, 1996. Supplement.

SUGA, C. M.; TANAKA, M. O. Influence of a forest remnant on macroinvertebrate communities in a degraded tropical stream. **Hydrobiologia**, v. 703, n. 1, p. 203-213, 2013.

SURIANO, M.; FONSECA-GESSNER, A. Structure of benthic macroinvertebrate assemblages on a gradient of environmental integrity in Neotropical streams. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 4, p. 418-428, 2013.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Larvas de Chironomidae: guia de identificação. São Carlos: UFSCar, 2011. 371 p.

VERBERK, W. C. E. P.; NOORDWIJK, C. G. E. van; HILDREW, A. G. Delivering on a promise: integrating species traits to transform descriptive community ecology into a predictive science. **Freshwater Science**, v. 32, n. 2, p. 531-547, 2013.

VIEIRA, L. J. S.; ROSIN, G. C.; TAKEDA, A. M.; LOPES, M. R. M.; SOUSA, D. S. Studies in South-Occidental Amazon: contribution to the knowledge of Brazilian Chironomidae (Insecta: Diptera). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 34, n. 2, p. 149-153, 2012.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica do uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do estado do Pará. **Geografia**, v. 34, n. 3, p. 455-479, 2009.

ZEMP, D. C.; SCHLEUSSNER, C. F.; BARBOSA, H. M. J.; RAMMIG, A. Deforestation effects on Amazon forest resilience. **Geophysical Research Letters**, v. 44, p. 6182-6190, 2017.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP-340, km 127,5
Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13918-110
Jaguariúna, SP
Fone: +55 (19) 3311-2610
Fax: +55 (19) 3311-2640
www.embrapa.br/meio-ambiente
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2018)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Meio Ambiente

Presidente

Ana Paula Contador Packer

Secretário-Executivo

Cristina Tiemi Shoyama

Membros

*Rodrigo Mendes, Joel Leandro de Queiroga,
Marco Antonio Ferreira Gomes, Maria Cristina
Tordin, Nilce Chaves Gattaz, Ricardo Antonio
Almeida Pazianotto, Vera Lucia Ferracini,
Victor Paulo Marques Simão*

Revisão de texto

Nilce Chaves Gattaz

Normalização bibliográfica

Victor Paulo Marques Simão

Tratamento das ilustrações

Silvana Cristina Teixeira

Projeto gráfico

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Silvana Cristina Teixeira

Foto da capa

Pedro Gerhard

CGPE 14771