



Macroinvertebrados bentônicos associados a estudos de Monitoramento Ambiental em Ecossistemas Aquáticos: Uma Revisão Narrativa sobre a temática

Valdemar Matos Paula^{1}, Wellington Rodrigues Vidal², Diego Viana Melo de Lima³*

Resumo

O avanço de estudos que avaliam o funcionamento dos ecossistemas aquáticos aliados a projetos que pesquisam os efeitos adversos das atividades humanas em ecossistemas aquáticos, comprovam a eficácia do uso de Macroinvertebrados Bentônicos (MIB's) e insetos aquáticos no monitoramento de integridade ambiental desses ecossistemas. Neste sentido, este estudo tem como objetivo apresentar a relevância que existe na utilização de organismos bentônicos em estudos de monitoramento ambiental dos distintos sistemas aquáticos (lênticos e lóticos). Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa sobre o tema abordado, logo, utilizando-se de fontes documentais, buscou-se uma coleta de dados amplos que abordassem o uso de MIB's e insetos aquáticos no monitoramento ambiental em ecossistemas aquáticos. Ao analisar os artigos que serviram como fundamentação para o trabalho, é possível afirmar que o uso destes organismos tem sido essencial para avaliações de impacto ambiental dos sistemas aquáticos, no entanto, ainda é necessário um conhecimento mais aprofundado sobre a biologia de cada organismo bentônico para que a utilização destes possa ocorrer de forma eficiente, visto que, tais organismos apresentam grande potencial para o biomonitoramento dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Ecossistemas, Sistemas Aquáticos, Biomonitoramento.

Benthic macroinvertebrates associated with Environmental Monitoring studies in Aquatic Ecosystems: A Narrative review on the theme.

The advancement of studies that assess the functioning of aquatic ecosystems combined with projects that research the adverse effects of human activities on aquatic ecosystems, prove the effectiveness of using Benthic Macroinvertebrates (MIB's) and aquatic insects in monitoring the environmental integrity of these ecosystems. In this sense, this study aims to present the relevance that exists in the use of bentic organisms in studies of environmental monitoring of the different aquatic systems (lentic and lotic). This study is characterized as a narrative review on the topic addressed, therefore, using documentary sources, we sought a comprehensive data collection that addressed the use of MIB's and aquatic insects in environmental monitoring in aquatic ecosystems. When analyzing the articles that served as a basis for the work, it is possible to state that the use of these organisms has been essential for assessing the environmental impact of

¹ Graduando Ciências Biológicas IFAC correspondência Vldmrmatos@gmail.com

² Graduando Ciências Biológicas IFAC wellington.bioif@gmail.com, ORCID:

³ Prof Dr EBTT/IFAC, Diego.lima@ifac.edu.br



aquatic systems, however, further knowledge about the biology of each concrete organism is still necessary for that the use of these can occur efficiently, since such organisms have great potential for the biomonitoring of aquatic ecosystems.

Keywords: Ecosystems, Aquatic systems, Biomonitoring.

1. Introdução

A diminuição de extensas áreas florestais, a degradação de áreas fluviais (rios, lagos, igarapés e várzeas) e o manejo ineficiente dos recursos hídricos ocasionam variantes nos sistemas hidrológicos e um efeito danoso da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos, recurso essencial para cadeia trófica existente na biota aquática (LEITHOLD, 2017; BEGA et al., 2020; DE LONG e BRUSVEN, 1994; POZO et al., 1997).

Segundo Abes et al., (2014), o ambiente aquático necessita de uma atenção mais integral, pois, alterações drásticas nestes sistemas podem ser predominantes para a ocorrência de problemas ambientais e sociais.

Tratando-se das ações de degradação ambiental nos ecossistemas aquáticos, Couceiro (2005, p. 17) relata em seu estudo realizado na Amazônia, que o efeito da poluição da matéria orgânica e do desmatamento nas margens dos rios na Amazônia, são associados à ocupação humana próximo a esses locais.

De acordo com Goulart & Callisto:

Nas últimas décadas, os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, tais como mineração; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inun-

dação; superexploração de recursos pesqueiros; introdução de espécies exóticas, entre outros. Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água e perda da biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART e CALLISTO, 2003. p. 158).

Desta forma, intervenções humanas dentro dos ecossistemas aquáticos, contribuem para o registro de alterações físicas, químicas e biológicas, favorecendo um desequilíbrio na qualidade dos corpos aquáticos, visto que, visivelmente existirá uma degradação do *habitat* (CALLISTO e MORENO, 2006; BATISTA et al., 2017).

A realização de um monitoramento ambiental nos ecossistemas aquáticos é essencial para que medições e observações específicas, designadas por alguns poucos indicadores e parâmetros, ocorram com a finalidade de verificar como os diversos impactos ambientais ocorrem, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada medidas preventivas que podem ser adotadas (CANDIANI e TOLEDO, 2020; BITAR e ORTEGA, 1998).

Atualmente, a metodologia empregada para uma avaliação de impactos ambientais dentro dos ecossistemas aquáticos, ocorre por meio de regras elaboradas por condições básicas, com a finalidade de que os impactos negativos nestes sistemas, sejam minimizados (GOULART e CALLISTO, 2003; JESUS, 2020).



Ademais, existem vários métodos que são utilizados para uma avaliação de impactos ambientais, contudo, a utilização de variáveis biológicas é considerada uma ferramenta fundamental para o monitoramento da qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humana (ARAUJO et al., 2020; BARBOUR et al., 1999).

É primordial afirmar que a metodologia de monitoramento apropriada de variáveis físicas e químicas permite que ocorram algumas desvantagens, como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens (ALBA-TERCEDOR, 1996; MORAIS et al., 2020). Desta maneira, este tipo de avaliação é capaz de fornecer somente uma perspectiva momentânea de uma problemática que possui uma dinâmica elevada (WHITFIELD, 2001).

Assim, o avanço considerável de estudos que analisam o funcionamento dos ecossistemas aquáticos aliados aos estudos que avaliam os efeitos adversos das atividades humanas nesses ecossistemas, evidenciam que uso de distintas ferramentas no objetivo de detectar os impactos antrópicos nesses ecossistemas, devem ocorrer com uma maior frequência (MORAIS et al., 2020).

Neste sentido, a avaliação da diversidade de organismos aquáticos tornou-se ao longo dos anos, uma importante ferramenta para a prospecção de integridade de sistemas aquáticos (CALLISTO et al., 2001), pois, diversos estudos relatam a ocorrência e registro de Macroinvertebrados Bentônicos (MIB's) nos diferentes substratos dos sistemas aquáticos, logo, a relação existente entre esses organismos e os diferen-

tes ecossistemas aquáticos contribuem para a realização de estudos de integridade ecológica em diferentes recintos (OMETO et al., 2000; VANOTTE e SWEENEY, 1980; SANTOS et al., 2020).

Estudos científicos adotam comunidades biológicas na avaliação de condições ambientais, pelo fato de que esta metodologia, já ocorre com bastante frequência ao longo do tempo. No ano de 1993, Rosenberg & Resh divulgaram o primeiro estudo sobre o assunto e, anos depois, Bonada et al. (2006), apresentaram os avanços desenvolvidos naquela ocasião.

Os primeiros estudos foram suficientes para compreender que os MIB's podem ser caracterizados por diferentes comportamentos que podem ser percebidos em indivíduos e na comunidade (CORBI, 2020), estes, possuem a capacidade de habitarem ambientes aquáticos limpos e de boa qualidade (e.g., ninfas de Plecoptera e larvas de Trichoptera – Insecta), além disto, existem organismos tolerantes (e.g., espécies de Heteroptera e Odonata – Insecta e Amphipoda – Crustacea) (CALLISTO et al., 2001).

Organismos bentônicos possuem uma dependência do tempo para que ocorra um estabelecimento de suas populações nos ambientes aquáticos, além disto, estes organismos necessitam de condições ambientais significantes para a sua permanência nesses sistemas (CORBI, 2020).

Os MIB's, apresentam uma relação íntima em diferentes tipos de substratos de leitos e rios, porém, devido à diversidade de tipologias de substratos existentes, alguns fatores são predominantes para um registro mais efetivo, como a correnteza nos



sistemas lóticos, que influenciam de forma significativa a distribuição e ocorrência da fauna de insetos aquáticos nestes recintos (CUMMINS e LAUFF, 1969; SANTOS et al., 2020), constituindo assim, diferentes *mesohabitats* para estes organismos.

Logo, pode ser afirmado que a presença desses organismos em sistemas aquáticos e a utilização destes em estudos de avaliação de integridade ambiental, é essencial para tomada de decisão que envolve a gestão ambiental destes ecossistemas, pois, trata-se de organismos sensíveis a distintos ambientes, eutrofizados ou não, e que favorecem a obtenção de uma resposta do ecossistema aquático avaliado (TOLEDO e NICOLELLA et al., 2002).

Alguns destes organismos podem ser encontrados de forma breve sob a superfície aquática, outras espécies de insetos aquáticos utilizam a superfície como abrigo para se protegerem da correnteza permanente da água e de predadores, além disto, mesmo na superfície, os organismos encontram alimentos, no caso da habitação de substratos orgânicos (KIKUCHI e UIEDA, 1998; SOUZA et al., 2018; CRISTINA e MICHIO, 2007). Baseando-se nisto, o monitoramento biológico ao ser realizado com base em protocolos, caracteriza-se como uma ferramenta de avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais favoráveis.

Diante do exposto, observa-se que os estudos relacionados ao monitoramento ambiental devem ocorrer com a utilização dos parâmetros físicos e químicos, associados aos parâmetros biológicos (TOLEDO e NICOLELLA et al., 2002). Assim, consi-

derando a importância desta temática, este estudo tem como objetivo a realização de uma revisão narrativa acerca de estudos que utilizam MIB's no monitoramento de ecossistemas aquáticos

2. Material e Métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa do tema abordado, logo, utilizando-se de fontes documentais, buscou-se uma coleta de dados amplos que abordassem o uso de MIB's e insetos aquáticos no monitoramento ambiental em ecossistemas aquáticos. Ademais, optou-se por busca de informações, prioritariamente em bases de dados nacionais e internacionais.

O levantamento de informações ocorreu durante os meses de janeiro a agosto de 2020, utilizando os descritores: Macroinvertebrados Betônicos, insetos aquáticos, ecologia, etologia, avaliação de integridade ambiental, bioindicadores e monitoramento ambiental, como termos de pesquisa para o direcionamento deste estudo.

Desse modo, ocorreram leituras dos artigos, teses, notas técnicas e outros trabalhos científicos, na busca de verificar a pertinências destes trabalhos para esta pesquisa. Durante a seleção dos trabalhos, foi realizado uma identificação criteriosa para que fossem excluídos estudos que apresentassem informações repetidas ou já encontradas em outros estudos.

Uma pesquisa de revisão, assim como outros estudos de revisão, é uma maneira de apresentar um estudo baseada em fontes de dados retirados da literatura sobre determinado tema.



Ademais, é relevante afirmar que estudos que adotam o método sistemático buscam evitar um possível viés e apresentam uma análise mais objetiva dos resultados obtidos, deixando mais claro uma síntese conclusiva sobre alguma intervenção (MARCONI e LAKATOS, 2011).

As revisões sistemáticas são essenciais para que ocorram integrações entre informações teóricas e práticas sobre determinado assunto, baseado nisto, através da abordagem deste método torna-se possível uma melhor identificação de temas que necessitam de olhares mais ativos (GIL et al., 2002).

3. Aspectos Etológicos e Ecológicos de MIB's

O número de estudos referentes ao uso destes organismos em diferentes abordagens ecológicas, apresentam um crescimento e resultados significativos para o meio científico, entretanto, nos últimos anos a carência de estudos que tratam a respeito de MIB's com uma abordagem geral sobre a sua biologia, tem sido evidente.

O conhecimento completo acerca de comunidade biológicas é primordial para que existam informações exatas na perspectiva da utilização destes em estudos de avaliação de integridade ambiental, nesta ótica, ainda existem lacunas sobre aspectos ecológicos e comportamentais destas populações em diferentes sistemas aquáticos, visto que, a diversidade destas espécies em ecossistemas aquáticos, é expressiva. (WARD, 1992; KILONZO et al., 2014; DA SILVA et al., 2011)

Os organismos mais conhecidos e utilizados das comunidades bentônicas representam os filos An-

nelida e Mollusca e as classes Crustacea e Insecta, além disto, insetos aquáticos podem ser encontrados, nesses ecossistemas, nas formas imaturas, larvas e ninfas, ademais, além de estágios imaturos, muitos adultos de diferentes gêneros de espécies insetos aquáticos, vivem no ecossistema (e. g., Hemípteros; Coleópteros) (QUEIROZ et al., 2000; SANTOS et al., 2020)

Os organismos que compõem o grupo dos MIB's, apresentam uma grande relevância na transformação de matéria e no fluxo de energia do ecossistema (TRIVINHO-STRIXINO e STRIXINO, 1993; JESUS, 2020).

É relevante afirmar que os insetos aquáticos são amplamente estudados por serem essenciais na dinâmica de ciclagem dos nutrientes dos corpos hídricos e por serem bons indicadores de qualidade da água (ODUM, 1988; CORDEIRO et al., 2016).

Notadamente, a diversidade e riqueza dos grupos de organismos bentônicos e insetos aquáticos ocorrem devido, principalmente, ao registro de macrófitas nos ambientes aquáticos, e, isto ocorre, devido a estes vegetais serem uns dos maiores produtores de biomassa, necessariamente, em ambientes lênticos, contribuindo para que o *habitat* seja mais produtivo (DE MARCO e LATINI, 1998; MAGURRAN, 2011).

A ocorrência de macrófitas na zona litoral de lagos e até mesmo em reservatórios é circunstancial para que ocorra uma maior heterogeneidade espacial nos ecossistemas aquáticos, contribuindo para o aumento dos nichos e conseqüentemente uma maior dinâmica populacional no ecossistema lacustre



(MARGALEF, 1983; CARMO e LACERDA, 1984; PAMPLIN e ROCHA, 2007).

Ainda de acordo com Ward (1992), os insetos aquáticos que ocupam macrófitas na zona litorânea são representados por quase todas as ordens aquáticas. Assim, esta fauna encontra abrigo, suporte e alimento na forma de detrito nas partes das plantas o que contribui para que estes organismos considerem as macrófitas como abrigo (MERRITT e CUMMINS 1996).

As comunidades que possuem uma relação direta com as macrófitas são caracterizadas por insetos e outros MIB's que apresentam hábitos de coletores e predadores, herbívoros e raspadores (PEIRÓ e ALVES, 2004; PEARCE e VENIER, 2006).

Em geral, os insetos dominam os ecossistemas aquáticos, porém, nos sistemas de água doce, existem poucos representantes que habitam zonas estuarinas e marinhas, já os crustáceos podem ser abundantes nesses ambientes, apresentando uma diversidade de espécies em águas continentais salinas (WARD, 1992; WHITFIELD, 2001)

Os insetos aquáticos evidenciam adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais distintas ao local em que habitam, assim, algumas espécies podem ser especialistas ou generalistas referente a sua distribuição. Esse sucesso evolutivo ocorre devido à grande adaptação do grupo em diferentes sistemas (NESSIMIAN e CARVALHO, 1998; CORDEIRO et al., 2016).

Entretanto, segundo Lucena et al., (2015), raros são os estudos que ocorrem sobre o uso de insetos aquáticos associados ao monitoramento biológico da qualidade de sistemas marinhas, isto pelo fato de

que, poucos insetos que habitam a zona marinha são conhecidos, analisados e discutidos.

Além disto, de acordo com Da Silva et al., (2011), em ambientes marinhos os insetos não apresentam um sucesso adaptativo, com poucas exceções, como espécimes de gerrídeos (Hemiptera: Gerridae) e algumas larvas de dípteros.

Os estudos de entomologia aquática apresentam em sua grande maioria, os principais grupos de organismos aquáticos, como: os organismos *Mastigadores* (insetos que apresentam características alimentares associadas aos tecidos vegetais vivos ou em decomposição), os organismos *Filtradores* (aqueles que alimentam-se de material orgânico, possuem o hábito de filtrar partículas em suspensão e detritos finos que existem no sedimento) os organismos *Pastadores* (são os que alimentam-se de algas e diatomáceas), os organismos *Perfuradores* (os que alimentam-se de fluídos e de células de plantas vasculares), os organismos *Predadores* (são os que alimentam-se de tecidos de animais vivos, golfam animais vivos e perfuram a presa) e os organismos *Parasitas* (nestes, é possível perceber hábitos alimentares relacionados aos tecidos de animais vivos) (DE MARCO e LATINI, 1998).

Tratando-se do comportamento desses organismos, a grande maioria das ordens de insetos são aquáticas em seus estágios imaturos, contudo, adultos também podem ser encontrados habitando esses sistemas durante seu ciclo de vida (Tabela I), alguns Hymenopteras parasitam suas presas aquáticas, juntamente a alguns Collembolas, Orthopteras, assim, todo corpo



d'água, seja rios, riachos, escoamentos ou lagos, apresentam uma diversidade significativa de organismos bentônicos.

Algumas espécies de insetos adultos, utilizam o oxigênio atmosférico quando estão submersos, outros que apresentam hábito completamente aquático, podem permanecer submersos durante um grande período, obtendo o oxigênio para a respiração na água. A evidente divisão ecológica do ciclo de vida permite uma exploração mais efetiva desses dois *habitats* (WARD, 1992; TOLEDO e NICOLELLA et al., 2002).

Desta maneira, para que ocorram novos estudos científicos que adotem o uso de organismos bentônicos e insetos aquáticos com a finalidade de um monitoramento ambiental, é necessário que exista a união de pesquisas práticas com estudos teóricos, como este, para que seja apresentado a relevância deste conhecimento para a nossa sociedade, com a perspectiva de que problemas existentes nos sistemas aquáticos, sejam sanados.

4. MIB's e Insetos aquáticos como ferramenta de estudo para avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos

Segundo a legislação, o conceito de impacto ambiental pode ser descrito como qualquer alteração ocorrida nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a quali-

dade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986; GOULART e CALLISTO, 2003).

Referindo-se aos impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, os evidentes processos de degradação observados mediante as atividades humanas nos sistemas aquáticos, são o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de *habitats* e *micro-habitats* de espécies faunísticas e florísticas e uma considerável eutrofização artificial, ou seja, o aumentando da concentração de fósforo e nitrogênio que diminui a entrada de luz dentro dos corpos d'água (CORDEIRO et al., 2016).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, em seu artigo 8º, parágrafo 3º, é proposto a utilização de indicadores biológicos em estudos de avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos, utilizando-se organismos e/ou comunidades biológicas que habitam nos sistemas aquáticos.

Os organismos bentônicos apresentam uma relevante função no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, considerando que estes, participam da ciclagem de nutrientes, reduzindo o tamanho de partículas orgânicas (e.g., fragmentadores) e acabam facilitando a ação de microdecompositores, como, bactérias e fungos (CALLISTO e ESTEVES, 1998; CALLISTO e MORENO, 2006).

Utiliza-se na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos os MIB's, peixes e organismo que constituem a comunidade perifítica. Destes grupos, as diversas comunidades de MIB's apresentam uma frequência bem signifi-



cante ao serem utilizadas na avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico em sistemas aquáticos (BISPO e OLIVEIRA, 2006).

Os insetos aquáticos, que estão dentro do grupo de MIB's, são insetos que vivem pelo menos um estágio do ciclo de vida associado aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc..) (ROSENBERG e RESH, 1993; WESTON e LYDY, 2014).

Algumas espécies cuja presença ocorre de forma abundante e distribuídas em distintas condições, são espécies que se caracterizam por serem indicativos de uma determinada condição ambiental (e.g., espécies que apresentam características tolerantes: Heteroptera e Odonata – Insecta e Amphipoda – Crustacea) (CALLISTO, 2000).

Avaliações de impacto ambiental envolvendo o uso destas comunidades biológicas, contribuem para ocorram estudos mais aprofundados sobre a integridade ecológica total dos ecossistemas, por exemplo, integridade física, química e biológica. Desta maneira, a utilização destas abordagens em conjunto, torna possível uma prospecção mais detalhada e enriquecedora dos diferentes agentes impactantes e fornece uma mensuração dos impactos (BARBOUR et al., 1999; GÜNTZEL et al., 2016).

É sabido que as comunidades biológicas que habitam nos ecossistemas aquáticos são constituídas por organismos que possuem adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e evidenciam medidas de tolerância a diferentes

alterações das mesmas (ALBA-TERCEDOR, 1996; CORDEIRO et al., 2016).

Baseado nisto, é válido afirmar que espécies de insetos aquáticos, especialmente, os que estão inclusos dentro do grupo dos MIB's, apresentam um relevante papel de bioindicadores para a integridade de ecossistemas aquáticos, e, isto ocorre, pelo fato de que essas espécies apresentarem um gradual nível de sensibilidade a variações ambientais e espectro de respostas frente a diferentes níveis de contaminação do ambiente aquático (WESTON e LYDY, 2014).

Desta maneira, as ferramentas biológicas se destacam devido à relação direta dos organismos (MIB'S e insetos aquáticos) com o ambiente durante todo ou boa parte do seu ciclo de vida (DUTRA e CALLISTO, 2005).

Segundo Merritt e Cummins (1996), ao observar os hábitos das espécies mais ocorrentes nos sistemas aquáticos (Tabela I), percebe-se que grande partes do protocolos de avaliação considera ordens de: Odonata; Dipteras da Família Chironomidae (espécies desta ordem habitam águas limpas e são consideradas como tolerantes e generalista) e os Tipulidae (espécies desta ordem habitam águas contaminadas); os Coleoptera, os Trichoptera (espécies desta ordem habitam águas correntes, limpas e oxigenadas), os Ephemeroptera e os Hemiptera, apresentam fortes características que podem auxiliar estudos de integridade ambiental em ecossistemas aquáticos.

De acordo com Ward (1992), 13 ordens apresentam estágios de vida nos sistemas aquáticos ou semi-

aquáticos, nas ordens (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata e Megaloptera) todas possuem algum estágio de hábito aquático.

Nas oito ordens restantes, existem espécies com hábitos terrestres, aquáticos e semi-aquáticos, como mostra a Tabela I (WARD, 1992).

Tabela I: Habitats dos diferentes estágios de vida das ordens de insetos contendo alguns representantes aquáticos e semi-aquáticos. A: aquático; T: terrestre; S: semi-aquático, P: parasitóide de hospedeiro aquático (adaptado de WARD, 1992).

Ordem	Ovos	Larvas	Pupas	Adultos
Collembola	A,T	A,S	-	S
Ephemeroptera	A	A	-	T
Odonata	A,T	A	-	T
Hemiptera	A,T	A,S,T	-	A,S,T
Orthoptera	T	S	-	S
Plecoptera	A	A	-	T
Coleoptera	A,T	A,T	T	A,S,T
Diptera	A,T	A	A,T	T
Hymenoptera	P	P	P	A,T
Lepidoptera	A	A	A	T
Megaloptera	T	A	A,T	S,T
Neuroptera	T	A	T	T
Trichoptera	A,T	A	A	T

Outrossim, aproximadamente 3% das espécies de insetos que existem, possuem uma fase aquática ao longo do seu ciclo de vida, além disto, em alguns biótopos, a distribuição desses organismos pode chegar a 95% da fauna de MIB's (WESTON e LYDY, 2014).

Outra característica importante sobre os insetos aquáticos, é que algumas espécies apresentam diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, permitindo assim, uma maior permanência em distintos corpos d'água (ELNAIEM e WARD, 1992).

De modo geral, os ambientes aquáticos conservados tendem a apresentar elevada diversidade de organismos, quando comparados com ambientes que sofreram algum tipo de impacto das ações antrópicas (BARBOSA et al., 2001; KEMP et

al., 2014). Neste sentido, os insetos aquáticos constituem-se ferramentas essenciais para o monitoramento destes sistemas.

Existem várias razões para a utilização destes organismos em avaliações de impacto ambiental, dentre estas razões, é válido mencionar que os MIB's possuem hábitos sedentários, assim, eles são representantes fixos da área na qual foram coletados, outro motivo é um evidente ciclo de vida relativamente curto quando comparado aos ciclos dos peixes, desta forma, torna-se possível uma visão mais breve das modificações no ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades (CORBI, 2020).

Alguns organismos apresentam adaptações para as trocas respiratórias o que torna possível uma melhor investigação da capacidade



que o indivíduo de determinada espécie possui para capturar o oxigênio, nesses sistemas aquáticos.

Ademais, os MIB's habitam e se alimentam próximos aos sedimentos, locais que apresentam um acúmulo de compostos químicos (CALLISTO et al., 2001), logo, o fato das comunidades de MIB's apresentarem uma evidente diversidade nos sistemas aquáticos, torna-se propício uma maior utilização destes organismos na busca por respostas frente à diferentes tipos de impactos ambientais (WESTON e LYDY, 2014).

Ainda considerando estes organismos como bioindicadores para o monitoramento ambiental, Resh e Jackson (1993) consideram que os insetos aquáticos e outros MIB's apresentam ciclos de vida sazonal e possuem o tamanho do corpo grande o que facilita uma amostragem, alta diversidade e técnicas de amostragem padronizadas com um baixo custo.

5. Discussão

Foram utilizados aproximadamente 46 resumos expandidos, 87 artigos científicos, 34 teses e 7 notas técnicas para a fundamentação teórica na discussão desta temática, contudo, esta pesquisa não tem como finalidade listar o título de todos os trabalhos utilizados, mas sim, apresentar de forma narrativa o conhecimento aprofundado sobre MIB's exposto nos estudos científicos.

Boa parte dos estudos publicados sobre MIB's utilizados no monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos, concentram-se seu foco em detalhar a facilidade que existe na amostragem destes insetos em diferentes tipos de estudos de avaliação da integridade ambiental, o que contribui para que estas

comunidades biológicas sejam utilizadas com uma maior frequência, visto que, tais comunidades apresentam níveis de significância para a avaliação ambiental em diversos estudos (ROSENBERG e RESH, 1993).

Diversos são os organismos que compõem os grupos de MIB's, no entanto, é notável que a utilização de insetos aquáticos em estudos de monitoramento ambiental é mais frequente, isto ocorre por conta de que existe uma previsibilidade e facilidade em detectar as respostas de muitos insetos aquáticos a perturbações, como tipos específicos de poluição (BATISTA et al., 2017; BUSS et al., 2008).

Observa-se na literatura, que os dois diferentes ambientes aquáticos (lêntico) fixo e (lótico) corrente, apresentam restrições para que estes organismos possam sobreviver neles, entretanto, devido as modificações morfológicas e comportamentais dos MIB's e insetos aquáticos, é visível que estes organismos apresentam uma ocorrência significativa nos dois ambientes, logo, conhecendo a biologia dos organismos que ali habitam, torna-se mais eficiente a compreensão dos sistemas aquáticos (BISPO et al., 2006).

Além disto, a literatura científica utilizada como fundamentação deste estudo, confirma o potencial existente na utilização destes organismos, em estudos que realizam o monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos.

Desta maneira, a utilização destes organismos em projetos de biomonitoramento, implica no conhecimento existente dos organismos aquáticos, ou seja, a relações com ambiente aquático, e até mesmo, o substrato e a existência de um nicho



favorável para as diversas espécies que existem (BISPO et al., 2006).

Souza et al., (2018), relatam que o uso de insetos aquáticos com hábito alimentar diversificado, pode auxiliar estudos que foquem na preservação de áreas ameaçadas por ações antrópicas.

A utilização de organismos com hábitos generalistas e especialistas, permite que o pesquisador possa fazer uma análise mais completa das condições dos sistemas aquáticos, considerando que indivíduos que possuem estes hábitos, apresentam uma resposta rápida frente à exposição de ambientes poluídos (WHITFIELD, 2001).

Algumas ações são bastantes evidentes em MIB's e insetos aquáticos, e, podem ser utilizadas como variáveis em estudos de monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos, como, as mudanças presentes nos padrões comportamentais e na abundância sazonal evidenciadas quando os distúrbios ambientais são mais frequentes em sistemas aquáticos (lênticos e lóticos) (PEARCE e VENIER, 2006; ABÍLIO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2014).

Outrossim, estudos que analisam a integridade ambiental de sistemas aquáticos ocorrem através do uso da técnica de integridade ecológica (CORDEIRO et al., 2016), assim, por meio desta é possível determinar a situação da qualidade do ambiente, juntamente com o uso de organismos betônicos.

Ao observar outros estudos que relatam sobre o uso destes organismos, é válido mencionar que Martins et al., (2014) relataram a existência de metais nos corpos de insetos aquáticos com hábitos predatórios da família Belostomatidae (ordem Hemiptera) e Libellulidae (ordem

Odonata), em uma área com cultivos de cana-de-açúcar, no Brasil, consorciado a fertilizantes nessas culturas regularmente, regadas com água. Além disto, a caracterização dos sistemas aquáticos com o auxílio destes organismos foi determinante para que os resultados pudessem ser alcançados.

Desse modo, os resultados deste estudo foram capazes de demonstrar o uso de insetos aquáticos em estudos que interagem com o conhecimento dos sistemas aquáticos, assim, novos estudos que busquem apresentar respostas referentes ao metal nos corpos destes insetos, devem existir, visando uma melhor compreensão a respeito da funcionalidade destes organismos em nosso meio.

Desse modo, a utilização de MIB's e insetos aquáticos como bioindicadores é relatada em diversos estudos como algo extremamente útil, especialmente, para a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos que comumente sofrem de ações antrópicas (MANNARINO et al., 2013; OLIVEIRA e MARTINEZ, 2011).

Contudo, os índices elevados de estudos que utilizam estes organismos como bioindicadores, desperta uma reflexão sobre a necessidade de que o conhecimento referente a eficiência da utilização de cada táxon de MIB's e insetos aquáticos, possua uma maior divulgação.

A utilização de MIB's em uma avaliação de integridade pode ser significativa para a mitigação dos impactos e conservação dos ecossistemas aquáticos continentais. Desta forma, o conhecimento da distribuição de cada táxon em ecossistemas aquáticos, permitirá com



que o estudo possa apresentar razões não ecológicas do porquê de um táxon estar ausente em uma área, em uma avaliação de impacto ambiental.

6. Considerações Finais

Relatar sobre o conhecimento de MIB's e insetos aquáticos, implica, além de tudo, a compreensão da importância que estes organismos apresentam para o bom funcionamento dos ecossistemas aquáticos e, este estudo buscou apresentar em todas as seções o quanto estes organismos estão relacionados com os sistemas aquáticos, com os processos de ciclagem de nutrientes e associados aos diversos estudos científicos que visam um monitoramento ambiental dos ecossistemas aquáticos.

Ao longo da compreensão de cada estudo científico analisado, é possível perceber que, aspectos ecológicos e comportamentais dos diversos grupos bentônicos são apresentados como questões fundamentais para que as interpretações dos dados científicos de estudos de integridade ambiental ocorram com êxito, visto que, os sistemas aquáticos apresentam uma relação direta com a dinâmica populacional destes organismos (ODUM, 1988).

As questões apresentadas neste estudo retratam que MIB's e insetos aquáticos, estão sendo utilizados com uma maior frequência como ferramentas de avaliação ambiental, visando uma identificação das consequências e soluções para ações antrópicas nos ecossistemas aquáticos.

O presente estudo não tem como objetivo fazer com que esta revisão narrativa seja um manual de conhecimento de MIB's e insetos

aquáticos, visto que, o assunto é tratado de forma breve, mas, faz com que o leitor possa ter o interesse em conhecer mais a respeito destes organismos e a maneira como estes são apresentados em outros estudos.

Ademais, o conhecimento sobre esta temática é relevante para os diversos estudos que interagem com a entomologia aquática e com os sistemas aquáticos, assim, é notável que exista uma preocupação significativa para a conservação e monitoramento de ecossistemas aquáticos, pois, a existência de novas ferramentas eficientes para a conservação e monitoramento de ambientes aquáticos existirá por meio da discussão de temas como este.

Esta revisão busca possibilitar uma orientação sólida para que estudos futuros possam ocorrer com a perspectiva de sanar as lacunas existentes dentro da área de conhecimento apresentada neste estudo.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

ABÍLIO, F. J. P. et al. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da caatinga. *Oecologia brasiliensis*, v. 11, n. 3, p. 397-409, 2007.

ALBA-TERCEDOR, J. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los**



ríos. IV SIAGA, Almeria, vol. II: 203-213, 1996.

ABES, S. da. S. et al. Insetos aquáticos no âmbito de instrumentos de gestão ambiental: caminhos ainda pouco explorados. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**, 2014.

ARAUJO, R. M. G. et al. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de um igarapé por meio de protocolo de avaliação rápida—Rio Branco, AC. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 9, n. 4, p. 29-38, 2020.

BATISTA, G. N. et al. **Determinantes da estrutura de comunidades de insetos aquáticos em riachos na Amazônia: o papel do habitat e da escala espacial**. 2017.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**, 2a ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 1999.

BARBOSA, F. A. R.; Callisto, M & Galdean, N. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: A case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Management**. p.51-59, 2001.

BEGA, J. M. M. et al. Avaliação dos parâmetros químicos de qualidade da água em um ecossistema aquático lótico. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 1, 2020.

BISPO, P. da. C. et al. Assembléias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera de rifles em córregos montanhosos do Brasil Central: fatores ambientais que influenciam a distribuição e abundância de imaturos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 66, n. 2B, p. 611-622, 2006.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Insecta) assemblages from rif-

fles in mountain streams of Central Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.24, n. 2, 2006.

BITAR, O. Y.; ORTEGA, R. D. Gestão Ambiental. p. 499–508 In: OLIVEIRA, A. M. S & BRITO, S. N. A. (Ed.) **Geologia de Engenharia. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia**, p. 850, 1998.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.H.; STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. **Ann. Rev. Entomol**, v. 51, p. 495–523, 2006.

BUSS, D. F. et al. **Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais**. 2008.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Benthic macro-invertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers ('igarapés') in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. **Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas**, v. 15, n. 1/2, p. 1-9, 1998.

CALLISTO, M. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli, R. L.; Esteves, F.A. & Roland, F. **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Eds. IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, p. 139-153 2000.

CALLISTO, M. & MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. **II Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental**, Erechim, 2006.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramentas para avaliar a Saúde de Riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CANDIANI, G.; DE TOLEDO, S. A. Revisão da qualidade do estudo de impacto ambiental centro logístico campo grande: um estudo de caso. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 76, p. 147-160, 2020.

CARMO, M.A.M. & LACERDA L.D. **Limnologia de um brejo entre dunas em Maricá, RJ. In Restingas: origens, estruturas, processos (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turcq, orgs.)**. CEUFF



Universidade Federal Fluminense, Niterói, p.453-458. 1984.

_____. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986.

CORBI, J. J. Invertebrados aquáticos como ferramenta para a avaliação do impacto de metais em córregos adjacentes ao cultivo de cana-de-açúcar. **Ciências ambientais: recursos hídricos**, p. 201, 2020.

CORDEIRO, G. G. et al. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 702-710, 2016.

COUCEIRO, S. R. M. et al. **Efeitos do desmatamento e da poluição sobre a riqueza, densidade e composição de macroinvertebrados aquáticos de igarapés urbanos de Manaus, Amazonas.** 2005.

CUMMINS, K. W.; LAUFF, G. H. A influência do tamanho de partícula do substrato na microdistribuição de macrobentos de corrente. **Hydrobiologia**, v. 34, n. 2, p. 145-181, 1969.

CRISTINA, G.; MICHIO, A. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de inundação do alto rio Paraná: Paraná: distribuição e composição em diferentes ambientes e períodos hidrológicos. **Acta Scientiarum – Biological Sciences**. V. 29, n.1, p. 57-63, 2007.

DA SILVA, F. H. et al. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.

DE LONG, M. D. & BRUSVEN, M. A. Allochthonous input of organic matter from different riparian habitats of an agriculturally impacted stream. **Environmental Management**. v. 18 p. 59-71. 1994.

DE MARCO, JR, P. & LATINI, A. O. **Estrutura de guildas e riqueza de espécies**

em uma comunidade de larvas de Anisoptera (Odonata). In **Ecologia de Insetos Aquáticos (J.L. Nessimian & A.L. Carvalho, eds.)**. Séries Oecologia Brasiliensis, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, v.5, p.101-112. 1998.

DUTRA, S. L.; CALLISTO, M. Macroinvertebrates as tadpole food: importance and body size relationships. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, n. 4, p. 923-927, 2005.

ELNAIEM, D. A; WARD, R. D A resposta de oviposição thigmotrópica do flebotomíneo *Lutzomyia longipalpis* (Diptera: Psychodidae) a fendas. **Annals of Tropical Medicine & Parasitology**, v. 86, n. 4, p. 425-430, 1992.

GIL, A. C. et al. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2002.

GÜNTZEL, A. M. et al. **Diagnóstico do uso do solo no entorno de lagoas marginais ao rio Taquari, Bacia do Médio Taquari, Mato Grosso do Sul, Brasil, por meio de imagem de satélite LANDSAT: influência sobre a diversidade da biota aquática.** SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, v. 6, p. 22-26, 2016.

GOULART, M. D.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

JESUS, M. S. de. **Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica.** 2020.

KEMP, M.; KOCK, K. N.; WEPENER, V.; ROETS, W.; QUINN, L. & WOLMARANS, C. T. Influence of selected abiotic factors on aquatic macroinvertebrate assemblages in the Olifants River catchment, Mpumalanga, South Africa. **African Journal of Aquatic Science**, 39:141-149. 2014.

KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V. S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J. L & A. L Carvalho (eds.): **Ecologia de insetos aquáticos. – Série Oecologia Brasiliensis**, vol. 5, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 157-173 (in Portuguese). 1998.

KILONZO, F. et al. Spatial-temporal variability in water quality and macro-invertebrate



assemblages in the Upper Maria River basin, Kenya. **Physic and Chemistry of the Earth**. 2014.

LEITHOLD, J. **Variabilidade espacial e temporal da matéria orgânica no ecossistema aquático nas bacias hidrográficas do alto e médio Iguaçu**. 2017.

LUCENA, B. K P. et al. **Biodiversidade meiofaunística em ecossistemas aquáticos do Curimataú Ocidental Paraíbano**. 2015.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a Diversidade Biológicas**. Curitiba: UFPR, 2011.

MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 2. reimpr. São Paulo: Editora Atlas, p. 277, 2011.

MARTINS, R. T.; DE OLIVEIRA, V. C.; SALCEDO, A. K. M. **Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos**. 2014.

MARGALEF, R. 1983. **Limnologia**. Ed. Omega, Barcelona.

MANNARINO, C. F. et al. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, p. 3235-3243, 2013.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (EDS.). **An introduction to the Aquatic Insects of North America**. Dubuque, Iowa: Kendall/hunt publishing Co. pp. 772, 1996.

MORAIS, M. et al. Análise físico-química e microbiológica do lixiviado do aterro sanitário de rio branco-ac. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 1, p. 282-292, 2020.

NESSIMIAN, J. L. & CARVALHO, A. L. **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Séries Oecologia Brasiliensis, PPGUEFRJ, Rio de Janeiro. 1998.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Guanabara. Rio de Janeiro, Brasil, 1988.

OLIVEIRA, M. A. de. et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, p. 800-807, 2014.

OLIVEIRA, L. F.; MARTINEZ, C. B. R. Uso da biota no monitoramento da qualidade de ecossistemas aquáticos contaminados por metais. In: **II CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**. 2011.

OMETO, J. P. H. B et al. Efeitos do uso da terra na química da água e macroinvertebrados em dois riachos da bacia do rio Piracicaba, sudeste do Brasil. **Biologia de Água Doce**, v. 44, n. 2, p. 327-337, 2000.

PAMPLIN, P. A. Z.; ROCHA, O. Temporal and bathymetric distribution of benthic macroinvertebrates in the Ponte Nova Reservoir, Tietê (São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**. v.19, n.4, p, 439-452, 2007.

PEARCE, J. L.; VENIER, L. A. **O uso de besouros terrestres (Coleoptera: Carabidae) e aranhas (Araneae) como bioindicadores do manejo florestal sustentável: uma revisão**. **Indicadores ecológicos**, v. 6, n. 4, p. 780-793, 2006.

PEIRÓ D.F. & ALVES R.G. Levantamento preliminar da entomofauna associada a macrófitas aquáticas da região litoral de ambientes lênticos. **Revista Uniara**. Vol. 15, p. 177-188, 2004.

POZO, J. et al. Leaf-litter budgets in two contrasting forested streams. **Limnetica**, v. 13, n. 2, p. 77-84, 1997.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco**. Embrapa, São Paulo, 2000.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. **Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates**. **Chapman and Hall, New York(USA)**, p. 195-223, 1993.

Rosenberg, D. M. & Resh, V.H. **Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. In: **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. (eds.) Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. Chapman and Hall, New York, pp. 1-9. 1993.

SANTOS, C. A.; SOUZA, G. S.; FERREIRA, R. C. B.; LUCHINI, L. C.; HOJO, H.; VIEIRA, E. **Divulgação da ciência e Educação Ambiental através da exposição de insetos**



Ciências Biológicas

aquáticos no Museu Do Instituto Biológico. Educação Ambiental em Ação, nº 56, 2016. Disponível em: <http://www.revistaeta.org/artigo.php?idartigo=2371>, acesso em: 10 Jul. 2020.

SANTOS, H. M. dos. et al. **Composição de entomofauna aquática em diferentes substratos e inventário preliminar dos impactos antrópicos em ambiente lótico**. 2020.

SOUZA, R. C. de. et al. **Utilização de macroinvertebrados na avaliação da qualidade da água sob a influencia do homem**. 2018.

TOLEDO, L.G., NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacias sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan/mar, 2002.

TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Estrutura da comunidade de insetos aquáti-

cos associados à *Pontederia lanceolata* Nutt. **Rev. Bras. Biol.** Vol. 53, p. 103-111. 1993.

VANNOTE, R. L.; SWEENEY, B. W. Análise geográfica de equilíbrios térmicos: um modelo conceitual para avaliar o efeito de regimes térmicos naturais e modificados em comunidades de insetos aquáticos. **The American Naturalist**, v. 115, n. 5, p. 667-695, 1980.

WARD, J.V. **Aquatic Insect Ecology**. Wiley & Sons. Inc., New York. 1992.

WESTON, D. P.; LYDY, M. J. Toxicidade do inseticida fipronil e seus degradados para macroinvertebrados bentônicos de riachos urbanos. **Ciência e tecnologia ambiental**, v. 48, n. 2, p. 1290-1297, 2014.

WHITFIELD, J. Vital signs. **Nature**, vol. 411, p. 989-990. 2001.