

OCOLOGIA BRASILIENSIS

Callisto, M. & F.A. Esteves 1998. Biomonitoramento da macrofauna bentônica de Chironomidae (Diptera) em dois igarapés amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. pp. 299-309. In Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho (eds). *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Series Oecologia Brasiliensis, vol. V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

BIOMONITORAMENTO DA MACROFAUNA BENTÔNICA DE CHIRONOMIDAE (DIPTERA) EM DOIS IGARAPÉS AMAZÔNICOS SOB INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES DE UMA MINERAÇÃO DE BAUXITA

CALLISTO, M. & F.A. ESTEVES

Resumo:

Foi realizado o biomonitoramento da macrofauna de Chironomidae (Diptera) nos igarapés Saracá e Caraná (1°25' e 1°35' latitude sul e 56°15' e 56°25' longitude oeste) visando identificar o grau de alteração das características ecológicas decorrentes das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central. Foi evidenciada maior riqueza taxonômica e maiores abundâncias nas seções represadas destes ecossistemas devido à construção de uma rodoferrovia com o predomínio de *Chironomus* spp., *Goeldichironomus* spp. e *Polypedilum* spp.

Palavras-Chave: Chironomidae, Amazônia, Biomonitoramento.

Abstract:

“Biomonitoring of benthic Chironomidae (Diptera) fauna of two Amazonian ‘igarapés’ influenced by the activities of a bauxite mine”

The biomonitoring of Chironomidae (Diptera, Insecta) benthic larvae on “igarapés” Saracá and Caraná (1°25' and 1°35' S and 56°15' and 56°25' W) was done focusing changes of ecological characteristics resulting from the activities of a bauxite mine in Central Amazonia. The results showed highest taxonomic richness and abundances on sections damed by the construction of a railroad and *Chironomus* spp., *Goeldichironomus* spp. and *Polypedilum* spp. predominated on those areas.

Key-words: Chironomidae, Amazonia, Biomonitoring.

Introdução

Idealmente, a avaliação da qualidade das águas de um rio deve ter como base as características físicas, químicas e biológicas, no sentido de fornecer um espectro completo de informações para um manejo adequado dos recursos hídricos (METCALFE, 1989). Avaliações biológicas devem ser incluídas porque oferecem importantes vantagens sobre as químicas. Por exemplo, os organismos integram as condições ambientais durante longos períodos de tempo, enquanto os dados químicos são instantâneos na natureza e, além disso, requerem um grande número de medições para uma avaliação acurada (DE PAUW & VANHOOREN, 1983). Estudos biológicos têm participado com importantes contribuições para a identificação de toxicidade, poluição orgânica intermitente ou contínua, especialmente nas situações em que mudanças na qualidade da água não são facilmente detectadas por parâmetros químicos (CHUTTER, 1972).

Estudos de monitoramento biológico em rios são normalmente baseados em mudanças na estrutura das comunidades, por exemplo, mudanças na riqueza e equitabilidade taxonômica, densidade, e/ou predominância relativa de **taxa** indicadores (CALLISTO, 1997). Como o tempo necessário para estudar as respostas de todos os grupos de organismos em ecossistemas lóticos sujeitos a impactos antrópicos seria extremamente longo, grupos específicos de organismos têm sido selecionados. Assim, protozoários, algas, macroinvertebrados bentônicos e peixes têm sido empregados em diferentes métodos. No entanto, os macroinvertebrados bentônicos são o grupo que atualmente vêm sendo utilizados em mais de dois terços de todos os métodos biológicos modernos (ROSENBERG & RESH, 1993; FRIBERG & JOHNSON, 1995). As principais razões para esta escolha são:

1- A estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos refletem a qualidade ambiental uma vez que as espécies têm diferentes níveis de tolerância a poluentes.

2- Os macroinvertebrados bentônicos são conspícuos, muitas vezes abundantes, e são relativamente sedentários.

3- Para os macroinvertebrados bentônicos dispõe-se de metodologias de coleta adequadas e já estabelecidas.

4- Os macroinvertebrados bentônicos têm ciclos de vida relativamente longos comparando-se com os organismos do plâncton (variando entre semanas, meses e anos).

Apesar de espécies de vários filios terem invadido os ecossistemas aquáticos continentais, algumas tiveram especial sucesso. A macrofauna bentônica da maioria destes ecossistemas é dominada numericamente (e em termos de biomassa) pelos Insecta (WARD, 1992). Em geral, as formas imaturas de insetos aquáticos e semi-aquáticos são mais importantes do que os adultos nos ecossistemas lóticos e lênticos. Dentre os

Diptera, a família Chironomidae é o grupo mais importante em termos de amplitude de habitats que ocupa, diversidade de hábitos alimentares e estratégias adaptativas (CRANSTON, 1995). O número de espécies de Chironomidae que coexistem em qualquer corpo d'água continental é normalmente muito maior que qualquer outro grupo taxonômico (INT PANIS, 1995). Em certas condições, como em baixas concentrações de oxigênio dissolvido, as larvas de Chironomidae podem ser os únicos insetos presentes no sedimento (EPLER, 1995). Algumas espécies de Chironomidae em sua fase larval apresentam adaptações para viverem em extremos de temperatura, pH, salinidade, profundidade, velocidade de corrente e produtividade (CRANSTON, 1995). Os problemas taxonômicos com as larvas de Chironomidae têm encorajado vários estudos em limnologia e hoje conta-se com chaves de identificação úteis (WIEDERHOLM, 1983; EPLER, 1992, 1995; TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995).

Uma variedade de mecanismos adaptativos foram descobertos entre as larvas de Chironomidae que as capacitam a viver em ambientes com baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Estas adaptações podem ser de natureza fisiológica, morfológica, ou comportamental, sendo importantes tanto em curtos períodos de tempo, como em exposições prolongadas a baixas concentrações de oxigênio. Muitas espécies de Chironomidae sintetizam um pigmento respiratório semelhante à hemoglobina que tem o papel de transportar e estocar oxigênio. Como a hemoglobina dos Chironomidae tem alta afinidade pelo oxigênio (WEBER, 1980), ela é funcional em condições de baixas concentrações de oxigênio externo (e.g. WALSHE, 1950). Durante períodos de anoxia ambiental, as larvas de Chironomidae possuem a habilidade de manterem-se com um metabolismo anaeróbico (WILPS & ZEBE, 1976; FRANK, 1983). Adaptações comportamentais das larvas de Chironomidae incluem aumento do fluxo de oxigênio em suas tocas (ou lojas) (LEUCHS, 1986; HEINIS & CROMMENTUIJN, 1992; CALLISTO *et al.*, 1996) ou evitação de ambientes inóspitos com migração para outros mais favoráveis (WÜLKER, 1961).

Em ecossistemas lóticos, as condições hidrológicas desempenham um papel fundamental nos padrões de densidade de macroinvertebrados bentônicos e distribuição de poluentes, bem como em suas interações. Muitos igarapés na Amazônia, como os igarapés Saracá e Caranã em Porto Trombetas (Pará), estão sujeitos a variações de nível d'água decorrentes das fortes chuvas na região (CALLISTO, 1996; CALLISTO *et al.*, 1998; CALLISTO, 1997).

Na região de Porto Trombetas inúmeros corpos d'água têm sido afetados direta ou indiretamente pelas atividades de uma mineração de bauxita. As alterações incluem represamento de vários igarapés decorrente da construção de uma rodo-ferrovia que liga a vila de Porto Trombetas à mina de bauxita, com profundas modificações do hidrodinamismo, conteúdo de matéria orgânica e granulometria do sedimento (FONSECA *et al.*, 1997). Além disso, em alguns trechos tem sido evidenciada a presença de minério de bauxita no leito destes corpos d'água, além do lançamento de rejeito de lavagem de minério de bauxita no igarapé Caranã.

O objetivo desta pesquisa foi, através da composição da macrofauna bentônica de Chironomidae, na perspectiva de biomonitoramento ecológico, identificar alteração dos padrões de estrutura da taxocenose decorrente de represamentos e lançamento de rejeito de bauxita nos igarapés Saracá e Caranã.

Área de Estudos

Os igarapés Saracá e Caranã localizam-se entre 1°25' e 1°35' latitude sul e 56°15' e 56°25' longitude oeste, próximos à localidade de Porto Trombetas, no município de Oriximiná, no Estado do Pará (CALLISTO, 1997; CALLISTO *et al.*, 1998; CALLISTO & ESTEVES, 1998).

Material e Métodos

As coletas foram realizadas nos períodos de chuvas (maio-junho) e seca (outubro-novembro) dos anos de 1994 e 1995.

Em ambos os ecossistemas foram estabelecidas três estações amostrais. No igarapé Saracá, a estação 1 (natural) localizou-se a cerca de 4 km a montante da rodoferrovia; a estação 2, na área represada (coluna d'água com cor escura, provavelmente devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos); a estação 3, a jusante cerca de 200 m da rodoferrovia, próxima à região litorânea do igarapé, em um trecho que ainda conserva suas características naturais.

No igarapé Caranã a estação 1 localizou-se a 2 km a montante da rodoferrovia, em um trecho natural do igarapé; a estação 2, a jusante da rodoferrovia, a cerca de 200 m, em um ponto central do igarapé (provavelmente também rica em compostos húmicos) e a estação 3, a cerca de 2 km abaixo da rodoferrovia em um trecho onde durante 10 anos foi lançado o rejeito de lavagem de bauxita.

As amostras de água foram coletadas a cerca de 10 cm do fundo com garrafa de Van Dorn. A temperatura foi estimada com um termômetro eletrônico, com precisão de 0,1 °C e a transparência da coluna d'água, através de disco de Secchi. O pH e condutividade elétrica da coluna d'água foram medidos, respectivamente, por meio de phmetro e condutímetro portáteis. Os valores de alcalinidade total foram obtidos pelo método Gran, modificado por CARMOUZE (1984). Oxigênio dissolvido, através do método de Winkler, modificado por GOLTERMAN *et al.* (1978).

As amostras de sedimento foram coletadas com um coletor tipo **core** com área de 0,025 m², sendo analisada a fração superficial (0-10 cm). Em cada estação amostral foram coletadas 6 amostras: 5 para estudo da macrofauna e 1 para análise granulométrica e nutrientes. No laboratório, foram lavadas sobre duas peneiras com abertura de malha de 1,00 e 0,50 mm, triadas em microscópio estereoscópico, e os organismos preservados em álcool 70 %. A identificação das larvas de Chironomidae seguiu metodologia utilizada por CALLISTO *et al.* (1996).

Para as análises de carbono orgânico (C-orgânico), nitrogênio total (N-total), fósforo disponível (P-disponível), as amostras de sedimento foram acondicionadas em potes plásticos e secas em estufas a 60°C. Os teores de carbono orgânico foram estimados pelo método de oxidação com dicromato de potássio segundo EMBRAPA (1975); nitrogênio total através do método de N-Kjedahl, descrito por ALLEN *et al.* (1974) e fósforo disponível a partir de extração conforme proposto por ESTEVES (1983) e determinados de acordo com GOLTERMAN *et al.* (1978). Para a análise da composição granulométrica foi seguida a metodologia proposta por SUGUIO (1973).

Resultados

Os igarapés Saracá e Caranã caracterizam-se por serem rasos e possuírem água com pH ácido (< 5,0), baixa condutividade elétrica e alcalinidade total, além de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido no fundo da coluna d'água, e estão sujeitos a uma pequena variação de nível d'água em função dos períodos de chuvas e seca na região (<0,5 m) (Tab. I). Comparativamente, as estações Saracá-2 e Caranã-2 apresentam águas escuras (provavelmente devido a ácidos húmicos e fúlvicos) e sedimento com maiores teores de C, N e P. A granulometria do sedimento é predominantemente arenosa nas estações Saracá-1, Saracá-3 e Caranã-1, silte-argilosa nas estações represadas e na estação Caranã-3.

Tabela I: Variáveis abióticas (média e desvio padrão) das estações amostrais dos igarapés Saracá e Caranã, considerando os períodos amostrais de chuvas e seca dos anos de 1994 e 1995.

Variáveis	Saracá-1	Saracá-2	Saracá-3	Caranã-1	Caranã-2	Caranã-3
COLUNA D'ÁGUA						
Temperatura (°C)	26,53+1,51	26,63+2,0	27,7+3,35	25,7+0,95	27,6+1,76	30,03+2,5
Profundidade (m)	1,73+0,79	2,85+0,51	1,20+0,91	1,23+0,79	1,18+0,91	0,6+0,14
Transparência (m Secchi)	1,43+0,88	1,58+0,97	1,2+0,91	1,11+0,7	0,8+0,41	0,46+0,13
pH	4,59+0,16	4,69+0,16	4,69+0,35	4,18+0,5	4,51+0,65	4,83+0,87
Condutividade Elétrica (µS/cm)	16,8+16,25	28,1+30,9	11,28+2,8	33,5+32,7	11,5+5,81	10,98+7,4
Alcalinidade Total (mEq/lCO ₂)	44,77+89,5	65,7+83,6	46,8+93,7	44,2+48,4	24,2+18,4	2,55+5,1
Oxigênio Dissolvido (% sat.)	83,6+13,15	77,0+26,8	85,5+13,2	63,9+32,4	78,7+24,9	96,5+10,1
SEDIMENTO						
C-orgânico	2,64+4,82	17,6+10,4	3,31+4,66	9,07+15,5	3,21+1,43	0,47+0,77
N-total	1,34+2,44	4,2+4,36	1,22+2,03	1,33+1,78	0,51+0,45	0,12+0,08
P-disponível	60,0+69,36	115+146	9,24+7,72	6,79+9,4	11,4+14,6	4,7+8,49
Areias (%)	83,88+26,4	55,3+41,1	65,2+46,8	59,7+48,2	23,6+47,3	35,9+47,2
Siltos (%)	15,24+26,4	33,7+30,3	22,7+31,7	40,6+37,3	47,8+30,5	35,4+30,2
Argilas (%)	0,88+0,22	11,1+13,7	12,1+15,2	7,7+14,1	28,5+20,2	28,7+29,7

Comparativamente, as estações Saracá-2 e Caranã-2 apresentam águas escuras (provavelmente devido a ácidos húmicos e fúlvicos) e sedimentos ricos em C-orgânico, N-total e P-disponível (FONSECA *et al.*, 1998). A granulometria do sedimento é predominantemente formada por sedimentos finos. Foi observado que a macrofauna bentônica de Chironomidae apresentou um padrão de estrutura e distribuição espaço-temporal fortemente relacionado às características físicas, químicas e físico-químicas analisadas. Foi observada a ocorrência de organismos detritívoros nestas seções dos

igarapés, que estariam utilizando os restos vegetais oriundos da vegetação de terra firme que foi alagada devido ao represamento e que são responsáveis pelos elevados teores de matéria orgânica no sedimento. Na tabela II é apresentada a relação taxonômica e classificação de abundância (raro, comum e abundante) da macrofauna de Chironomidae encontrada nos igarapés Saracá e Caraná. Foi evidenciado o predomínio dos gêneros da subfamília Chironominae, especialmente *Chironomus* spp., *Goeldichironomus* spp. e *Polypedilum* spp. A maior riqueza e as maiores abundâncias foram encontradas nas estações Saracá-2 e Caraná-2. Larvas de Tanytarsini foram abundantes nas estações represadas de ambos os ecossistemas. Na estação Caraná-3 não foram encontrados organismos no período de chuvas dos dois anos e apenas poucas larvas de *Ablabesmyia* spp., *Chironomus* spp. e *Polypedilum fallax* nos períodos de seca foram registradas.

Tabela II: Relação taxonômica de Chironomidae (1 Raro, < 25% das amostras, 2 Comum, 25-75% das amostras, 3 Abundante, > 75% das amostras).

Taxa	Igarapé Saracá			Igarapé Caraná		
	1	2	3	1	2	3
Subfamília Tanytopodiinae						
Tribo Coelotanytopodiini						
gênero novo (Fittkau, com. pess.)						
		2				
Tribo macropelopiini						
<i>Alotanypus</i> sp.	1	1		1		
<i>Monopelopia</i> sp.		1				
Tribo Pentaneurini						
<i>Ablabesmyia</i> spp.	1					1
<i>Labrundinia</i> sp.		1	1			
próximo <i>Labrundinia</i> sp.		1	1			
<i>Larsia</i> sp.	1	2	1			
Tribo Procladiini						
<i>Djalmabatista</i> sp.	1	1	1	1		
Tribo Tanypodini						
<i>Tanypus</i> sp.	1	3		2		
Subfamília Orthoclaadiinae						
próximo <i>Cricotopus</i> sp.			1			
próximo <i>Nanocladus</i> sp.			1			
próximo <i>Orthocladus</i> sp.		1			1	
próximo <i>Thienemanniella</i> sp.		1			1	
Subfamília Chironominae						
Tribo Chironomini						
<i>Beardius</i> sp.			1			
<i>Chironomus</i> spp.	1	3	3	1		1
<i>Cladopelma</i> sp.	1	2		1		
<i>Dicretendipes</i> sp.	1	1				
<i>Goeldichironomus</i> spp.		3	1	1		
<i>Nilothauma</i> sp.		1				
<i>Parachironomus</i> sp.		1		1		
<i>Polypedilum fallax</i>		2	1			1
<i>Polypedilum</i> (<i>Tripodura</i>)	1					
<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>)		2		1		
<i>Polypedilum</i> sp.	1		1			
<i>Stenochironomus</i> sp.		1	1			
<i>Tribelos</i> sp.		1	1			
próximo <i>Tribelos</i> sp.		1				
<i>Zavreliella</i> sp.		1				
próximo <i>Zavreliella</i> sp.		1				
Tribo Tanytarsini	1	3	1	1	3	

Discussão

A presença de *Goeldichironomus* spp. no sedimento dos ecossistemas estudados concorda com FITTKAU (1971) e PINDER & REISS (1983) que caracterizam a planície amazônica como área de distribuição geográfica deste gênero.

As larvas de Chironomidae que foram encontradas vivendo no sedimento dos igarapés Saracá e Caranã pertencem a vários gêneros acidófilos como *Monopelopia*, *Djalmabatista*, *Polypedilum* e *Zavreliella* (REISS, 1990; NESSIMIAN & SANSEVERINO, 1995). Por outro lado, os gêneros *Ablabesmyia*, *Larsia*, *Tanypus*, *Chironomus*, *Dicrotendipes*, *Polypedilum*, são conhecidos por sua distribuição cosmopolita (FITTKAU & ROBACK, 1983; PINDER & REISS, 1983). Deve-se ressaltar ainda que algumas espécies de *Chironomus* spp. preferem ou estão restritas a corpos d'água com compostos húmicos e fúlvicos, podendo explicar sua ocorrência nas estações Saracá-2 e Caranã-2 (represadas e com águas com cor preta).

Comparando-se as estações Saracá-2 e Caranã-2 com as áreas naturais, nota-se claramente as consequências decorrentes do represamento oriundo da construção da rodoferrovia. Na estação Saracá-2 foi constatado o aumento na riqueza taxonômica de gêneros de Chironomidae (CALLISTO, 1997) e dos valores de densidade de organismos (CALLISTO et al., 1998). Na estação Caranã-2 há maior colonização de macrófitas aquáticas enraizadas com folhas flutuantes. Provavelmente, como a correnteza neste trecho é menor, devem ser acentuadas as taxas de produção de H_2S e CH_4 no fundo da coluna d'água, devido à decomposição da matéria orgânica. Assim, neste trecho não foi observado aumento na riqueza taxonômica ou nos valores de densidade de organismos, tendo sido encontradas larvas vermelhas de Chironominae. Esta coloração deve-se à presença de um pigmento semelhante à hemoglobina o que favorece a ocorrência destes organismos em áreas com baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Deve-se destacar ainda que as estações naturais no igarapé Saracá apresentaram uma composição taxonômica mais rica do que a estação Caranã-1. Estes dados podem estar relacionados ao fato de que o igarapé Saracá encontra-se melhor preservado ecologicamente, sobretudo considerando-se a forte influência do rejeito de bauxita no igarapé Caranã. Por outro lado, nas estações Caranã-2 e Saracá-2 observou-se um grande número de **taxa** comuns. Estes resultados podem ser relacionados a uma composição taxonômica mais estável, em função de uma menor variação dos parâmetros abióticos, disponibilidade de matéria orgânica (em termos quali e quantitativos) e relações bióticas.

Com a construção de uma rodoferrovia que liga a mina de bauxita à vila de Porto Trombetas, vários igarapés foram represados, tendo o seu leito original alterado. Este processo levou à formação de "baías" onde estes trechos passaram de ambientes lóticos a ambientes lênticos. Com isso, a vegetação de terra firme que vivia às margens destes igarapés foi inundada, perecendo, restando apenas alguns troncos eretos nas

áreas represadas. A construção da rodoferrovia provocou a queda acidental de materiais utilizados na sua construção para dentro dos corpos d'água (estações represadas). Isto resultou em sedimentos com maiores teores de siltes e argilas, provavelmente carregados pelas chuvas ou erosão das margens. Além disso, analisando-se os dados de C-orgânico, N-total e P-disponível, foi encontrado que houve um aumento dos teores de matéria orgânica no sedimento, além da mudança na coloração da água, passando de límpida e transparente nas estações Saracá-1 e Caranã-1 a uma coloração escura (tipo cor de chá forte), característica de ecossistemas aquáticos ricos em ácidos húmicos e fúlvicos (estações Saracá-2 e Caranã-2), favorecendo um aumento na riqueza e abundância da macrofauna.

Os baixos valores de nutrientes no sedimento encontrados na estação Caranã-3 podem ser atribuídos à presença de rejeito de lavagem de minério de bauxita neste trecho do igarapé, que foi responsável por profundas alterações nas características ecológicas deste trecho do ecossistema (CALLISTO, 1996; CALLISTO *et al.*, 1998; CALLISTO, 1997; FONSECA *et al.*, 1998). Foram observados valores mais elevados de temperatura da coluna d'água, provavelmente devido à maior retenção de calor pelas partículas de argilas em suspensão e afinamento da granulometria do sedimento, refletindo as condições criadas pelo lançamento de rejeito de bauxita por 10 anos naquele local. Nesta seção do ecossistema foi detectado o mais elevado grau de comprometimento da macrofauna de Chironomidae, com drástica redução de formas na composição taxonômica comparando-se com as outras duas estações de coleta (nos períodos de seca) até total ausência de organismos nos períodos de chuvas.

O grande interesse acerca das respostas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos às condições de qualidade de água está fortemente baseada na urgente necessidade de monitoramento e manejo dos ecossistemas estudados. Na região de Porto Trombetas existem vários igarapés que vêm apresentando alterações em suas condições ecológicas devido a influências pontuais ou não pontuais da mineração de bauxita. Comparando-se áreas naturais e áreas impactadas, os dados obtidos evidenciaram profundas alterações nos padrões de estrutura e distribuição da macrofauna bentônica de Chironomidae, decorrentes de represamentos, lançamento de rejeitos ou minério de bauxita, capazes de caracterizar estes organismos como bons indicadores das alterações ecológicas nestes corpos d'água.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos colegas do Laboratório de Limnologia da UFRJ e especialmente a J.J.F. Leal e J.F. Gonçalves Jr pela ajuda nas coletas de campo e aos dois revisores anônimos pelas críticas e sugestões ao manuscrito. Pesquisa financiada pela Mineração Rio do Norte S.A., CAPES e CNPq.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, S.E., GRIMSHAW, H.M., PARKINSON, J.A. & C. QUARMBY, C. 1974. *Chemical analysis of ecological materials*, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 565p.
- CALLISTO, M. 1996. Macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita (Porto Trombetas, Pará). Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGB/IBFCCF), Rio de Janeiro, 140p.
- CALLISTO, M. 1997. Larvas bentônicas de Chironomidae em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita. pp. 89-98. **In:** Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- CALLISTO, M. & F. A. ESTEVES 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). *In:* Nessimian, J.L. & A.L. Carvalho (Eds), *Ecologia de Insetos Aquáticos (Oecologia brasiliensis V)*, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 223-234.
- CALLISTO, M., SERPA-FILHO, A., DE OLIVEIRA, S.J. & F.A. ESTEVES 1996. Chironomids on leaves of *Typha domingensis* in a lagoon of Rio de Janeiro State (Brazil). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **31** (1): 50-52.
- CALLISTO, M., FONSECA, J.J.L. & J.F. GONÇALVES, JR. 1998. Benthic macroinvertebrates of four amazonian streams influenced by bauxite mine (Brazil). *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, **26**: 983-985.
- CARMOUZE, J.-P. 1984. Généralisation d'une méthode de détermination du carbone minéral total par pHmétrie dans les eaux. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, **17**(3): 175-189.
- CHUTTER, F.M. 1972. An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research*, **6**: 19-30.
- CRANSTON, P. (ed.) 1995. *Chironomids: From genes to ecosystems*. Proceedings of the 12th International Symposium on Chironomidae, (January 23-26, 1994, Canberra), CSIRO, East Melbourne, 450p.
- DE PAUW, N. & VANHOOREN, G. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, **100**: 153-168.

- EMBRAPA, 1975. Manual de análise de solos II. (mimeografado), 60 p.
- EPLER, J.H. 1992. *Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida*. Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 427p.
- EPLER, J.H. 1995. *Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida* (2nd. ed.) Department of Environmental Regulation, Tallahassee, 565p.
- ESTEVES, F.A. 1983. Levels of phosphate, calcium, magnesium and organic matter in the sediments of some Brazilian reservoirs and implications for the metabolism of the ecosystems. *Archiv für Hydrobiologie*, **96**(2): 129-138.
- FITTKAU, E.J. 1971. Distribution and ecology of amazonian chironomids (Diptera). *Canadian Entomologist*, **103**: 407-413.
- FITTKAU, E.J. & S.S. ROBACK. 1983. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region - Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T. (ed.) Chironomidae of the Holarctic region - keys and diagnoses, Part 1 - Larvae. *Entomologica Scandinavica* (Suppl.), **19**: 33-110.
- FONSECA, J.J.L., GONÇALVES, JR, J.F. & M. CALLISTO 1998. C, N, P e composição granulométrica do sedimento em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência de uma mineração de bauxita. pp. 1373-1380. In: Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- FRANCK, C. 1983. Ecology, production and anaerobic metabolism of *Chironomus plumosus* L. larvae in a shallow lake. II Anaerobic metabolism. *Archiv für Hydrobiologie*, **96**: 354-362.
- FRIBERG, N. & R.K. JOHNSON (eds). 1995. *Methods for biological monitoring of streams in the Nordic countries based on macroinvertebrates*. NMR report, Uppsala, 12p.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S. & M.A.M., OHNSTAD 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*, Blackwell Scientific Publication, Londres, 214p.
- HEINIS, F. & T. CROMMENTUIJN 1992. Behavioural responses to changing oxygen concentrations of deposit feeding chironomid larvae of littoral and profundal habitats. *Archiv für Hydrobiologie*, **124**: 173-185.
- INT PANIS, L. 1995. The spatial distribution of benthic invertebrates in standing waters. Tese de doutorado. Universitaire Instelling Antwerpen, Antwerpen, 181 p.
- LEUCHS, H. 1986. Die Schlängelaktivität von *Chironomus* Larven (Diptera) aus flachen und tiefen Gewässern und die resultierenden Wasserzirkulationen in Abhängigkeit von Temperatur und Sauerstoffangebot. *Archiv für Hydrobiologie*, **108**: 281-299.

- METCALFE, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on Macroinvertebrate Communities: history and present status in Europe. *Environ. Pollut.*, **60**: 101-139.
- NESSIMIAN, J.L. & A.M. SANSEVERINO 1995. Structure and dynamics of Chironomid fauna from a sand dune marsh in Rio de Janeiro State, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **30**(4): 207-219.
- PINDER, L.C.V. & F. REISS 1983. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holartic region - Keys and diagnoses. **In:** WIEDERHOLM, T. (ed.) *Chironomidae of the Holartic region - keys and diagnoses* (part 1 - Larvae). *Entomologica Scandinavica* (Suppl.), **19**: 293-435.
- REISS, F. 1990. Revision der gattung *Zavreliella* Kieffer, 1920. *Spixiana*, **13** (1): 83-115.
- ROSENBERG, D.M. & V.H. RESH 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 488p.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blucher LTDA / EDUSP, São Paulo, 317p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S. & G. STRIXINO 1995. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - Guia de Identificação e diagnose dos gêneros*. Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 229p.
- WALSHE, B.M. 1950. The function of haemoglobin in *Chironomus plumosus* under natural conditions. *Journal of Experimental Biology*, **27**: 73-95.
- WARD, J.V. 1992. *Aquatic Insect Ecology. Biology and habitat*. J. Wiley & Sons Inc., New York, 438p.
- WEBER, R. 1980. Functions of invertebrate hemoglobins with special reference to adaptations to environmental hypoxia. *American Zoologist*, **20**: 79-101.
- WIEDERHOLM, T. 1983. *Chironomidae of the Holartic region - keys and diagnoses* (part 1 - Larvae). *Entomologica Scandinavica* (Suppl.), **19**: 1-457.

Endereço:

CALLISTO, M.* & F.A. ESTEVES

Lab. Limnologia, Dep. Ecologia, Inst. Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, CCS, bl.A, Ilha do Fundão, Cidade Universitária, CP 68040, CEP 21.941-540, Rio de Janeiro, RJ.

* Endereço atual: Lab. Limnologia/Ecologia de Bentos, Dep. Biologia Geral, ICB, Universidade Federal de Minas Gerais, CP 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG.