



**Centro de Tecnologia Mineral**  
**Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**  
**Coordenação de Processos Mineraiis – COPM**

## **CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E TEORES DE MERCÚRIO EM SEDIMENTOS E EM PEIXES**

Zuleica Castilhos  
Ricardo Cesar  
Juan Colonese  
Silvia Egler  
Patrícia Araújo  
Walter Felzmann  
Gustavo Merten  
Bruno Rocha  
Sandro Touche

**CCL00640012** – Capítulo do livro "Ecorregiões Aquáticas Xingu-Tapajós" - 2012, pg  
103-138.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E TEORES DE MERCÚRIO EM SEDIMENTOS E EM PEIXES

Zuleica Castilhos, Ricardo Cesar, Juan Colonese, Silvia Egler,  
Patrícia Araújo, Walter Felzmann, Gustavo Merten, Bruno Rocha, Sandro Touche

### 4.1 Introdução

Os solos e sistemas fluviais são considerados compartimentos-chave para a manutenção da biodiversidade aquática. Entretanto, a partir da década de 60, estes ecossistemas vêm sofrendo profundas alterações ambientais na região Amazônica, em decorrência, principalmente, da acelerada ocupação e crescimento urbano e rural, na área de estudo, ao longo das rodovias Transamazônica, Cuiabá-Santarém (BR 163), com o avanço da fronteira agrícola da soja principalmente no Estado do Mato Grosso, da expansão da pecuária, principalmente na região Sul do Estado do Pará, com intensa exploração madeireira e também com atividades garimpeiras, em especial, de mineração artesanal de ouro (Walker & Homma, 1996; Castilhos, 1999). Esta é freqüentemente associada à poluição mercurial em ecossistemas aquáticos amazônicos (Souza, 1999, Castilhos, 1999; Castilhos *et al.*, 2004b; Rodrigues-Filho *et al.*, 2005). O garimpo de ouro tem retornado com intensidade nos últimos anos, como conseqüência da forte elevação do preço do ouro, devido à crise econômica internacional.

Independentemente da fonte de poluição e da forma química do mercúrio liberado, o eficiente processo de metilação que acontece nos sistemas aquáticos transforma o mercúrio inorgânico em metilmercúrio, o qual tende a bioconcentrar na biota e biomagnificar na cadeia trófica aquática, atingindo os maiores teores em peixes de topo de cadeia (WHO, 1990). A ingestão de peixes contaminados é a mais importante via de exposição do ser humano ao metilmercúrio com reconhecidos efeitos neurotóxicos. Para a estimativa de risco à saúde humana, em geral, coletam-se espécimes de peixes comerciais de tamanho comestível pela população. Embora a avaliação da contaminação de peixes de pequeno porte seja pouco corrente, ela pode originar importantes dados sobre a saúde do ecossistema aquático. Neste sentido, peixes como os lambaris, mesmo os espécimes de pequeno comprimento e de baixa biomassa, podem apresentar elevados teores de Hg, conforme demonstrado em Castilhos *et al.* (2009), em ambientes cujas condições biogeoquímicas propiciem a biodisponibilidade do metal.

Os garimpos de ouro são atuantes no oeste do Estado do Pará, sobretudo na região dos municípios de Itaituba, Trairão e Jacareacanga, sendo que a produção de ouro chegou a um ápice na década de 80. A existência da Reserva Garimpeira de Ouro

do Tapajós, com quase 25.000 km<sup>2</sup>, tem sido apontada como uma das mais importantes fontes de mercúrio para o meio ambiente amazônico. O mercúrio pode ser transportado ao longo da drenagem na forma dissolvida e/ou associado ao material particulado em suspensão. Diversos afluentes da bacia do rio Tapajós drenam a reserva garimpeira. Os rios Crepori e Jamanxin são grandes contribuidores de material particulado oriundo das atividades do garimpo. Considera-se, ainda, que os garimpos de ouro atuem além desta área, para uma extensão de até quatro vezes a reserva.

O rio Teles Pires, formador do Rio Tapajós, e seus principais afluentes também sofreram intensa atividade garimpeira de ouro, principalmente na altura dos municípios de Alta Floresta e Peixoto de Azevedo, no Estado do Mato Grosso. Diversos estudos de avaliação de contaminação por mercúrio em águas fluviais, sedimentos, vegetais e peixes foram realizados nestas áreas (Rodrigues *et al.* 1995; Castilhos, 1999; Egler *et al.* 2006). Em áreas de garimpo de ouro, os teores médios de mercúrio em rejeitos dispostos sobre os solos podem atingir valores acima de 300ppm, enquanto peixes carnívoros mostram elevados teores em tecido muscular. Estes resultados foram encontrados em trabalhos realizados em garimpos de ouro dentro da Reserva Garimpeira do Tapajós (Rodrigues-Filho *et al.*, 2005). Peixes carnívoros atingiram até 20 ppm, ou seja, 40 vezes acima do valor de referência de 500ppb de mercúrio para consumo humano (considerando uma taxa de consumo cerca de 30 vezes menor do que as taxas de consumo de pescado de populações ribeirinhas).

No rio Xingu e em alguns de seus afluentes tem sido apontada a existência de garimpos de ouro, mas em número e magnitude ainda não comparáveis aos da bacia do rio Tapajós.

Por estas razões, maior esforço amostral de matrizes abióticas em escala regional foi priorizado, de modo a fornecer subsídios importantes ao entendimento dos ciclos biogeoquímicos e dos mecanismos de biodisponibilidade/mobilidade no ambiente, bem como à delimitação de sub-ecorregiões a serem priorizadas em futuros programas de controle ambiental e de conservação da biodiversidade.

Este capítulo apresenta os principais resultados de parâmetros físico-químicos e de concentração de metais traços em águas fluviais, bem como dos teores de mercúrio em sedimentos coletados em escala regional na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós e em peixes de pequeno porte oriundos do rio Teles Pires.

## 4.2 Materiais e métodos

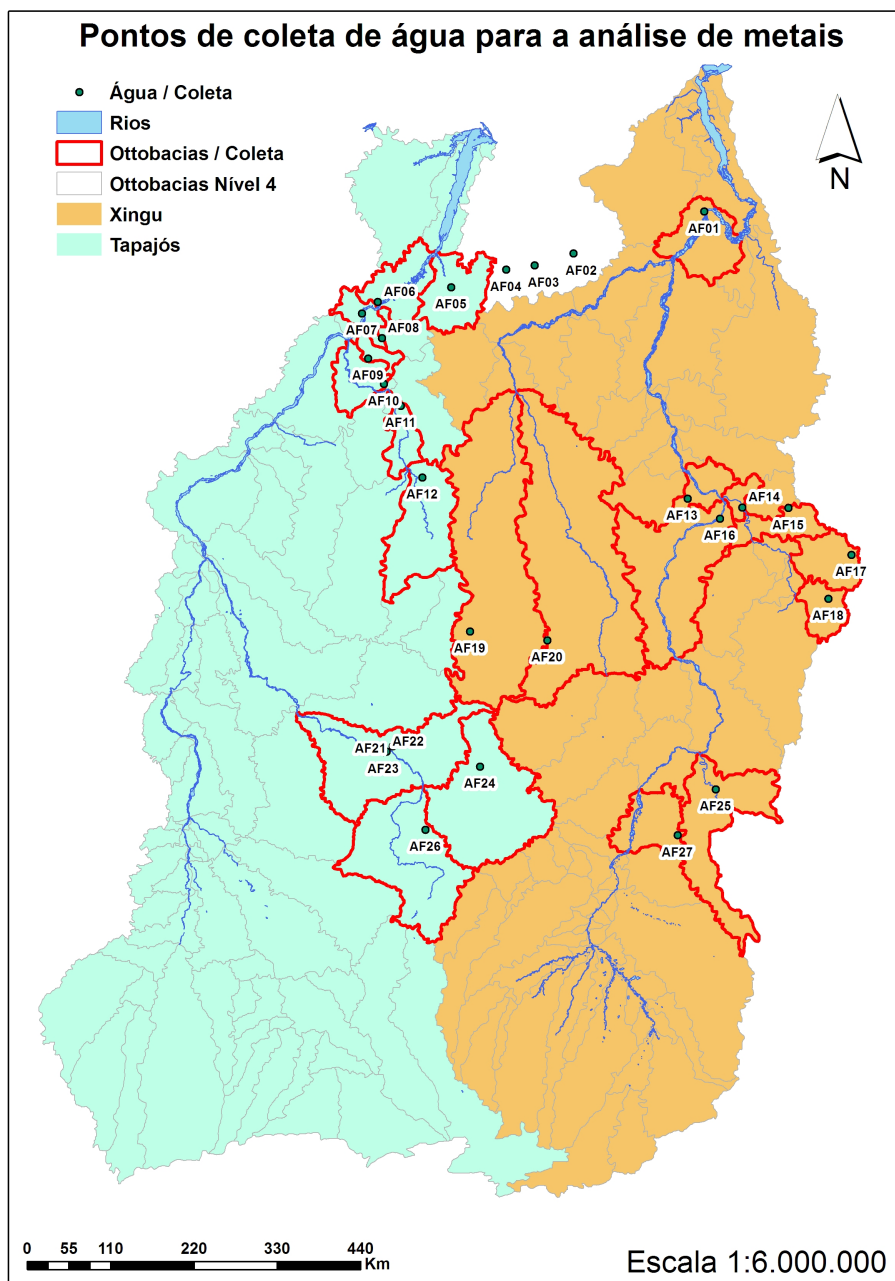
### 4.2.1 Amostragem

A campanha de coleta foi previamente descrita no Capítulo 1 e será abordada apenas no detalhamento específico para a amostragem de águas fluviais, sedimentos fluviais de corrente e peixes.

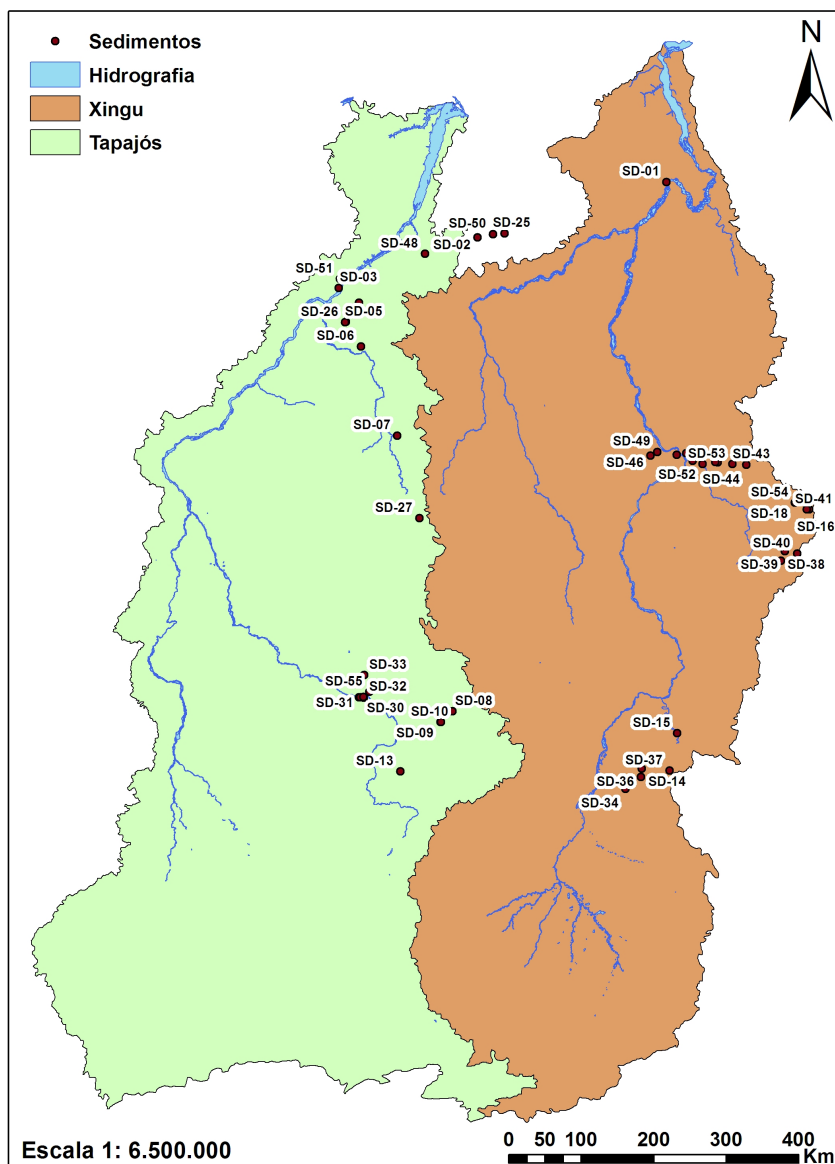
As amostras de água (77 amostras) foram coletadas com o auxílio de recipiente de polietileno. Em campo, as amostras foram conservadas em meio ácido ( $\text{HNO}_3$ ) e enviadas ao Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA), CETEM, para a quantificação do HgT. A análise dos teores dos demais metais (Al, As, Ba, Be, Cd, Ca, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, V, Zn e U) em águas foi realizada em 27 amostras pré-selecionadas, visando incluir pelo menos uma amostra de cada Ottobacia amostrada (Figura 4-1). Estas determinações foram realizadas pelo Laboratório de Química Analítica da empresa INNOLAB do Brasil Ltda.

As amostras de sedimentos fluviais foram coletadas em 55 diferentes locais (Figura 4-2), a 20 cm de profundidade, acondicionadas em sacos plásticos rotulados e enviadas ao Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental (LEMA) do CETEM. No laboratório, as amostras foram secas à temperatura ambiente, desagregadas com gral e pistilo de porcelana, peneiradas a 0,075 mm e posteriormente analisadas para mercúrio total (HgT).

As amostras de peixes foram coletadas na bacia do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta. O procedimento de amostragem envolveu redes de arrasto de praia, redes de espera, puçás, tarrafas e espinhel. Os peixes foram fotografados e/ou identificados pelos especialistas em campo, medidos e pesados. As amostras de músculo foram devidamente retiradas e acondicionadas em saco plástico. Após serem congeladas, as mesmas foram enviadas ao LEMA/CETEM para quantificação do HgT (resultados em peso úmido).



**Figura 4-1. Pontos de coleta selecionados para determinação de outros metais tóxicos (além de Hg) em águas fluviais.**



**Figura 4-2. Pontos de amostragem de sedimentos fluviais na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós.**

#### **4.2.2 Determinação de parâmetros físicos e químicos**

##### **4.2.2.1 Parâmetros físico-químicos**

A determinação de parâmetros físico-químicos – pH, oxigênio dissolvido (O.D.), condutividade elétrica e turbidez – em águas fluviais foram realizadas em campo com o auxílio de pHmetro portátil marca Alfakit (modelo AT 300), oxímetro portátil marca Digimed (modelo DM-4P) e condutímetro portátil marca Alfakit (modelo AT 230).

As análises de pH dos sedimentos foram efetuadas por meio de eletrodo combinado imerso em uma suspensão solo:líquido na proporção 1:2,5 (água), conforme EMBRAPA (1997). A análise granulométrica dos sedimentos foi realizada por via úmida, de acordo com os procedimentos descritos em Guy (1969). Para reduzir custos, a análise granulométrica foi realizada em amostras pré-selecionadas, visando a obtenção de uma representatividade espacial para toda a Ecorregião. Esta análise foi realizada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

#### **4.2.2.2 Elementos tóxicos e essenciais**

A determinação de mercúrio total (HgT) em amostras de águas, sedimentos e músculo de peixe foi realizada com o equipamento portátil LUMEX (RA 915+), específico para análises de HgT por espectrofotometria de absorção atômica baseada no diferencial Zeeman, tendo acoplado uma câmara de pirólise. O equipamento trabalha de acordo com o princípio da destruição térmica da amostra seguida pela determinação da quantidade de vapor de Hg. A concentração do vapor do Hg é medida por uma célula analítica pela diferença de intensidade de radiação. Precisão e acuracidade das análises foram acompanhadas através do uso de amostras certificadas (NIST 2709 San Joaquin Soil, para amostras abióticas, e IAEA 407 *fish homogenate*, para amostras bióticas) e cálculo de erro absoluto, respectivamente, sendo aceitos erros máximos de 10 %. O limite mínimo de detecção do método é de 0,005 mg/kg – mg/L.

A determinação do teor total dos demais elementos traços (Al, As, Ba, Be, Cd, Ca, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, V, Zn e U) foi efetuada para amostras de águas fluviais previamente selecionadas, de modo a abranger pelo menos uma amostra para cada Ottobacia estudada, conforme metodologia recomendada pela Agência Nacional de Águas (ANA). A seleção dos elementos traços foi baseada nas recomendações da Resolução 357 do CONAMA (2005). O procedimento analítico empregado consistiu no pré-tratamento de 100 mL de amostra com 50 mL de água régia (HCl:HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>O – 4:1:1). A mistura obtida foi então submetida à secura em chapa a 100°C, sendo retomada com água destilada para leitura em ICP-OES (Horiba Jobin Yvon, Ultima 2). Os limites mínimos de detecção, em mg/kg, do método empregado são: 0,01 (Al, V); 0,007 (As), 0,02 (Ba, Fe, Mg, Ca); 0,01 (Be); 0,001 (Cd); 0,004 (Pb, Zn, Ni); 0,001 (Co, Cu, Cr); 0,003 (Mn).

### 4.2.3 Avaliação da magnitude da contaminação

#### 4.2.3.1 Águas fluviais

Os níveis de contaminação por metais em águas fluviais foram avaliados através da comparação com os valores orientadores propostos pela Resolução 357 do CONAMA (2005) para águas classe 1, que correspondem: “aos limiares de concentração para águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas”.

#### 4.2.3.2 Sedimentos fluviais

O grau de contaminação por mercúrio nos sedimentos fluviais foi avaliado através:

- Da comparação com os valores orientadores estipulados pela Resolução 344 do CONAMA (2004), que trata da disposição de sedimentos dragados: 170 ng/g (nível 1) e 486 ng/g (nível 2); teores correspondentes aos limites para os quais existe baixa ou alta probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos na biota bentônica, respectivamente; e
- Do cálculo dos índices de geoacumulação (IGEO) (Müller, 1979, *apud* Rodrigues-Filho, 1995). O cálculo deste índice foi baseado em teores de *background* de 50 ng/g de HgT, obtido na base de testemunhos de sedimentos coletados na região do Tapajós (Trautwein & Muller, 1994). A partir do valor obtido com o IGEO, são definidas as classes de IGEO, demonstradas na Tabela 4-1, que descrevem a intensidade da poluição em relação ao *background*. O cálculo do índice é feito através da equação

$$\text{IGEO} = \text{Log}_2 \text{Me} / \text{NBN}_{\text{Me}}$$

Onde,

Me: Concentração do metal no sedimento;

NBN<sub>Me</sub>: Background geoquímico considerado para a área de estudo (50 ng/g).



**Tabela 4-1. Índice de Geoacumulação (IGEO) de metais pesados nos sedimentos do rio Reno (Alemanha). Fonte: Müller (1979) *apud* Rodrigues-Filho, (1995).**

<b>Intensidade da Poluição</b>	<b>Acumulação no Sedimento</b>	<b>Classe IGEO</b>
Muito a fortemente poluído	> 5	6
Forte a muito fortemente poluído	> 4 – 5	5
Fortemente poluído	> 3 – 4	4
Moderado a fortemente poluído	> 2 – 3	3
Moderadamente poluído	> 1 -2	2
Pouco a moderadamente poluído	> 0 – 1	1
Praticamente não poluído	< 0	0

### **4.3 Resultados e discussão**

#### **4.3.1 Águas fluviais**

Os rios Xingu e Tapajós são exemplos de rios de águas claras. Apresentam uma cor verde-escura ou verde-oliva nos seus trechos profundos e verde-esmeralda nas partes rasas, de fundo pedregoso e de areias brancas. Estes rios carregam poucos sedimentos; apresentando cerca de 1,0 m a 5,0 m de transparência. Durante as cheias, os rios alagam as faixas de terras baixas justafluviais que, quando cobertas por florestas, transformam-se em igapós. Assim, os grandes rios desta ecorregião são considerados similares entre si e bastante distintos dos rios de águas brancas, como os rios Amazonas e Solimões, inclusive no que se refere à grande área de inundação destes últimos.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos não apresentaram variações espaciais significativas ao longo da ecorregião aquática Xingu-Tapajós. A média do pH medido em águas fluviais foi de  $6,44 \pm 1,31$  unidades, sendo que as amostras de valores de pH mais baixos são provenientes de igarapés, em geral, ambientes ricos em matéria e ácidos orgânicos, são no geral de baixa energia e, por estes motivos, podem ser menos oxigenados. A condutividade elétrica resultou entre 10 e 90  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores de OD entre 4,3 e 9,0 mg/L indicam a existência de ambientes amostrados com baixa a alta oxigenação; e por fim, os valores para turbidez variaram de 1,1 a 235,4 mg/L, sugerindo ambientes de baixa e de alta energia, respectivamente, tendo em vista que os levantamentos realizados no verão amazônico (águas baixas) em bacias na sua maior parte ainda com cobertura vegetal preservada.

As concentrações de As, Be, V, U e Hg estiveram abaixo do limite de detecção do método empregado. De fato, no que se refere ao Hg, a comparação com os teores

obtidos por outros autores na região Amazônica denota a ausência de elevados teores de Hg para estas águas (Tabela 4-2).

**Tabela 4-2. Comparação dos teores de mercúrio total em águas fluviais com trabalhos pretéritos.**

Ambiente de Amostragem	Hg Total (mg/L)	Bibliografia
Rios não contaminados da Amazônia	<0,04	Solomons & Förstner (1984)
Rios não-contaminados em nível mundial	<0,1	Pfeifer <i>et al.</i> (1989)
Córrego Guanandi (Poconé, MT)	<0,1	Rodrigues-Filho (1995)
Rio Madeira (Rondônia)	≈18	Lechler <i>et al.</i> (1995)
Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós	<0,005	Este trabalho

Os teores de elementos traços em águas fluviais (Tabela 4-3) indicaram a presença de amostras apresentando alguma inconformidade em relação às concentrações de qualidade ambiental estabelecidas pela Resolução 357 do CONAMA (2005). Dessa forma, comparativamente ao referido documento, o zinco foi o metal de maior expressão em termos de contaminação. Cerca de 25 % das amostras contem teor acima do preconizado pelo CONAMA, chegando a atingir concentrações cerca de 400 vezes superiores ao limite recomendado (0,18 mg/L). A maior parte das amostras com anomalias de Zn estão localizadas na bacia do rio Tapajós (38 % das amostras analisadas, sobretudo na porção mais setentrional da bacia). Na bacia do rio Xingu, somente uma amostra, localizada próxima ao município de São Felix do Xingu, apresentou concentração de zinco acima do limite definido pelo CONAMA.

É provável que estes altos teores de zinco estejam associados ao uso indiscriminado da terra por atividades agrícolas. Gimeno-García (1996) e Sharma *et al.* (2007) sugerem que importantes fontes de poluição por zinco podem estar relacionadas à aplicação de pesticidas, herbicidas e fertilizantes, os quais comumente contêm elevadas concentrações de sais de Zn e arsenatos de Cu. Além disso, Zn e Cu são também bons indicadores de efluentes domésticos. De toda maneira, a constatação de uma correlação positiva e significativa entre o Zn e Cu em águas fluviais (coeficiente de correlação linear de Pearson  $r = 0,89$ ;  $p < 0,05$ ) indica uma possível fonte comum para ambos os elementos. Ocorrências de rochas ricas em sulfetos, apesar de não identificadas neste

trabalho, pode ser uma fonte para estes metais, bem como para Pb e Cd, os quais apresentam algumas de suas altas concentrações nos mesmos pontos que o Zn.

Quatro amostras (duas na bacia do Tapajós, uma na Bacia do rio Xingu e uma na bacia do rio Curuá-Una) apresentaram teores de Cd acima do limite de detecção e acima do limite de qualidade proposto por CONAMA (0,001 mg/L). No caso do Pb, três amostras (uma amostra no Curuá-Una, uma no Tapajós e outra no Xingu) ficaram acima do padrão estipulado por CONAMA (0,01 mg/L para Pb) e no caso do Mn, duas amostras (uma no Curuá-Una e uma no Tapajós) resultaram acima do estipulado pelo CONAMA (0,1 mg/L para Mn).

O ponto de coleta AF04 (localizado na bacia do rio Curuá-Una) foi o único a apresentar teores de Cr e Ni acima do estabelecido pelo CONAMA (0,05 mg/L para Cr e 0,025 mg/L para Ni). É interessante destacar que esse mesmo ponto de amostragem indicou os mais altos teores para os demais metais. Embora a Resolução 357 do CONAMA trate somente dos teores dissolvidos de Al, Fe e Cu, a concentração total destes metais para este ponto chegou a atingir valores de 5, 350 e 6 vezes o estipulado para a fração dissolvida, respectivamente. A hipótese mais provável para essas elevadas concentrações de metais novamente remete ao uso não sustentável da terra por atividades agrícolas e pecuárias (conforme previamente indicado em capítulo que detalha o uso da terra na ecorregião), associadas a processos erosivos nas margens dos rios. Em trabalhos futuros, estudos de detalhamento deverão ser executados para melhor caracterização deste ponto de coleta.

Levando-se em consideração os teores totais de Fe, a análise estatística dos dados mostrou a existência de correlações positivas e significativas entre o Fe e as concentrações de Cr, Ni, Zn e Cu ( $p < 0,05$ ), indicando uma possível influência de oxidrilos de ferro (abundantes nos solos amazônicos) na mobilidade potencial destes metais. Neste sentido, Roulet & Lucotte (1995), Wasserman *et al.* (2003) e Hylander *et al.* (2000) também reportam a importância dos oxidrilos no sequestro geoquímico de metais em solos e sedimentos fluviais da região Amazônica e do Pantanal, sugerindo a redução da mobilidade e da biodisponibilidade desses elementos via mecanismos de complexação.

Tabela 4-3. Teores totais de elementos traços (mg/L) em águas fluviais na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós. nd = não detectado. \* = acima do limite de qualidade ambiental estipulado por CONAMA (2005).

Bacia	Amostra	Lat./Long.	Al	Ba	Cd	Ca	Pb	Co
Curuá-Una	AF02	3,732500° S 53,7746667° N	0,09	0,03	nd	3,10	nd	nd
	AF03	3,874583° S 54,2358333° N	0,05	nd	nd	0,92	nd	nd
	AF04	3,924917° S 54,5746398° N	0,58	nd	0,003*	4,97	0,129*	0,001
Xingu	AF01	3,235528° S 52,2225600° N	0,16	nd	nd	0,54	nd	nd
	AF13	6,640028° S 52,4206667° N	0,34	0,2	0,097*	2,51	nd	nd
	AF14	6,742278° S 51,7715560° N	0,20	0,02	nd	1,66	nd	nd
	AF15	6,750417° S 51,2253611° N	0,23	0,03	nd	4,01	nd	nd
	AF16	6,876000° S 52,0350833° N	0,14	nd	nd	1,21	0,01	nd
	AF17	7,306917° S 50,4749722° N	0,54	0,05	nd	9,28	nd	nd
	AF18	7,826333° S 50,7501667° N	0,22	0,07	nd	10,37	nd	0,002
	AF19	8,213083° S 55,00345° N	0,59	0,06	nd	3,87	nd	nd
	AF20	8,318567° S 54,0847667° N	0,09	nd	nd	0,70	nd	nd
	AF25	10,087220° S 52,0893889° N	0,15	nd	nd	0,41	nd	nd
	AF27	10,631360° S 52,5393611° N	1,70	nd	nd	0,30	nd	nd
	Tapajós	AF05	4,131083° S 55,2285278° N	0,25	0,06	0,001	1,76	nd
AF06		4,305722° S 56,0986389° N	0,27	nd	nd	4,83	nd	nd
AF07		4,441917° S 56,2863333° N	0,16	nd	nd	0,70	nd	nd
AF08		4,736222° S 56,0498333° N	0,40	nd	nd	3,32	0,051*	nd
AF09		4,975278° S 56,212556° N	0,10	nd	nd	0,62	nd	nd
AF10		5,280750° S 56,0249444° N	0,06	nd	nd	0,86	nd	nd
AF11		5,539472° S 55,8273333° N	0,29	0,03	nd	0,88	nd	nd
AF12		6,389194° S 55,5709167° N	0,29	nd	0,240*	0,66	nd	nd
AF21		9,573833° S 55,9220278° N	0,16	0,03	0,003*	1,58	nd	nd
AF22		9,639639° S 55,9955833° N	0,09	nd	nd	0,74	nd	nd
AF23		9,644472° S 56,0327222° N	1,16	nd	nd	0,58	nd	nd
AF24		9,817528° S 54,8868333° N	0,17	nd	nd	0,49	nd	nd
AF26		10,563720° S 55,5319444° N	0,05	nd	nd	0,17	nd	nd
<b>CONAMA</b>			-	<b>0,7</b>	<b>0,001</b>	-	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>

Tabela 4-3. Continuação...

Bacia	Amostra	Cu	Cr	Fe	Mg	Mn	Ni	Zn
Curuá-Una	AF02	nd	0,001	0,80	0,65	0,061	nd	nd
	AF03	nd	0,002	0,67	0,35	0,021	0,006	nd
	AF04	0,054	0,131*	116,79	0,46	0,256*	0,027*	76,185*
Xingu	AF01	0,001	nd	0,25	0,16	0,007	nd	0,049
	AF13	0,001	0,002	0,92	0,61	0,073	nd	0,032
	AF14	0,001	0,001	0,45	0,84	0,017	0,004	nd
	AF15	0,001	0,006	2,53	2,70	0,1	nd	0,111
	AF16	0,021	0,010	6,92	0,14	0,032	0,009	16,578*
	AF17	nd	0,005	2,38	4,15	0,1	0,007	0,009
	AF18	0,002	0,008	5,07	5,93	1,330*	0,009	0,014
	AF19	0,001	0,004	1,80	1,28	0,098	0,021	0,006
	AF20	nd	nd	0,16	0,17	0,007	nd	0,016
	AF25	nd	0,001	0,22	0,17	0,011*	nd	0,160
	AF27	0,002	0,008	1,67	0,28	0,024	0,005	0,129
Tapajós	AF05	nd	nd	1,16	0,62	0,051	nd	0,074
	AF06	nd	0,002	0,78	0,58	0,026	nd	0,007
	AF07	0,001	0,001	1,22	0,23	0,016	nd	0,018
	AF08	0,070	0,002	32,28	0,26	0,110	0,025	36,711*
	AF09	0,003	0,043	0,82	0,19	0,040	nd	66,418*
	AF10	nd	0,001	0,50	0,22	0,021	nd	0,023
	AF11	nd	0,002	0,94	0,37	0,041	0,005	0,37*
	AF12	0,012	0,001	0,76	0,22	0,037	0,004	43,386*
	AF21	nd	0,012	0,13	0,88	0,021	nd	0,009
	AF22	0,002	nd	0,24	0,19	0,009	nd	0,201*
	AF23	0,001	nd	0,99	0,17	0,020	0,005	nd
	AF24	nd	0,003	0,17	0,29	0,014	nd	nd
	AF26	0,001	Nd	0,17	0,04	0,005	nd	0,043
<b>CONAMA</b>		-	<b>0,05</b>	-	-	<b>0,1</b>	<b>0,025</b>	<b>0,18</b>

#### 4.3.2 Mercúrio em sedimentos fluviais

A análise de HgT em sedimentos (Tabela 4-4) revelou, de forma geral, teores baixos. Em comparação aos valores orientadores da Resolução CONAMA 344/2004, quatro (três na bacia do rio Tapajós) das 55 amostras coletadas estão acima do Nível 1 (acima de 170 ng/g), correspondente ao limite para o qual existe baixa probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos na biota bentônica, e apenas uma amostra (localizada na bacia do rio Tapajós) acima do Nível 2 (acima de 486 ng/g), considerado teor correspondente ao limite para o qual existe alta probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos para a biota bentônica. As amostras da bacia do rio Tapajós foram coletadas próximas à região de Itaituba (PA), a mineração artesanal de ouro data dos anos 80 e é ainda significativa.

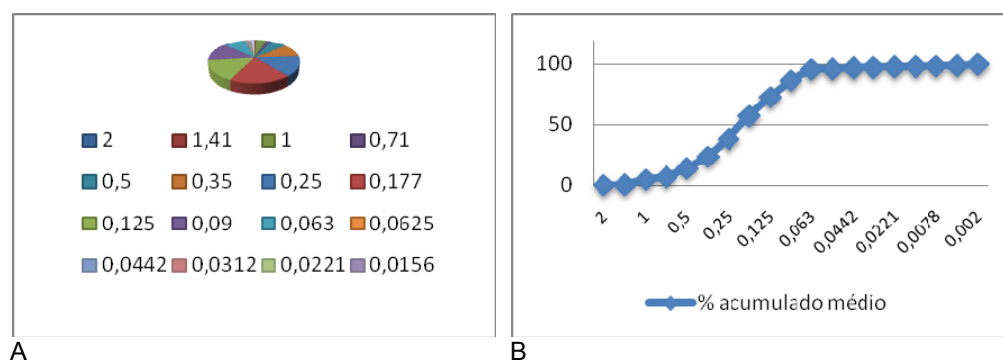
Entre os demais pontos de coleta não houve diferença significativa dos teores de HgT. Cerca de 65 % dos pontos amostrados ficaram abaixo de 50 ng/g, ou seja, o valor de nível de base definido neste estudo. O valor médio de HgT obtido para toda ecorregião foi de  $61,8 \pm 85,6$  ng/g – valor semelhante ao teor de *background* de 50 ng/g sugerido por Trautwein & Muller (1994) para a região do Tapajós. Rodrigues-Filho (1995), ao avaliar a qualidade dos sedimentos do córrego Formiga (porção setentrional do Estado do Mato Grosso), detectou concentrações de Hg que variaram entre 450 ng/g e 1400 ng/g (até doze vezes maiores do que aquelas quantificadas neste estudo). Em comparação a áreas de garimpo do Estado de Minas Gerais, os dados obtidos para Hg em sedimentos foram relativamente baixos, a exemplo das concentrações determinadas por Windmüller *et al.* (2007) – entre 40 ng/g e 1.100 ng/g) e por Buscher (1992 *apud* Windmüller *et al.*, 2007) (entre 90 ng/g e 22.600 ng/g) em sedimentos fluviais de áreas impactadas pela mineração artesanal de ouro em Ouro Preto e localidades vizinhas.

Quando comparados com trabalhos pretéritos executados na área geográfica que compreende a ecorregião, os níveis de contaminação por Hg são, no geral, baixos. Apenas 16 % das amostras ficaram acima dos valores médios (87 ng/g) encontrados por Aula *et al.* (1994) em sedimentos fluviais do reservatório de Tucuruí, próximo às Serras Pelada e dos Carajás; 24 % das amostras ficaram acima da média mundial de 76 ng/g (Jonasson & Boyle, 1979, *apud* Rodrigues-Filho, 1995).

O cálculo dos IGEOs indicou que 67 % das amostras podem ser consideradas como praticamente não poluídas, ratificando a comparação com a Resolução CONAMA 344/2004. Ainda, 19 % das amostras foram classificadas como pouco a moderadamente poluídas, 5 % como moderadamente poluídas, 7 % como moderada a fortemente poluídas e 2 % como fortemente poluídas.

A maior parte das amostras (54 %) de sedimentos apresentaram valor de pH menor que 5,5 unidades, e 25 % na faixa de 5,6 a 7,0 unidades (Tabela 4-4). Estes valores acompanham, *grosso modo*, àqueles das águas, que são típicos de rios de águas claras (de ácidos a levemente alcalinos).

A análise granulométrica dos sedimentos (Figura 4-3) revelou, em média, materiais extremamente arenosos, com o predomínio da fração 0,25-0,177 mm, indicando ambientes de alta energia. Como esperado, as amostras coletadas em ambientes de alta energia, com maiores capacidade e competência no transporte de grãos com diâmetros maiores e maiores cargas de material em suspensão, apresentaram textura mais grosseira em comparação àquelas coletadas em riachos ou igarapés. Em geral, amostras com elevado teor de carbono orgânico tendem a apresentar granulometria fina, uma vez que a matéria orgânica não se complexa formando partículas de maior granulometria (Windmöller *et al.*, 2007), a exemplo dos complexos argilo-húmicos. Em trabalhos futuros, além da análise granulométrica para as amostras restantes, estes resultados deverão ser interpretados em conjunto com a quantificação e com dados de qualidades do sedimento e da matéria orgânica nesses materiais.



**Figura 4-3. A: Curva granulométrica média dos sedimentos analisados. B: média aritmética do percentual obtido para cada fração granulométrica. Nota: médias granulométricas em mm.**

**Tabela 4-4. Mercúrio total, pH e índices de geoacumulação (IGEO) em sedimentos fluviais na ecorregião aquática Xingu-Tapajós. Resolução CONAMA nº 344/2004: \* = acima do Nível 1 (170 mg/kg). \*\* = acima do Nível 2 (486 mg/kg).**

Bacia	Amostra	Coordenadas		pH	HgT (ng/g)	Classe do IGEO	
		Latitude (°S)	Longitude (°N)				
Curuá-Una	SD-02	3,924917	54,5746398	5,0	46,0	0	
	SD-25	3,874583	54,2358333	5,3	24,3	0	
	SD-50	3,884250	54,3829444	4,6	34,0	0	
Xingu	SD-01	3,235528	52,2225600	5,5	20,0	0	
	SD-14	10,52878	52,5287222	4,0	36,5	0	
	SD-15	10,08722	52,0893889	8,6	1,7	0	
	SD-16	7,304278	50,4467222	5,1	84,0	0	
	SD-17	7,223278	50,6195833	5,5	34,5	0	
	SD-18	7,220583	50,6238889	7,3	32,0	0	
	SD-19	6,722250	51,5829722	4,6	44,0	0	
	SD-20	6,742278	51,7715560	5,1	11,5	0	
	SD-21	6,607472	51,9749167	5,5	199,5*	3	
	SD-22	6,594944	51,8134722	8,1	87,5	1	
	SD-23	6,588361	51,8581389	5,4	158,5	2	
	SD-24	6,87600	52,0350833	6,3	10,1	0	
	SD-34	10,77958	52,7339722	7,2	21,5	0	
	SD-35	10,67039	52,7081111	5,8	29,5	0	
	SD-36	10,63136	52,5393611	4,1	29,5	0	
	SD-37	10,55383	52,1815833	5,8	20,0	0	
	SD-38	7,942861	50,7968611	3,4	44,5	0	
	SD-39	7,826333	50,7501667	5,4	45,5	0	
	SD-40	7,857639	50,5966944	6,5	58,0	1	
	SD-41	7,306917	50,47497222	5,5	20,0	0	
	SD-42	7,065944	50,8175000	5,8	27,0	0	
	SD-43	6,750417	51,2253611	6,2	18,0	0	
	SD-44	6,717139	51,6120000	5,4	29,0	0	
	SD-45	6,700139	51,8975278	5,2	32,0	0	
	SD-46	6,640028	52,4206667	4,8	104,0	2	
	SD-47	6,627639	52,0919444	5,7	30,5	0	
	SD-49	6,5815555	52,3296388	4,9	36,5	0	
	SD-52	6,742278	51,7715560	5,5	65,5	1	
	SD-53	6,741222	51,3992500	5,5	65,0	1	
	SD-54	7,223278	50,6195833	5,8	121,0	2	
	Tapajós	SD-03	4,553361	56,2996890	5,3	33,5	0
		SD-04	4,736222	56,0498333	5,7	213,0*	3
SD-05		4,975278	56,2125560	5,5	88,0	1	
SD-06		5,280750	56,0249444	4,8	65,5	1	
SD-07		6,389194	55,5709167	5,2	279,5*	3	
SD-08		9,817528	54,8868333	5,9	2,5	0	
SD-09		9,949083	55,0358889	4,6	62,0	1	
SD-10		9,948667	55,0308333	5,2	<10	0	
SD-11		9,538222	55,9039722	4,7	81,5	1	
SD-12		9,726889	55,8350000	7,8	549,0**	4	
SD-13		10,563720	55,5319444	6,1	25,5	0	
SD-26		4,979167	56,22088056	5,3	4,8	0	
SD-27		7,415600	55,2969333	7,3	41,0	0	
SD-28		9,645083	55,98963890	5,5	50,5	0	
SD-29		9,642583	56,04627780	5,7	37,0	0	
SD-30		9,642722	56,0342222	7,8	69,0	1	
SD-31		9,644472	56,0327222	5,2	26,5	0	
SD-32		9,639639	55,9955833	5,3	19,0	0	
SD-33		9,367111	55,9825560	6,0	9,7	0	
SD-48		4,131083	55,2285278	6,1	25,0	0	
SD-51	4,441917	56,2863333	5,5	230,5*	3		
SD-55	9,573833	55,9220278	5,5	75,5	1		



### 4.3.3 Mercúrio em peixes

Cento e seis espécimes de peixes pertencentes a 11 espécies foram coletados próximo à Ilha do Ariosto, no rio Teles Pires, no município de Alta Floresta. Os dados de tamanho, peso e teor de mercúrio médios nas espécies estão mostrados na Tabela 4-5. O tamanho médio dos espécimes foi de  $13,9 \pm 9,8$  cm. Em torno de 80 % dos espécimes coletados pesaram menos do que 100 g. O teor médio de HgT foi de  $126,8 \pm 85,4$  ng/g.

**Tabela 4-5. Biometria e teores médios de mercúrio total em amostras de músculo de peixes, coletados na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós.**

Nome popular	Nome científico (Gênero)	N	Peso médio (g)	Tamanho (cm)	Hg total (ng/g)
-	<i>Argonectes</i>	3	<100	$9,50 \pm 0,50$	$46,83 \pm 4,51$
Bicuda	<i>Boulengerella</i>	9	<100	$38,72 \pm 9,49$	$205,22 \pm 65,07$
Cachorra	<i>Hydrolycus</i>	18	<100	$15,31 \pm 6,30$	$193,40 \pm 76,95$
Curimatá	<i>Prochilodus</i>	20	<100	$9,38 \pm 5,33$	$98,92 \pm 76,43$
Lambari	CHARACIDAE	17	<100	$5,88 \pm 0,60$	$134,15 \pm 86,85$
Matrinchã	<i>Brycon</i>	7	<100	$7,79 \pm 1,44$	$85,64 \pm 32,58$
Pacu	<i>Piaractus</i>	7	<100	$14,57 \pm 4,76$	$72,64 \pm 74,68$
Piau	<i>Leporinus</i>	6	<100	$12,8 \pm 23,71$	$87,25 \pm 62,93$
Piranha	SERRASALMINAE	4	<100	$14,25 \pm 4,35$	$239,38 \pm 123,33$
Sardinha		7	<100	$9,29 \pm 0,70$	$135,93 \pm 84,62$
Traíra	<i>Hoplias</i>	8	<100	$15,31 \pm 5,73$	$86,00 \pm 34,43$

Em comparação com os teores de mercúrio em peixes oriundos de áreas impactadas pela garimpagem de ouro, as concentrações obtidas neste estudo podem ser consideradas baixas. Na região de North Sulawesi (Indonésia), Castilhos *et al.* (2006) detectaram um teor médio de  $580 \pm 450$  ng/g (N = 130) em diversas espécies de peixes com comprimento e peso similares aos deste trabalho, atingindo valores máximos mais de duas vezes acima dos quantificados no presente trabalho. Ainda, a média de mercúrio determinada neste estudo é aproximadamente uma ordem de grandeza abaixo da obtida em peixes oriundos de barramento do córrego São Chico, no garimpo de São Chico, bacia hidrográfica do Tapajós (N = 64,  $1280 \pm 2220$  ng/g) (Castilhos *et al.*, 2004a). Na bacia do rio Paraná (região a montante do rio Iguazu), Castilhos (2009), ao determinar a concentração de Hg em músculos de lambaris em espécimes com biomassas semelhantes às deste estudo, encontrou teores médios similares. Estas constatações,

ressaltam as baixas concentrações de mercúrio obtidas neste estudo, e que poderão funcionar como valores de referência temporal em futuros estudos na ecorregião, visando a avaliação de risco ecológico aquático.

#### **4.4 Conclusões e recomendações**

Os teores dos metais traços nas águas fluviais indicaram amostras apresentando alguma não conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução N° 357 do CONAMA (2005). O zinco foi o metal de maior frequência em não conformidade (cerca de 25 % das amostras). Após o Zn, sobretudo Cd, Pb e Mn apresentaram valores não conformes. No caso dos sedimentos, a análise de HgT mostrou que apenas quatro (todas na bacia do rio Tapajós) das 55 das amostras coletadas estavam acima do Nível 1 (acima de 170 ng/g), valor limite para o qual existe baixa probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos na biota bentônica preconizado pela Resolução CONAMA 344/2004; destas, apenas uma estava acima do Nível 2 (acima de 486 ng/g), limite para o qual existe alta probabilidade de ocorrência de efeitos tóxicos para a biota bentônica.

Em geral, a bacia do rio Tapajós revelou dados mais críticos de metais traços (incluindo HgT) em comparação à bacia do rio Xingu. Entretanto, os teores de mercúrio em músculo de peixes oriundos do rio Teles Pires, na bacia do rio Tapajós, podem ser considerados baixos e indicam baixa disponibilidade do mercúrio para ictiofauna local.

#### **4.5 Literatura citada**

- Aula, I.; Braunschweiler, H.; Leino, T.; Malin, I.; Porvari, P.; Hatanaka, T.; Lodenius, M. Juras, A. 1994. Levels of Mercury in the Tucuruí Reservoir and its surrounding area in Pará, Brazil. p.21-40. *In: Mercury Pollution: Integration and Synthesis.* Boca Raton, Lewis Publishers.
- Busher, D.P. 1992. Mercury in river systems from garimpeiro activities in the vicinity of Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. Dissertação de Mestrado. Colorado School of Mines. Golden, USA. 140p.
- Castilhos, Z. C. 1999. Gestão em Poluição Ambiental: Análise da Contribuição dos Garimpos de Ouro na Contaminação por Mercúrio da Ictiofauna e das águas fluviais na Região do Rio Tapajós, Estado do Pará, Brasil. Tese de doutorado em Geociências (Geoquímica). Niterói, Universidade Federal Fluminense. 194p.
- Castilhos, Z. C.; Rodrigues-Filho, S.; Rodrigues, A. P. C.; Villas-Boas, R. C.; Veiga, M.; Beinhoff, C. 2004a. Contaminação por mercúrio em peixes de áreas de garimpo de ouro na região amazônica e avaliação de risco à saúde humana. 2p.. *In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia, 2004, Araxá (MG).*

- Castilhos, Z.C.; Souto, P.S.; Almosny, N.; Linde, A.R.; Silva, L.C.C.P.; Bidone, E.D. 2004b. Bioassessment of ecological risk of Amazonian ichthyofauna to mercury. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 72(4): 200-208.
- Castilhos, Z.C.; Rodrigues-Filho, S.R.; Rodrigues, A.P.C.; Villas-Boas, R.; Siegel, S.; Veiga, M.M.; Beinhoff, C. 2006. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *The Science of the Total Environment* 368(1): 320-325.
- Castilhos, Z.C. 2009. Avaliação da contaminação mercurial em peixes e em sedimentos da região da Bacia do Rio Paraná. Relatório Técnico (CETEM/MCT) para CENPES/PETROBRAS. Rio de Janeiro, CETEM. 12p.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2004. Resolução 344 de 25 de março de 2004. Brasília, CONAMA. 11p.
- CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). 2005. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Brasília, CONAMA. 25p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *In: Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 212p.
- Egler, S.G.; Rodrigues-Filho, S.; Villas-Bôas, R. & Beinhoff, C. 2006. Evaluation of Mercury Pollution in Cultivated and Wild Plants from Two Small Communities of the Tapajós Gold Mining Reserve, Pará State, Brazil. *Science of the Total Environment* 368: 424-433.
- Gimeno-García E.; Andreu V.; Boluda R. 1996. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution* 92: 19-25.
- Guy, H. 1969. Laboratory Theory and methods for sediment analysis: Geological survey. techniques of water-resources investigations of The United States. USGS. Volume 5, Capítulo C1. 58p.
- Hylander L.D.; Meili, M.; Oliveira L.J., Silva, E.D.; Guimarães, J.R. .; Araujo, D.M. .; Neves, R.P. .; Stachiw, R.; Barros, A.J.P.; Silva, G.D. 2000. Relationship of mercury with aluminum, iron and manganese oxi-hydroxides in sediments from the Alto Pantanal, Brazil. *The Science of the Total Environment* 260: 97-107.
- Jonasson, I. & Boyle, R.W. 1979. The biochemistry of Mercury. p.28-49. *In: Effects of Mercury in the Canadian environment*. Ottawa, National Research Council of Canada. 290p.

- Lechler, P.J.; Miller, J.R.; Lacerda L.D.; Vinson D.; Bonzongo, J.C.; Lyons, W.B.; Warwick, J.J. 2000. Elevated mercury concentrations in soils, sediments, water, and fish of the Madeira River basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments? *The Science of the Total Environment* 260: 87-96.
- Müller, G. 1979. Schwermetalle in den sediments des Rheins – Veränderungen Seitte. *Umschan* 78:778-783.
- Pfeiffer, W.; Lacerda, L.; Malm, O.; Bastos, W.; Souza, C.; Silveira, E. 1989. Mercury contamination in inland waters of Rondônia, Amazon, Brazil. *The Science of the Total Environment* 87/88:233-240.
- Rodrigues-Filho, S. 1995. Metais Pesados nas Sub-bacias Hidrográficas de Poconé e Alta Floresta. Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCT. 32p. (Série Tecnologia Ambiental, 7)
- Rodrigues-Filho, S.; Castilhos, Z.; Santos, R.; Yallouz, A.; Egler, S.; Peregovich, B.; Ribeiro, R.; Nascimento, F. Pereira, D. Pedrozo, L. 2005. Avaliação ambiental e de saúde em duas áreas de garimpo de ouro na Amazônia brasileira. Relatório Técnico (CETEM/MCT) para UNIDO/GEF. Rio de Janeiro, CETEM. 107p.
- Roulet M. & Lucotte, M. 1995. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air and Soil Pollution*, 80:1079-1085.
- Sharma R.K.; Agrawal M.; Marshall F. 2007. Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology Environmental Safety* 66:258-266.
- Solomons, W. & Förstner, U. 1984. *Metals in the Hydrocycle*. Berlin, Springer-Verlag. 349p.
- Souza, T.C.M. 1999. Contaminação mercurial de águas fluviais e peixes e exposição das populações ribeirinhas na região garimpeira do Rio Tapajós, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Niterói, Universidade Federal Fluminense. 80p.
- Trautwein, B. & Müller, F. 1994. Flußtypologie und Quecksilberproblematik in der Tapajós-Region/Brasilien. Monografia. Heidelberg, Institut für Umweltgeochemie, Universität Heidelberg. 101p.
- Walker, R. & Homma, A.K.O. 1996. Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview. *Ecological Economics* 18:67-80.
- Wasserman J.C.; Hacon S.; Wassermann M.A. 2003. Biogeochemistry of mercury in the Amazonian environment. *Ambio* 32(5):336-342.

WHO (World Health Organization). 1990. Environmental health criteria 101.

Methylmercury. Geneva, World Health Organization. 143p.

Windmöller, C. C.; Santos, R. C.; Athayde, M.; Palmieri, H.E. 2007. Distribuição e Especificação de Mercúrio em Sedimentos de Áreas de Garimpo de Ouro no Quadrilátero Ferrífero. *Química Nova* 30(5):1088-1094.

## 5 INSETOS AQUÁTICOS DA ECORREGIÃO AQUÁTICA XINGU-TAPAJÓS

Janira Martins Costa, César Carriço da Silva, Tatiana Chrysostomo Santos, Sueli Maria Pereira, Gisele Luziane de Almeida

### 5.1 Introdução

A Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós é uma das cinco regiões consideradas prioritárias para a pesquisa entomológica no Brasil por tratar-se de uma região cuja entomofauna é pouco conhecida, sem representatividade nas Coleções entomológicas. Esta Ecorregião localiza-se, na Amazônia Legal e inclui as bacias de drenagem do alto a médio Tapajós e Xingu, até a confluência com o rio Acaraí, ambos afluentes do rio Amazonas pela sua margem direita.

Os insetos aquáticos desempenham um papel relevante na cadeia trófica, ao se alimentarem de outros insetos, alevinos e girinos e por sua vez constituírem fonte de alimento para outras comunidades, em particular de peixes e aves. A distribuição desses insetos está relacionada às características físico-químicas dos habitats, à disponibilidade de recursos alimentares e ao hábito das espécies. Na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós essas características foram verificadas e avaliadas com a finalidade de fornecer subsídios para pesquisas posteriores, sendo os microhabitats representados nos pontos trabalhados por folhizo, areia, rocha, macrófitas etc.

A entomofauna aquática dessa Ecorregião está representada principalmente pelas seguintes Ordens: Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera (Heteroptera), Megaloptera, Coleoptera, Trichoptera, Lepidoptera e Diptera. Das Ordens citadas Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera, destacam-se no ecossistema aquático por sua maior representatividade e sua importância como bioindicadores.

Os **Ephemeroptera** apresentam formas imaturas com baixo grau de tolerância à eutrofização artificial dos ecossistemas de água doce, sendo integrantes do índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), utilizados em índices de biomonitoramento e avaliação da qualidade da água.

Os **Odonata** apresentam larvas altamente predadoras, sendo de grande importância no controle natural de outros insetos. Além da importância ecológica e paisagística, as libélulas são consideradas espécies bandeira, podendo ser utilizadas para determinar áreas de conservação ambiental. São também importantes bioindicadores, podendo ser utilizadas como ferramenta em monitoramento de curto prazo. Essa particularidade deve-se ao fato de algumas espécies apresentarem faixas de tolerância aos fatores antrópicos, sendo caracterizados como grupos de organismos tolerantes e sensíveis às degradações ambientais.

A Ordem **Plecoptera** corresponde a um pequeno grupo de insetos que, junto com as Ordens Ephemeroptera, Odonata e Trichoptera, vem ganhando grande destaque no estudo da qualidade de água. Estão associados com ambientes de água limpa, fria e corrente, ocorrendo em trechos onde há uma boa movimentação hídrica.

Os representantes imaturos da Ordem **Trichoptera** são exigentes em relação à elevadas concentrações de oxigênio no ambiente aquático, como foi observado para a Bacia do Xingu possuindo um importante papel na ecologia dos ecossistemas aquáticos, em particular lóticos.

O objetivo deste capítulo consiste em contribuir para o conhecimento das formas imaturas das principais ordens de insetos aquáticos da Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós, a fim de fornecer subsídios para pesquisas posteriores.

## **5.2 Metodologia**

### **5.2.1 Estações de amostragem**

Este estudo foi desenvolvido na Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós, nos Estados do Pará e Mato Grosso, incluindo 45 pontos de amostragem, sendo três pontos na Bacia do rio Curuá, 24 na bacia do Xingu e 18 pontos na bacia do rio Tapajós (Anexos I, II e III), durante o período de 24/09/2008 a 13/10/2008. Os pontos selecionados nos diferentes tributários abrangeram ambientes diversificados.

### **5.2.2 Metodologia de amostragem**

Os exemplares imaturos de insetos aquáticos foram coletados em cada estação de amostragem, junto a substratos variados tais como areia, rochas, folhiço acumulado em remansos e através de raspagem de raízes de vegetação marginal, utilizando-se peneira redonda com malha de 500 micras de diâmetro. As coordenadas geográficas foram estabelecidas através de GPS (Global Position System) modelo GARMIN V (Anexo I). A captura de exemplares sob rochas foi realizada com auxílio de pinças. O material coletado foi acondicionado em frascos com álcool 70 % e rotulado para o traslado até o Museu Nacional (UFRJ).

As amostragens foram realizadas em um trecho de cerca de 100 m ao longo dos corpos d'água, nos quais, durante um período de aproximadamente uma hora foram coletados exemplares de diversas ordens de insetos aquáticos. Adotou-se essa metodologia para padronização do esforço de captura.

### **5.2.3 Triagem e processamento do material**

Os espécimes pertencentes às ordens Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera foram identificados em nível de gênero e os das demais ordens de insetos

aquáticos em nível de família, utilizando-se chaves dicotômicas de Roldán (1988), Merrit & Cummins (1996), Carvalho & Calil (2000), Angrisano (1995 e 1998), Costa *et al.* (2004), Calor (2007), Mariano & Froehlich (2007) e Souza *et al.* (2007). Após a identificação, o material foi incorporado à Coleção de Insetos Aquáticos, do Departamento de Entomologia do Museu Nacional (UFRJ).

#### 5.2.4 Variáveis ambientais

Nove classes de variáveis foram mensuradas em cada localidade (Tabela 5-1, Tabela 5-2 e Tabela 5-3). Mediu-se a temperatura atmosférica e da água. As variáveis químicas hidrológicas foram medidas utilizando-se o *kit* de análise científica de qualidade de água, modelo ECOKIT, fabricado por ALFAKIT Ltda., cuja metodologia baseia-se em titulações com reagentes colorimétricos, nas amostras de água, através de análises individuais para cada variável: OD (mg/L), pH, Cloreto (mg/L), Amônia (ppm), Cloro (mg/L), Fe (mg/L) e Ortofosfato (mg/L).

**Tabela 5-1. Variáveis ambientais verificadas no momento das coletas na bacia hidrográfica do rio Curuá-Una.**

Número de Campo	T.água (°C)	pH	O.D. (mg/L)	Cloreto (mg/L)	NH3 (ppm)	Cl (mg/L)	Fe+ (mg/L)	Ortofosfato (µg/L)
AR2008092601B	27	6	7	60	0,5	0,1	0,25	0
AR2008092602B	27	5,5	9	40	0,25	0,1	0,5	0
AR2008092604B	22	5,5	9	0	0	0	1,5	0

#### 5.2.5 Análise dos dados

As informações de ocorrência dos táxons nas localidades de amostragem foram transformadas em dados de presença / ausência para análise da distribuição espacial. Estabeleceu-se, através de gráficos e tabelas, a abundância absoluta de exemplares para cada família e seus respectivos táxons.

O estabelecimento de interrelações entre as Ottobacias foi efetuado através de Análise de Agrupamento, por UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), com base na distribuição dos táxons, medindo-se a similaridade entre os grupos formados através de distância Euclideana. A correlação entre as variáveis ambientais e a distribuição das espécies encontradas em cada uma das amostras foi verificada através de Análise de Correspondência Canônica (ACC). Ambas as análises foram realizadas utilizando-se o Programa MVSP 3.1 (Multivariate Statistical Package).



**Tabela 5-2. Variáveis ambientais verificadas no momento das coletas na bacia hidrográfica do rio Xingu.**

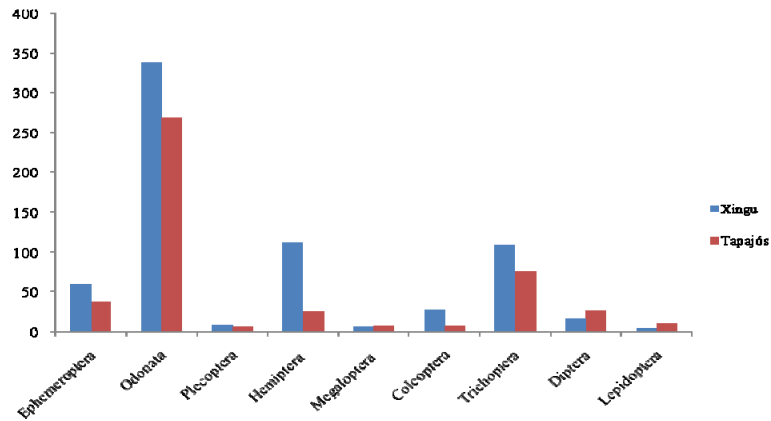
Número de Campo	T.água (°C)	pH	O.D. (mg/L)	Cloreto (mg/L)	NH3 (ppm)	Cl (mg/L)	Fe+ (mg/L)	Ortofosfato (µg/L)
AR2008092501B	21	4,5	8	40	1	3	0	0
AR2008092502B	25	5	7	20	0,1	0,25	0,25	0
AR2008100101C	25	5	9	40	0,5	0	0	0
AR2008100102C	29	5,5	7	20	0,25	0	0	0
AR2008100601C	20	4,5	9	20	0,25	0	0	0
AR2008100701B	26	6	8	40	0,1	0	1,5	0
AR2008100702B	28	6	9	40	0,25	0	0	0
AR2008100901A	27	6,5	6	50	0,25	0	0	0
AR2008100902A	27	7	6	40	0,1	0	0,5	0
AR2008100903A	24	7	5	40	0,25	0	0,5	1,5
AR2008101001A	24	7,5	7	40	0,5	0	0	3
AR2008101002A	24	7,5	7	50	0,1	0	0	0,75
AR2008101003A	24	7	8	30	0	0	0	0
AR2008101101A	24	7	6	30	0,1	0	0	0,75
AR2008101102A	24	6,5	5	30	0,25	0	1	0
AR2008101103A	24	6,5	5	40	1	0	0,5	0
AR2008101104A	27	6	8	30	1	0	0	0
AR2008101201A	27	6,5	8	20	0,1	0	0	1,75
AR2008101202A	24	6	5	30	0	0	0,5	2
AR2008101203A	26	6	7	30	0	0	0	0
AR2008101301B	33	6	9	20	0,5	0	0	0
AR2008101302B	30	6	8	20	0,5	0	0	0

**Tabela 5-3. Variáveis ambientais verificadas no momento das coletas na bacia hidrográfica do rio Tapajós.**

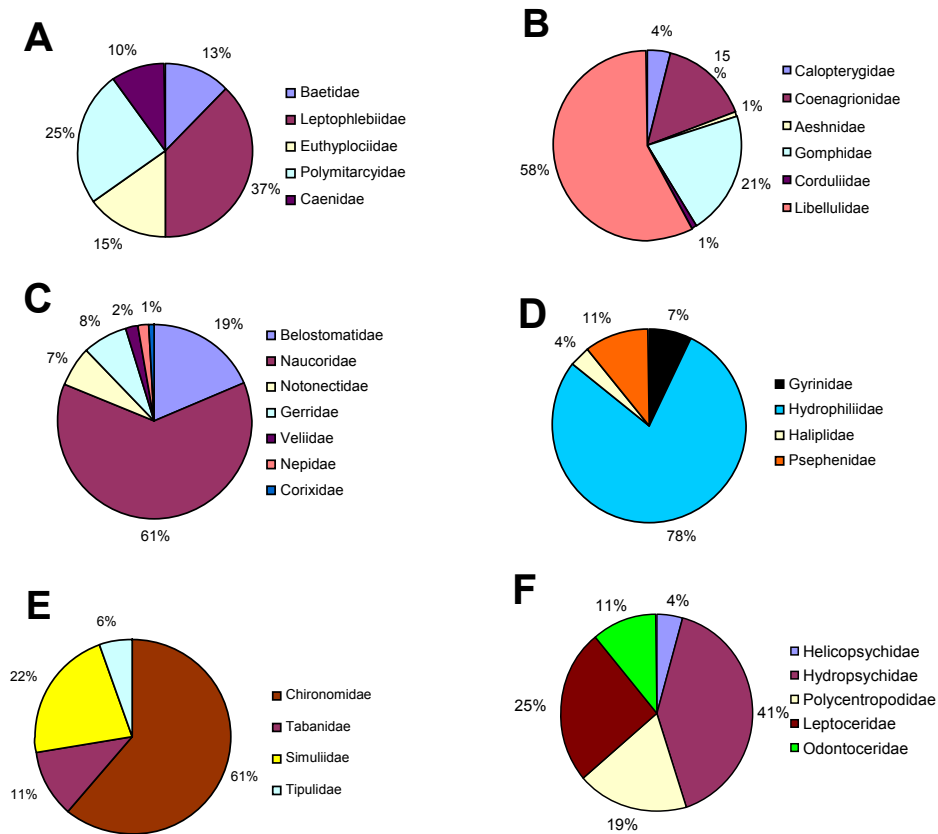
Número de Campo	T.água (°C)	ph	O.D. (mg/L)	Cloreto (mg/L)	NH3 (ppm)	Cl (mg/L)	Fe+ (mg/L)	Ortofosfato (µg/L)
AR2008092701B	22	7	8	20	0,25	0	0	0
AR2008092702B	24	7	9	30	0,1	0	0,25	0
AR2008092703B	21	6,5	8	30	0,1	0	0	0
AR2008100201C	24	6	9	20	0	0	0	0
AR2008092801A	22	6	9	20	0,1	0	0	0
AR2008092801C	27	7,5	8	30	0	0	0	0
AR2008092901B	29	6	5	60	0,1	0	0,25	0
AR2008092902B	20	6,5	9	40	0	0	0	0
AR2008092903B	24	6	5	20	0,25	0	0	0
AR2008093001B	29	7	9	40	1	3	0	3
AR2008093001C	22	6	7	30	0,25	0,25	0	0,75
AR2008100301B	25	6,5	9	20	0,25	0	0	0
AR2008100302B	29	6	9	40	0,1	0	0	0
AR2008100401B	29	6	7	30	0,1	0	0	0
AR2008100402B	32	6	7	30	0,1	0	0	0
AR2008100403B	27	6	7	40	0	0	0	3
AR2008100404B	30	6	8	40	2	0	2	0
AR2008100404B	30	6	7	40	0,1	0	2	0

### 5.3 Resultados e discussão

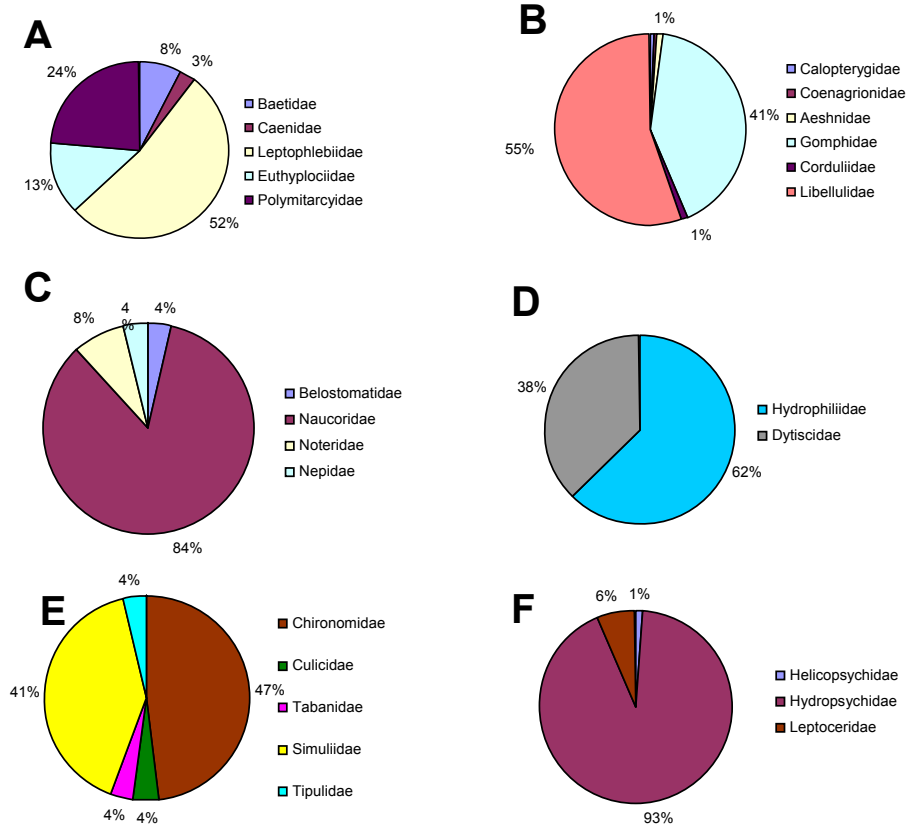
Durante a expedição AquaRios foram coletados 1.219 exemplares de insetos aquáticos, sendo 5 na bacia do rio Curuá-Una, 624 na bacia do rio Xingu e 590 na bacia do rio Tapajós, distribuídos em nove ordens (Figura 5-1) e 36 famílias (Figura 5-2 e Figura 5-3). Os dados de distribuição dos táxons das bacias do Xingu e Curuá-Una foram tabulados em conjunto, uma vez que as localidades são geograficamente próximas, entretanto, os pontos de amostragem das bacias hidrográficas foram devidamente discriminados e agrupados em Ottobacias para a análise de agrupamento.



**Figura 5-1. Abundância absoluta das ordens de insetos aquáticos coletados nas bacias dos rios Xingu (incluindo a bacia do Curuá-Una) e Tapajós.**



**Figura 5-2. Abundância relativa de famílias de insetos aquáticos coletados nas bacias hidrográficas dos rios Curuá-Una e Xingu: A – Ephemeroptera; B - Odonata; C – Hemiptera (Heteroptera); D – Coleoptera; E – Diptera; F - Trichoptera.**



**Figura 5-3. Abundância relativa de famílias de insetos aquáticos coletados na bacia hidrográfica do rio Tapajós: A – Ephemeroptera; B – Odonata; C - Hemiptera (Heteroptera); D – Coleoptera; E – Diptera; F – Trichoptera.**

A ordem Ephemeroptera foi representada por 10 gêneros distribuídos em cinco famílias (Tabela 5-4). A família com maior abundância absoluta foi Leptophlebiidae, seguida de Polymitarciidae e Euthyplociidae, em todas as bacias (Figura 5-1, Figura 5-2A e Figura 5-3A). Polymitarciidae foi numericamente bem representada através de *Campsurus* Eaton, 1868, com exemplares coletados em todas as bacias. A família Leptophlebiidae apresentou maior diversidade com cinco gêneros para a bacia do Xingu e quatro para a bacia do Tapajós. A diversidade observada está correlacionada com a predominância de substrato arenoso nos locais de coleta, uma vez que os representantes destes gêneros apresentam preferência por este microhabitat. Fator relevante para a bacia do Xingu foi a descoberta de um novo gênero com 20 espécimens coletados.

**Tabela 5-4. Ordem Ephemeroptera: famílias e gêneros.**

Família	Gênero	Nº exemplares Bacia do Xingu	Nº exemplares Bacia do Tapajós
	<i>Americabaetis</i> Kluge, 1992	2	-
Baetidae	<i>Camelobaetidius</i> Demoulin, 1966	3	3
Caenidae	<i>Caenis</i> Stephens, 1835	4	1
Euthyplociidae	<i>Campylocia</i> Needham & Murphy, 1924	6	5
	<i>Fittkaulus</i> Sawage e Peter, 1978	4	1
	<i>Miroculis</i> Edmundis, 1963	5	10
	<i>Needhamella</i> Dominguez e Flowers, 1989	2	2
	<i>Paramaka</i> Sawage e Dominguez, 1992	4	7
Leptophlebiidae	<b>Gênero Novo</b>	20	-
Polymitarcyidae	<i>Campsurus</i> Eaton, 1868	10	9
Total	10	60	38

A ordem Odonata foi a mais representativa com seis famílias e 28 gêneros (Tabela 5-5). A família Libellulidae foi a mais abundante dentre os Anisoptera com 58 % para a bacia do Xingu e 55 % para a bacia do Tapajós, seguida de Gomphidae com 21 % para a bacia do Xingu e 42 % para a bacia do Tapajós (Figura 5-2B e Figura 5-3B), o que pode ser justificado pela constituição arenosa dos substratos, que facilita o hábito cavador das larvas. O gênero *Progomphus* Selys, 1854 foi o mais representativo para a Bacia do Tapajós, com 120 exemplares capturados. É importante, também, registrar a ocorrência de Corduliidae, representada por poucos exemplares, o que é justificável, pelo fato destes animais serem raros e preferirem ambientes de elevada altitude e águas mais frias. Os Zygoptera foram pouco representados com somente duas famílias (Coenagrionidae e Calopterygidae) e três gêneros. Coenagrionidae revelou maior abundância absoluta, destacando-se o gênero *Argia* Rambur, 1843.

A elevada abundância de exemplares de Odonata reflete o equilíbrio das teias alimentares nos ecossistemas estudados, embora esta ordem esteja representada por insetos predadores, as larvas servem de alimento para peixes, anfíbios e outros vertebrados que ocupam níveis tróficos mais elevados.

**Tabela 5-5. Ordem Odonata: famílias e gêneros.**

Família	Gênero	Nº exemplares	Nº exemplares
		Bacia do Xingu	Bacia do Tapajós
Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> in Selys, 1853	11	1
Coenagrionidae	<i>Argia</i> Rambur, 1842	41	1
	<i>Telebasis</i> Selys, 1865	-	1
Aeshnidae	<i>Castoraeschna</i> Calvert, 1952	1	-
	<i>Coryphaeschna</i> Williamson, 1903	1	1
Gomphidae	<i>Cacoides</i> Cowley, 1934	1	1
	<i>Progomphus</i> Selys, 1854	43	120
	<i>Epigomphus</i> Hagen in Selys, 1854	2	-
	<i>Zonophora</i> Selys, 1854	4	7
	<i>Aphylla</i> Selys, 1854	1	1
	<i>Phyllocycla</i> Calvert, 1948	4	19
	<i>Desmogomphus</i> Williamson, 1920	2	1
	<i>Agriogomphus</i> Selys, 1869	1	2
	<i>Cyanogomphus</i> Selys, 1873	-	1
	<i>Archaeogomphus</i> Williamson, 1919	-	10
Corduliidae	<i>Aeshnosoma</i> Selys, 1870	3	1
Libellulidae	<i>Perithemis</i> Hagen, 1861	6	-
	<i>Dythemis</i> Hagen, 1861	7	-
	<i>Diastatops</i> Rambur, 1842	15	-
	<i>Macrothemis</i> Hagen, 1868	88	36
	<i>Brechmorhoga</i> Kirby, 1894	38	11
	<i>Pantala</i> Hagen, 1861	9	13
	<i>Gynothemis</i> Clavert in Ris, 1909	7	-
	<i>Zenithoptera</i> Selys, 1869	2	-
	<i>Orthemis</i> Hagen, 1861	3	37
	<i>Tramea</i> Hagen, 1861	23	4
	<i>Erythemis</i> Hagen, 1861	2	1
	<i>Micrathyria</i> Kirby, 1889	23	-
	Total	28	338

As ordens **Plecoptera**, **Megaloptera** e **Lepidoptera** foram representadas por apenas uma família, Perlidae, Corydalidae e Piralidae, respectivamente. Estes insetos aquáticos são, naturalmente, raros e exigentes em relação às condições ambientais, entretanto, a presença de exemplares destas ordens, nas bacias hidrográficas, indica a existência de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água, bem como baixos níveis de concentração de matéria orgânica. Para a ordem Plecoptera foram registrados dois gêneros (Tabela 5-6), sendo o gênero *Macrogynoplax* Enderlein, 1909, exclusivo da bacia do Xingu.

**Tabela 5-6. Ordem Plecoptera: família e gêneros.**

Família	Gênero	Nº de	Nº de
		Exemplares	Exemplares
		Bacia do Xingu	Bacia do Tapajós
Perlidae	<i>Anacroneuria</i> Klapálek, 1909	2	6
	<i>Macrogynoplax</i> Enderlein, 1909	7	-
Total	2	9	6

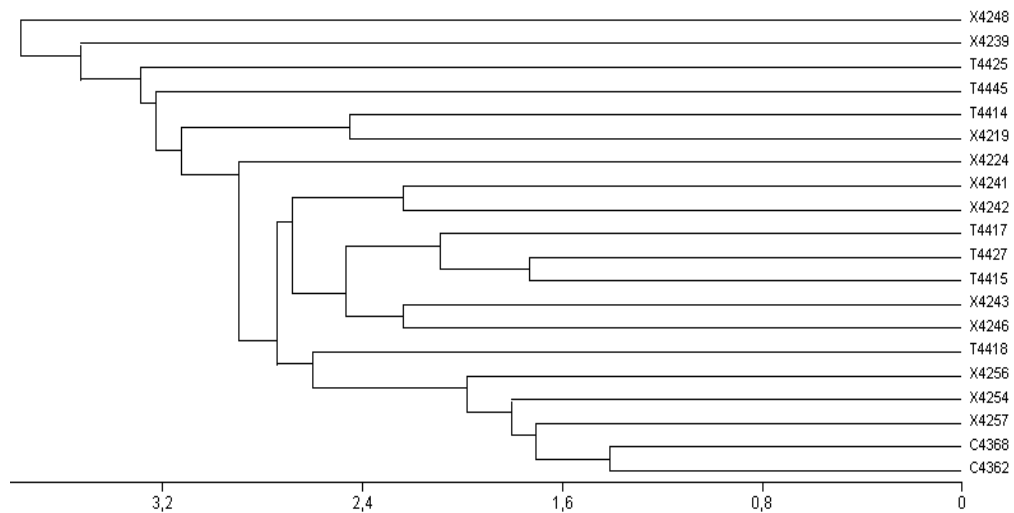
A ordem Trichoptera foi representada por cinco famílias (Figura 5-2F e Figura 5-3F), para as quais foi possível a identificação de seis gêneros (Tabela 5-7). Esta ordem abriga o maior número de espécies potencialmente sensíveis às variações ambientais. A presença significativa destes insetos, particularmente na bacia do Xingu revela o elevado grau de conservação ambiental e diversidade de habitats e microhabitats, uma vez que estes insetos dependem de substratos diversificados (folhiço, fragmentos rochosos, areia) para construir suas casas portáteis e abrigos. Assim como os Plecoptera e os Ephemeroptera, os Trichoptera são caracterizados como organismos que possuem necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água.

**Tabela 5-7. Ordem Trichoptera: famílias e gêneros.**

Família	Gênero	Nº de	Nº de
		Exemplares	Exemplares
		Bacia do Xingu	Bacia do Tapajós
Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> Guérin, 1843	1	-
	<i>Macrostemum</i> Kolenati, 1859	2	-
	<i>Smicridea</i> Mc Lachlan, 1871	11	-
	<i>Synoestropsis</i> Ulmer, 1905	3	-
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> Von Siebold, 1856	3	-
Leptoceridae	?	41	5
Odontoceridae	<i>Marília</i> Muller, 1878	18	-
Polycentropodidae	?	30	-
Total	6	109	76

As demais ordens de insetos (Figura 5-2C, D e E; Figura 5-3C, D e E) com representantes aquáticos que constituíram a entomofauna da Ecorregião estudada (Coleoptera, Hemiptera/Heteroptera e Diptera) são conhecidas por um certo grau de tolerância à ambientes artificialmente eutrofizados, embora algumas espécies destes grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos. A necessidade de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido é menor, uma vez que parte dos

representantes deste grupo, como os Hemiptera/Heteroptera e adultos de Coleoptera utilizam o oxigênio atmosférico. A necessidade de uma maior diversidade de habitats e microhabitats também diminui, em função de uma maior plasticidade do grupo (muitos heterópteros e coleópteros vivem na lâmina d'água ou interface coluna d'água-superfície). Alguns grupos de insetos aquáticos são extremamente tolerantes às variações ambientais e, por isso, chamados de resistentes. São representados, principalmente, por larvas de Chironomidae e outros Diptera. Estes organismos são capazes de viver em condição de anoxia (depleção total de oxigênio) por várias horas. Os Chironomidae são organismos de hábito fossorial, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e microhabitats (Goulart & Callisto, 2003). A existência de Chironomidae nas bacias estudadas não reflete exatamente condições de anoxia ou eutrofização artificial, haja vista que estes são, também, amplamente encontrados em ambientes oligotróficos e mesotróficos, como integrantes fundamentais das teias alimentares destes ecossistemas, sendo reconhecidamente organismos de grande valência ecológica.



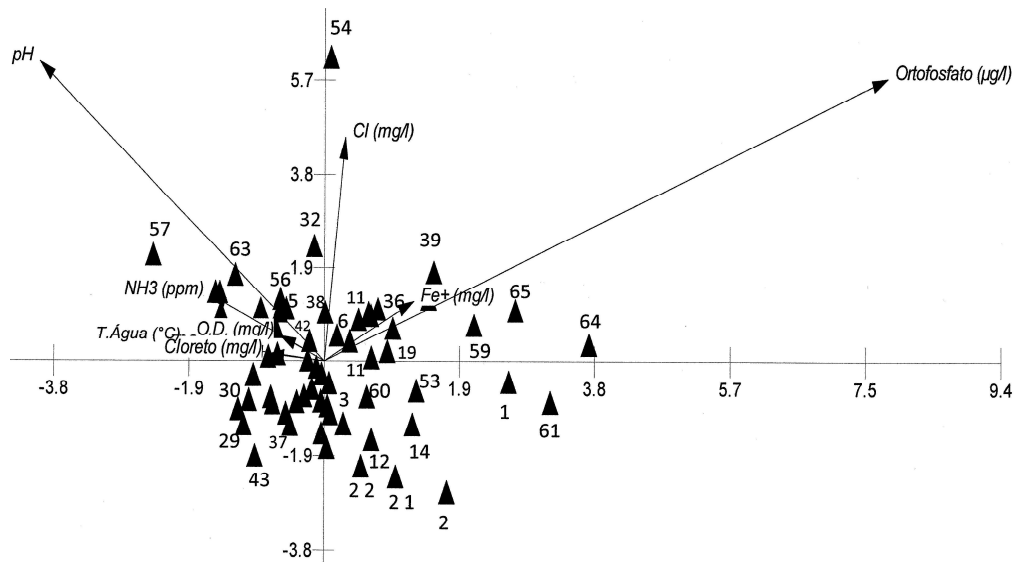
**Figura 5-4. Dendrograma resultante da análise de agrupamento (UPGMA, distância euclidiana) com base na distribuição dos táxons. Os números acompanhados de “C” correspondem às Ottobacias da bacia hidrográfica do Curuá-Una, acompanhados de “X” às Ottobacias do Xingu e “T” às Ottobacias do Tapajós.**

A análise de agrupamento (*Cluster Analysis*), através do método de UPGMA, foi realizada através da distribuição dos táxons nas Ottobacias. Utilizaram-se os dados, organizados em uma matriz, para fins de verificação de similaridade entre as Ottobacias estudadas, bem como fornecer subsídios para delimitação de sub-ecorregiões. O



dendograma resultante (Figura 5-4) agrupou por maior similaridade (pequena distância euclidiana) os pontos da Ottobacia do Curuá-Una. Os demais agrupamentos do dendograma não isolaram as Ottobacias do Xingu e Tapajós em grupos distintos, sugerindo similaridade faunística, na distribuição dos insetos aquáticos, nestas subcorregiões. Este resultado é suportado através do elevado número de táxons de insetos aquáticos (36) comuns às bacias hidrográficas e às Ottobacias.

Na Análise de Correspondência Canônica (Figura 5-5), efetuada para verificar a influência dos fatores ambientais na distribuição dos táxons, foram consideradas todas as variáveis, uma vez que seus coeficientes canônicos não apresentaram multicolinearidade, isto é, valores correlacionados a outras variáveis (Tabela 5-8). Os táxons são simbolizados no gráfico, através de triângulos, cuja correspondência numérica é apresentada no Quadro 3. Aqueles não numerados no gráfico encontram-se mais próximos dos eixos canônicos e, portanto, são considerados mais generalistas ou provavelmente são mais tolerantes à variação abiótica.



**Figura 5-5. Representação gráfica dos planos fatoriais (eixo 1 na horizontal, eixo 2 na vertical, escala vetorial 14,88) da análise de correspondência canônica de distribuição dos táxons de insetos aquáticos em função das variáveis ambientais; variáveis ambientais em itálico, com valores apresentados nas Tabela 5-1, Tabela 5-2 e Tabela 5-3; táxons em algarismos arábicos associados à legenda ( $\Delta$ ), conforme Tabela 5-9.**

Estão negativamente relacionadas com as variáveis ferro e ortofosfato, as variáveis amônia, oxigênio dissolvido, pH e cloreto. Os vetores que revelaram maior coeficiente canônico foram aqueles que representaram as variações de pH, cloro e ortofosfato (Tabela 5-8). Os táxons que apresentaram correlação mais estreita com o ortofosfato foram *Campylocia*, *Castoraeschna*, *Campsurus* e o novo gênero de Ephemeroptera; sendo estes táxons normalmente coletados em locais de baixa correnteza (remansos) e em meio a folhiço, onde ocorre maior decomposição de matéria orgânica. O pH foi registrado, na maioria das amostras com valores ligeiramente ácidos, tendendo à neutralidade. Correlacionados ao pH estão os táxons *Americabaetis*, *Paramaka*, *Brechmorhoga*, *Epigomphus* e *Camelobaetidius*.

**Tabela 5-8. Variáveis e coeficientes canônicos.**

Variáveis	Coeficiente Canônico		Coeficiente de Correlação	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
T°C Água	0,186	0,271	0,172	0,166
T°C Ar	0,246	-0,041	0,376	0,009
pH	0,473	0,226	0,281	0,026
O.D.	0,452	-0,403	0,497	-0,238
Cloreto	-0,152	0,722	-0,059	0,595
NH <sub>3</sub>	-0,032	0,256	0,341	0,243
Cl	0,765	0,643	0,606	0,198
Fe+	-0,03	-0,171	-0,1	-0,161
Ortofosfato	-0,028	-0,715	0,485	-0,139

Estão correlacionados à baixas concentrações de cloreto os táxons *Progomphus*, *Cyanogomphus* e *Hydropsychidae*. O cloreto pode apresentar-se, principalmente sob a forma de cloreto de sódio influenciando os ecossistemas aquáticos continentais, podendo provocar alterações na pressão osmótica nas células de organismos dulçaquícolas. Um aumento brusco do teor do íon cloreto é uma indicação de contaminação da água com águas residuárias, entretanto, os baixos valores registrados para as Bacias Hidrográficas não são significativamente indicadores de despejo efetivo de efluentes domésticos.

Fortemente correlacionados à baixas concentrações de ferro estão *Naucoridae*, *Tramea*, *Dasythemis* e *Castoraeschna*. O ferro foi detectado em ambas as bacias hidrográficas estudadas, porém os maiores valores (2 mg/l) foram registrados na bacia do Tapajós.

Correlacionados às elevadas concentrações de oxigênio dissolvido e baixas concentrações de amônia estão os táxons *Needhamella*, *Perithemis*, *Pyrilidae*, *Phyllocycla* e *Hydropsychidae*. Oxigênio, pH e temperatura da água são fatores que reconhecidamente podem influenciar na abundância e riqueza de macroinvertebrados

aquáticos. A grande maioria das localidades estudadas apresentou concentrações desejáveis de oxigênio dissolvido na água.

**Tabela 5-9. Táxons de insetos aquáticos que apresentaram correlação com as variáveis abióticas, na análise de correspondências canônica (ACC). Os táxons não listados foram retirados da análise por não apresentarem relação estreita com os fatores ambientais.**

Nº atribuído na ACC	Táxon	Curuá	Xingu	Tapajós
1	<i>Diastatops</i>		X	
2	<i>Notonectidae</i>	X	X	X
3	<i>Veliidae</i>	X		
5	<i>Brechmorhoga</i>		X	X
6	<i>Naucoridae</i>		X	X
11	<i>Tramea</i>		X	X
12	<i>Micrathyria</i>		X	X
14	<i>Belostomatidae</i>	X	X	
19	<i>Pantala</i>		X	X
21	<i>Coryphaeschna</i>		X	
22	<i>Nepidae</i>		X	X
29	<i>Psephenidae</i>		X	
30	<i>Gyrinidae</i>		X	
32	<i>Zonophora</i>		X	X
36	<i>Dasythemis</i>		X	
38	<i>Desmogomphus</i>		X	X
39	<i>Castoreschna</i>		X	
42	<i>Epigomphus</i>		X	
53	<i>Dysticidae</i>			X
54	<i>Archaeogomphus</i>			X
56	<i>Americabaetis</i>		X	
57	<i>Camelobaetidius</i>		X	X
59	<i>Campylocia</i>		X	X
60	<i>Fittkaulus</i>	X	X	X
61	<i>Microculis</i>		X	X
63	<i>Paramaka</i>		X	X
64	Gen. Novo Ephemeroptera			X
65	<i>Campsurus</i>		X	X

Não foi possível estabelecer restrições quanto à distribuição dos insetos aquáticos nas bacias hidrográficas através da análise de correspondência canônica. O gráfico resultante revelou que as variáveis ambientais interferem na distribuição de poucos

táxons na região de estudos, o que pode ser justificado pela pequena variação abiótica observada, para a maioria dos fatores.

Os demais táxons coletados, não citados, não apresentaram uma correlação estreita com nenhum dos fatores ambientais analisados, estando distribuídos próximos ao centro do gráfico o que parece indicar que sejam mais generalistas.

#### **5.4 Conclusões**

As comunidades biológicas de insetos aquáticos da Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós são constituídas por táxons reconhecidamente sensíveis ou tolerantes às variações ambientais. Poucos táxons de insetos aquáticos identificados são classificados como resistentes, o que reflete a integridade geral dos ecossistemas estudados. Desta forma, este monitoramento biológico preliminar constituiu-se como uma ferramenta na avaliação das condições aquáticas para a Ecorregião.

A distribuição e diversidade de insetos aquáticos são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, presença e extensão de mata ciliar. Estes insetos são diretamente afetados por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária. A análise de agrupamento com base na distribuição dos táxons de insetos aquáticos nas Ottobacias revelou a semelhança das mesmas quanto às condições abióticas e bióticas, reforçando a delimitação da Ecorregião. As Ottobacias do Curuá-Una foram as únicas que revelaram maior similaridade faunística entre si e dissimilaridade em relação as do Xingu e Tapajós, que não formaram agrupamentos isolados, mas heterogêneos.

O resultado da análise de correspondência canônica revelou a interferência de todas as variáveis abióticas na distribuição dos insetos aquáticos nas Bacias do Curuá-Una, Xingu e Tapajós.

A presença de representantes de insetos aquáticos exigentes de boas condições ambientais, a elevada biodiversidade refletida nas amostras, bem como a existência de um novo gênero para a ordem Ephemeroptera e novos registros de Odonata corroboram com a necessidade de preservação da Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós, bem como, indicam a necessidade de que haja prosseguimento dos estudos realizados, a fim de que seja, ainda que sumariamente, conhecida a biodiversidade deste importante ecótono brasileiro.

## 5.5 Literatura citada

- Angrisano, E.B. 1995. Insecta Trichoptera. p.1199-1237. *In*: Lopretto, E.C. & Tell, G. (eds.). Ecosistemas de aguas continentales, metodologia para su estudio. Tomo III. La Plata, Ediciones Sur. 1401p.
- Angrisano, E.B. 1998. Trichoptera. p.374-384. *In*: Morrone, J.J. & Coscarón, S. (eds.). Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. La Plata, Ediciones Sur. 599p.
- Calor, A.R. 2007. Trichoptera. *In*: Guia on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index\\_trico](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico).
- Costa, J.M.; Souza, L.O.I.; Oldrini, B.B. 2004. Chaves para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 44p. (Publicações Avulsas do Museu Nacional, 99)
- Carvalho, A.L. & Calil, E.R. 2000. Chaves de identificação para as famílias de Odonata (Insecta) ocorrentes no Brasil – adultos e larvas. Papéis Avulsos de Zoologia do Museu de Zoologia da USP 41(15):423-441.
- Goulart, M. & Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. Revista da FAPAM 2(1):1-9.
- Mariano, R. & Froehlich, C.G. 2007. Ephemeroptera. *In*: Froehlich, C.G (org.). Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>.
- Merrit, R. & Cummin S. 1996. An Introduction to Aquatic Insects of North America. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque. 957p.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Bogotá, Fondo FEN Colômbia. Ed. Presencia Ltda. p.4-36.
- Souza, L.O.I.; Costa, J.M.; Oldrini, B.B. 2007. Odonata. *In*: Froehlich, C. G. (org.). Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online)