

## METAIS DE TRANSIÇÃO NOS SEDIMENTOS DE IGARAPÉS DE MANAUS-AM.

SILVA, M.S.R\*.;RAMOS, J.F\*\* & PINTO, A.G.N.\*

(\*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
CP 478/Manaus/AM CEP 69011-970;ssilva@inpa.gov.br.

(\*\*) Universidade Federal do Pará

**RESUMO:** Metais de transição de igarapés de Manaus-AM. Este trabalho objetiva conhecer a distribuição do cádmio (Cd), cobre (Cu), cobalto (Co), cromo(Cr), níquel (Ni), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nos sedimentos de fundo e a composição física e química das águas de igarapés na região amazônica. Foram coletadas amostras nos igarapés do Quarenta e de São Raimundo que recebem efluentes industriais e esgotos domésticos, ambos localizados no sítio urbano de Manaus e o igarapé Barro Branco (natural) situado na Reserva Florestal Adolfo Ducke, em área rural, a 26 km de Manaus. Nas características físicas e químicas das águas o igarapé Barro Branco apresentou-se ácido com pH de 3,5 a 5,5, condutividade de 7,7 a 38,5 mS/cm e baixos teores de sais dissolvidos, valores próprios de igarapés naturais de terra firme. As águas dos igarapés do Quarenta e de São Raimundo mostraram alteração em todos os parâmetros, fato já esperado, tendo em vista as entradas de esgotos domésticos e efluentes industriais. As altas concentrações de cobre, cromo, níquel e zinco nos sedimentos de fundo do igarapé do Quarenta, foram atribuídas à lixiviação de resíduos sólidos enriquecidos de metais das atividades industriais.

Palavras-chave: Amazônia, igarapés, metal pesado, efluentes industriais

**ABSTRACT:** Transition metals in the sediments of the Manaus igarapés. This work studies both the distribution of cadmium, copper, cobalt, chromium, nickel, iron, manganese, and zinc in the bottom sediments, and the physical and chemical composition of the waters of streams (*igarapés*) in the Amazonian region. Samples were collected in the *igarapés Quarenta* and *São Raimundo* which receive both industrial effluents and domestic sewage, in different degrees, and in the *igarapé Barro Branco*, which is located 26 km north of Manaus, in

an undisturbed area (*Reserva Florestal Adolfo Ducke*) and which was used as background. The waters of the *igarapé Barro Branco* were acidic, showing low conductivity and low dissolved salts content, which represent the natural characteristics of undisturbed *igarapés* in that region. *Igarapés Quarenta* and *São Raimundo* have shown alterations in all parameters, which result from the inflow of untreated domestic sewage and industrial effluents. The high concentrations of copper, chromium, nickel and zinc in the bottom sediments of *igarapé do Quarenta* were due to the leaching of metal-bearing solid residues, and industrial effluents produced by industrial activities.

Key-words: Amazônia, igarapés, heavy metals, industrial effluents

## INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus está situada à margem esquerda do rio Negro, centro urbano da maior floresta equatorial-tropical úmida do planeta, sendo recortada por uma extensa rede de cursos de água que desagüam no rio Negro. O município possui, aproximadamente, 1 milhão e quinhentos mil habitantes, que não ocupam uniformemente a sua superfície geográfica, concentrando-se em núcleos periféricos, sob condições de vida insatisfatórias. O adensamento populacional sem planejamento urbano e a implantação do polo industrial comprometeram a qualidade das drenagens superficiais. Embora a dimensão do comprometimento ainda não tenha sido quantificada, há evidências de possíveis prejuízos à saúde da população manauara por doenças parasitárias, infecciosas e toxicológicas, veiculadas pela água que é vastamente utilizada, inclusive, para recreação e lazer.

O clima da região apresenta dois períodos sazonais: um de maior intensidade de chuva que inicia no mês de novembro e termina no mês de maio e, outro, de chuva escassa ou de estiagem, de junho a outubro. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Am de monções, com precipitações elevadas e estação seca definida, quando a chuva é inferior a 70 mm ao mês. O regime hidrológico dos rios e igarapés tem forte influência da geomorfologia, tipologia do solo e pluviosidade da região representando bem os períodos de seca e cheia que são bem diferenciados. A hidrografia dos igarapés é constituída por pequenos cursos de água que contrastam com a abundante pluviosidade característica da região, resultando numa microdrenagem dendrítica, cuja capacidade de receber e de escoar água, assim como detritos e poluentes, deve ser medida pelo número de pequenas correntes que a formam, assim como pela sua largura, profundidade e declividade (Mello & Moura, 1990). A geologia da região é composta pela Formação Alter do Chão, de idade terciária, caracterizada por sedimentos vermelhos e continentais, incluindo arenitos argilosos, argilitos, quartzograuvacas e brechas intraformacionais (Schobbenhaus et al., 1984). Estes sedimentos, quando intemperizados, formam comumente solos argilosos e argilo-arenosos, como os latossolos de classes texturais diferentes (Sakamoto apud Sioli, 1968). O Quaternário é composto por aluviões fluviais, constituídos de cascalhos, areias, siltes e argilas (Schobbenhaus et al., 1984).

Dos trabalhos anteriores, Silva (1992), estudando as modificações ambientais sobre a comunidade de peixes do igarapé do Quarenta, encontrou altas concentrações dos metais pesados zinco, cobre e cádmio em peixes. Campos (1994) identificou índices de contaminação nas águas do igarapé da Bolívia na rodovia BR 174 e Ungemach (1967), Brinkmann & Santos (1970), Schmidt (1972) Junk & Furch (1980), Leenher & Santos (1980), Bringel (1986) e Fonseca et al. (1982) também desenvolveram pesquisas em ambientes aquáticos da região, enfatizando os aspectos limnológicos e hidrológicos. Mesmo assim, ainda existe uma grande lacuna, principalmente em relação às características geoquímicas dos sedimentos de fundo e impactos ambientais de origem antrópica.

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a distribuição do cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni) e zinco (Zn), no igarapé do Quarenta, receptor de efluentes industriais e esgotos domésticos, tendo como objetivos específicos avaliar a qualidade das águas e sedimentos do igarapé do Quarenta, através de análises físicas e químicas, e fazer a comparação com os resultados dos igarapés de São Raimundo (poluído) e do Barro Branco (não poluído).

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa se desenvolveu nos igarapés do Quarenta e de São Raimundo (Fig. 1), Manaus no sítio urbano de Manaus e igarapé do Barro Branco, a 26 quilômetros de Manaus, sujeitos aos mesmos fatores climáticos e geológicos descritos anteriormente

O igarapé do Quarenta apresenta parte de suas margens desmatada e outra parte coberta por vegetação secundária. Sua nascente situa-se no bairro Armando Mendes, onde recebe carga de esgotos domésticos e, em seu percurso, corta a área do Distrito Industrial, onde recebe, além de esgotos domésticos, efluentes industriais.

No igarapé do Quarenta foram selecionadas seis estações identificadas como: Q1- a jusante da avenida Grande Circular, próximo a uma lixeira atualmente desativada. Nesta estação, ainda se encontra vegetação típica de floresta primária; Q2- a jusante do corpo de Bombeiros, em cujas margens ainda se podem encontrar espécies de palmeiras como a *Mauritia flexuosa* L. e *Euterpes oleracea* Mart.; Q3 - a jusante da ponte Nova República, onde nas margens observa-se vegetação secundária; Q4, Q5 e Q6, estações sem vegetação e com entradas de esgotos domésticos e efluentes industriais (Fig. 1).

O igarapé de São Raimundo é afluente do rio Negro e seu curso percorre o trecho sudoeste da cidade de Manaus. Nas últimas décadas tem recebido grande carga poluidora de esgotos domésticos e industriais além de diferentes tipos de lixo dos moradores de sua bacia de drenagem.

Por ser um ambiente ainda preservado, os resultados do igarapé do Barro Branco, localizado a 03°8' latitude Sul e 60 02' W Gr., a 26 Km do Município de Manaus, em área rural, na Reserva Florestal Adolfo Ducke, foram utilizados como referencial.

As coletas foram efetuadas nos meses de janeiro, maio e junho (período de águas altas) e nos meses de agosto e setembro (período de águas baixas) de 1994, levando em consideração a sazonalidade na região.

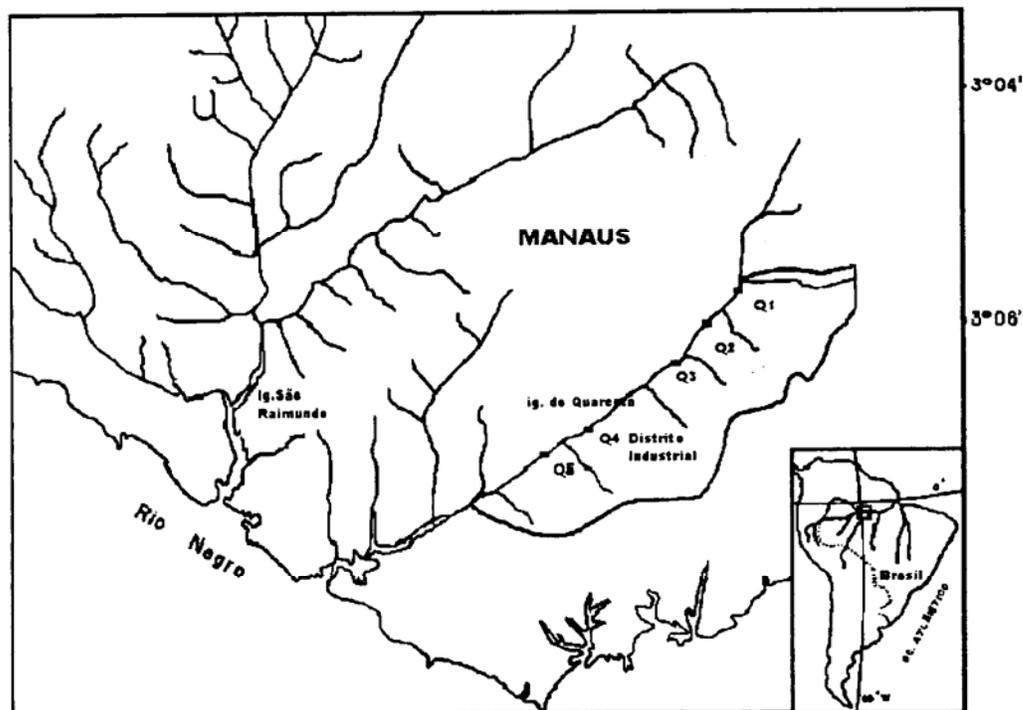


Figura 1 - Localização dos igarapés do Quarenta e de São Raimundo.

■ ponto de coleta

As amostras de água foram coletadas na superfície, armazenadas em frascos de polietileno e analisadas no laboratório do INPA/Manaus. As determinações de pH, condutividade elétrica e temperatura foram feitas em campo. O pH foi determinado com potenciômetro digital marca WTW modelo 191, a condutividade elétrica com condutivímetro digital marca WTW modelo 190 e a temperatura com termômetro de mercúrio. Para as análises físicas e químicas das águas de superfície foram empregadas as técnicas recomendadas em Golterman & Clymo (1971), Golterman et al. (1978) e American Public Health Association - APHA (1985), tendo sido as amostras previamente filtradas com filtros de 47 mm de diâmetro e 0,45 mm de poro. O oxigênio dissolvido foi determinado pelo método de Winkler modificado, de acordo com Golterman et al. (1978). A demanda química do oxigênio (DQO), foi determinada pelo método do permanganato de potássio ( $KMnO_4$ ) segundo Golterman & Clymo (1971) e Golterman et al. (1978). O sulfato, pelo método turbidimétrico, usando-se o cloreto de bário em meio ácido e equipamento modelo AP 1000 II- Polilab, segundo APHA (1985). Cloreto, por titulometria, baseado na coloração desenvolvida pela formação de cloreto de mercúrio em meio ácido, usando como indicador a difenil carbazona segundo Golterman et al. (1978). A alcalinidade,

expressa em mg/L de  $\text{HCO}_3^-$ ; foi determinada potenciométricamente, como titulante a solução de HCl 0,05 N até pH 4,3, segundo Golterman et al. (1978). Cálcio e magnésio foram determinados por complexometria com EDTA. Sódio e potássio por fotometria de chama, em espectrofotômetro marca Micronal, modelo B262. Para os compostos nitrogenados,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ , foi utilizada a técnica descrita em Strickland & Parsons (1968). O  $\text{NO}_3^-$  foi reduzido a nitrito em coluna redutora de cádmio e logo determinado, com auxílio do FIA (Análises por Injeção de Fluxo) e a  $\text{NH}_4^+$ , utilizando-se o método do azul de indofenol segundo (Mackereth et al, 1978).

As amostras de sedimentos de fundo foram coletadas com auxílio de um amostrador draga tipo "Peterson" e, logo após a coleta, acondicionadas em sacos plásticos segundo as técnicas recomendadas para amostragem geoquímica, evitando-se os agentes contaminadores externos. Cada amostra foi identificada com o nome do ponto de coleta e data. Para as análises químicas, o sedimento foi peneirado a úmido, com auxílio de um tamis com malha <63 mm para separação de silte e argila, já que as argilas apresentam melhores condições para fixar metais pesados (Levinson, 1974), sendo o restante do material (areia grossa e detritos orgânicos) desprezado. Uma outra parte do sedimento foi seca em estufa a temperatura inferior a 40°C. Nas amostras dos sedimentos da fração de silte-argila foram analisados os metais Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, e Zn em cuja extração foram utilizados 0,5g da amostra de sedimento seco em estufa a temperatura 40°C (argila+silte) e digerida em bequer de teflon com uma mistura de ácido fluorídrico e ácido perclórico (10:1), em seguida filtrada em filtro Whatman 41. Após as extrações, os metais foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin Elmer, modelo 1100B), usando chama de ar-acetileno no laboratório do INPA/Manaus.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No igarapé Barro Branco foram observados os menores valores de temperatura, de 24,7 a 25,0 °C e não mostrou variação sazonal significativa, fato já esperado, por ser um ambiente natural e ainda protegido por florestas. Valores maiores foram observados no igarapé de São Raimundo de 30,2 a 32,0 °C, provavelmente devido à ausência de vegetação em suas margens, a intensidade da radiação solar aumenta, levando ao aumento na temperatura da água. As maiores temperaturas foram observadas nos igarapés que têm suas margens desmatadas e vêm sofrendo forte influência desses impactos. Valores semelhantes de temperatura também foram observados por Campos (1994), em igarapés da região.

As águas do igarapé Barro Branco são ligeiramente ácidas e do igarapé de São Raimundo próximo do neutro. A diminuição da acidez nos igarapés de São Raimundo e do Quarenta é provocada pela alteração das substâncias tampão, sistema bicarbonato/gás carbônico,

controladoras do meio. No igarapé Barro Branco, a diminuição na acidez, no período chuvoso, é atribuída a grande massa de água que dilui essas substâncias tampão (Fig. 2). O pH no igarapé Barro Branco apresentou-se mais baixo, valores similares aos observados foram encontrados anteriormente, neste igarapé, por Franken & Leopoldo (1984).

Os igarapés do Quarenta e de São Raimundo apresentaram valores de condutividade elétrica altos em relação a outros igarapés da região, na faixa de 82,0 a 182,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , revelando influência das concentrações dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) e ânions ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ ). No igarapé Barro Branco, os baixos valores de condutividade são devidos a sua localização e por ser, ainda ambiente preservado. Trabalhos anteriores de Schmidt (1972) e Campos (1994) em igarapés da rodovia BR-174, mostraram valores de condutividade elétrica na faixa de 5,2 a 28,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nos igarapés, o oxigênio dissolvido apresentou variação temporal e espacial, com períodos oxigenados e períodos anóxicos. No igarapé de São Raimundo, as taxas de oxigênio dissolvido variaram alternadamente de ambiente anóxico a ambiente pouco oxigenado. O alto consumo de oxigênio dissolvido nas estações a jusante da estação Q5 do igarapé do Quarenta, é atribuído aos lançamentos de esgotos domésticos e efluentes industriais que, por oxidação da matéria orgânica e consumo por microorganismos, reduz o oxigênio dissolvido até 0,15 mg/L, na estação Q6. No igarapé Barro Branco, por ser ambiente natural de floresta o oxigênio dissolvido apresentou valores superiores a 5,5 mg/L (Fig. 2).

Nos igarapés, os valores da demanda química do oxigênio (DQO) encontrados variaram de 20,8 a 67,0 mg/L. O oxigênio dissolvido e a quantidade de matéria orgânica quimicamente oxidável nas águas dos igarapés encontraram-se na mesma faixa dos valores observados na região (Sioli, 1956 e Campos, 1994).

Nos igarapés estudados, os valores da demanda química do oxigênio (DQO) variaram de 20,8 a 67,0 mg/L e o oxigênio dissolvido e a quantidade de matéria orgânica quimicamente oxidável nas águas dos igarapés estavam na mesma faixa dos valores observados na região (Sioli, 1956 e Campos, 1994).

Os teores dos ânions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) nas águas de superfície apresentaram variações temporal e espacial significativas. No igarapé Barro Branco, as concentrações foram relativamente baixas quando comparadas aos demais igarapés. Os igarapés de São Raimundo e do Quarenta apresentaram enriquecimento dos metais alcalinos e alcalinos terrosos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) em relação ao igarapé Barro Branco, evidenciando serem estes ambientes, geoquimicamente diferentes. Pesquisas anteriores mostraram que os ânions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) e os cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), em igarapés naturais da região, são relativamente baixos (Sioli, 1956, Schmidt, 1972; Santos Et Al. 1984; Franken & Leopoldo, 1984 e Campos, 1994). Nos igarapés de São Raimundo e do Quarenta, as altas concentrações dos cátions são oriundas de fontes externas, esgotos domésticos e lixo jogados pela população vizinha.

Observaram-se concentrações de  $\text{NO}_2^-$  relativamente baixas nos diferentes ambientes e as de  $\text{NO}_3^-$  variaram de 0,01 a 0,028 mgN/L, no igarapé Barro Branco, e de 0,009 a 2,947 mgN/L nos igarapés de São Raimundo e do Quarenta. Os valores para nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) foram de 0,050 a 0,770 mgN/L, no igarapé Barro Branco, e de 0,627 a 8,000 mgN/L nos demais igarapés. As altas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  encontradas nos

igarapés de São Raimundo e do Quarenta (Fig. 2), são provenientes de esgotos domésticos e efluentes industriais. Dos igarapés estudados, somente no igarapé Barro Branco foram encontrados valores de  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  similares aos dados obtidos anteriormente (Sioli, 1968; Santos et al., 1984; Silva, 1992 e Campos, 1994).

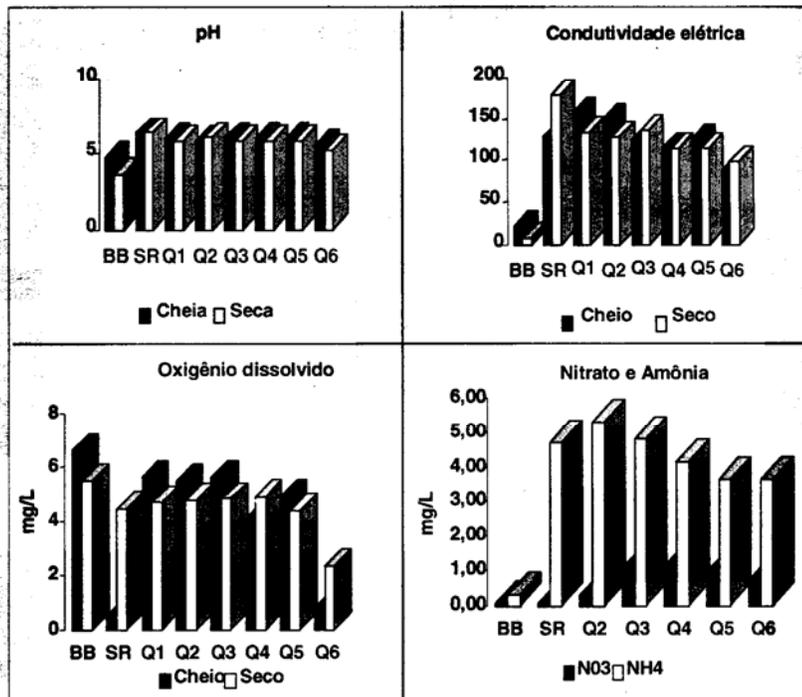


Figura 2 - Variação da média do pH, condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigênio dissolvido, nitrato e amônia determinados nos meses de janeiro, maio e junho (período chuvoso), agosto e setembro (período de estiagem) nas águas dos igarapés do Quarenta (Q), de São Raimundo (SR) e Barro Branco(BB) - 1994

As concentrações dos cátions e ânions expressas em  $\text{meq}/\text{L}$  foram plotadas segundo Diagrama de Schoeller (1962). Os igarapés do Quarenta e de São Raimundo mostraram as seguintes seqüências decrescentes  $r\text{Na}^+ > r\text{Ca}^{2+} > r\text{Mg}^{2+} > r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{2-}$ ; com aumento significativo das concentrações destas em relação ao igarapé Barro Branco (Fig. 3). Este aumento mostra claramente que entradas de substâncias alcalinas provenientes de lixo e esgotos domésticos provocam mudanças na composição química das águas.

As concentrações de Cd total variaram do limite de sensibilidade do método ( $<0,001$ ) a  $11,4 \text{ mg}/\text{g}$  nos sedimentos de fundo dos igarapés. As maiores concentrações do Cd foram observadas no período cheio (Fig. 4 e 5), valores superiores aqueles observados por Salomons & Förstner (1984) nos sedimentos de fundo do rio Amazonas; Suzuki et al. (1979) nos sedimentos de fundo do Rio Tama (Japão) e Souza (1986) nos sedimentos do rio Ingaíba (não contaminados). As concentrações de Co variaram de  $4,4$  a  $115,3 \text{ mg}/\text{g}$  nos sedimentos de fundo dos igarapés. Os igarapés de São Raimundo e do Quarenta mostraram pequeno enriquecimento em relação ao igarapé Barro Branco. Neste último, o Co variou de  $10,8$  a  $33,6 \text{ mg}/\text{g}$ , valores inferiores aos dos demais igarapés, porém acima dos já encontrados em sedimentos não contaminados por Salomons & Förstner (1984), de diferentes rios do mundo.

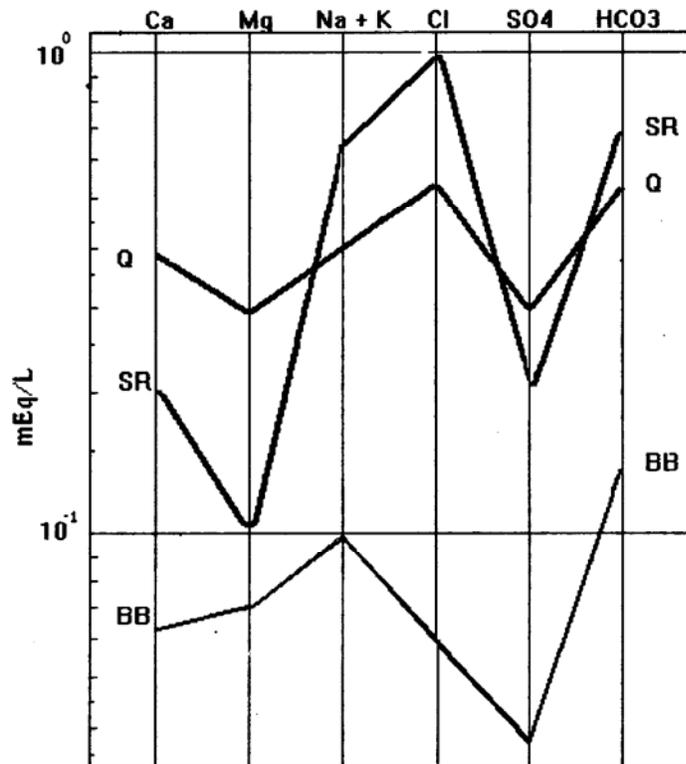


Figura 3 - Diagrama de Schoeller para as águas dos igarapés Quarenta (Q), de São Raimundo (SR) e Barro Branco (BB).

Dos metais, o Cu foi o que apresentou maiores concentrações nos sedimentos de fundo do igarapé do Quarenta (Fig. 4 e 5). O valor máximo de 3.798 mg/g foi encontrado na estação Q2, situada ao lado de uma lixeira. Supõe-se que o Cu seja proveniente das indústrias locais, cujos efluentes e resíduos sólidos são despejados na superfície dos solos e arrastados pelas chuvas para os igarapés, elevando as concentrações de Cu na estação Q2. Depaula (1990) encontrou 29,0 mgCu/g em sedimentos de fundo em igarapés de águas claras; Souza (1986) 31,0 mgCu/g nos sedimentos do Rio Ingaíba (não contaminado); Förstner & Wittmann (1983), 376,0 mg/g nos sedimentos do Rio Reno (trecho contaminado) e Silva (1992) 79,48 mgCu/g no peixe *Hoplosternum littorale* no igarapé do Quarenta. As concentrações de Cu no igarapé do Barro Branco e de São Raimundo são semelhantes aos valores de ambientes não contaminados (Souza, 1986).

O Cr e Cu apresentaram variações sazonais com maiores concentrações no período chuvoso. Nos sedimentos de fundo do igarapé do Quarenta foram encontradas as maiores concentrações de Cr na estação Q5 e um enriquecimento quando comparado ao igarapé Barro Branco. Este enriquecimento, no período chuvoso, está relacionado ao acúmulo de resíduos sólidos domésticos e industriais, em áreas adjacentes a estes cursos d'água que são carregados pelas chuvas (Fig. 4 e 5). As concentrações do Cr nestes igarapés variaram de 40,2 a 439,0 mg/g. Em outros ambientes contaminados foi observado por Souza (1986) 108,0 mg/g nos sedi-

## Precipitação Pluviométrica

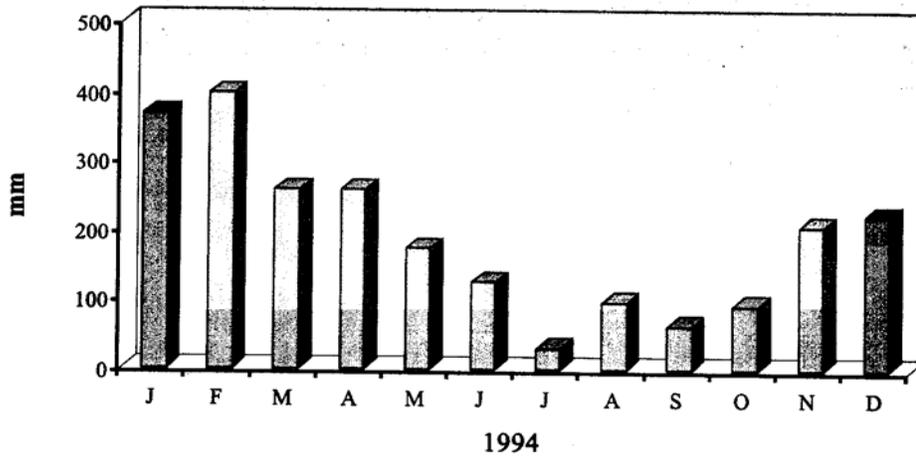


Figura 4 - Precipitação mensal na estação meteorológica de Manaus (INEMET), no período de janeiro a dezembro de 1994.

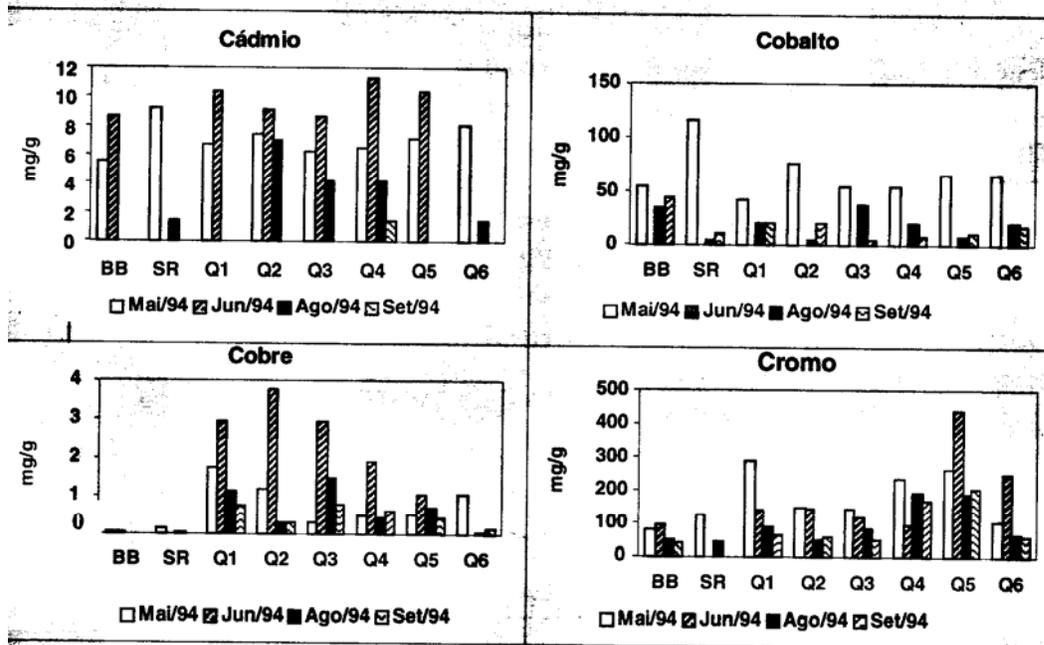


Figura 5. Distribuição do Cd, Co, Cu e Cr total nos meses maio e junho (período chuvoso), agosto e setembro (período de estiagem), nos sedimentos de fundo dos igarapés do Quarenta (Q), de São Raimundo (SR) e Barro Branco (BB).

mentos do rio Ingaíba; Depaula (1990), 39,0 mgCr/g nos sedimentos de fundo do igarapé Teotônio (RO) e Förstner & Wittmann (1983), 397,0 mg/g de cromo nos sedimentos do rio Reno.

As concentrações do Fe nos igarapés variaram de 13,0 a 61,6 mg/g. As maiores concentrações foram encontradas no igarapé de São Raimundo e as menores no igarapé Barro Branco (Fig. 6).

Nos sedimentos de fundo dos igarapés para o Mn, obteve-se em geral, valores na mesma ordem de grandeza dos diferentes ambientes estudados, com exceção das estações Q1 e Q2 do Quarenta, que apresentaram concentrações de 448,0 e 438,0 mg/g respectivamente. As concentrações do Mn encontradas nos igarapés variaram de 42,0 a 448,0 mg/g (Fig. 6) e são compatíveis com os valores da literatura para ambientes não contaminados (Depaula, 1990 e Salomons & Förstner 1984). Os valores de Mn encontrados sugerem que o comportamento deste metal nos sistemas aquáticos, está fortemente relacionado às mudanças ambientais, como o teor de matéria orgânica, taxa de oxigênio dissolvido, pH e potencial redox. As altas concentrações de Mn observadas no mês de junho nas estações Q1 e Q2 do igarapé do Quarenta, são atribuídas às entradas, por lixiviação, de diferentes tipos de resíduos das atividades industriais que se encontravam em uma lixeira atualmente desativada (Fig. 6).

O Ni apresentou concentrações sazonais significativas nos igarapés, com variação de 71,6 a 824,8 mg/g. As maiores concentrações foram encontradas no período de estiagem. Nos sedimentos do igarapé do Quarenta, as concentrações de Ni mostraram um enriquecimento deste metal em relação ao igarapé Barro Branco (Fig. 6).

Todas as estações do igarapé do Quarenta apresentaram altas concentrações de Zn, com valores de 330,0 a 1904,0 mg/g (Fig. 6). Souza (1986) encontrou 230,0 mgZn/g em sedimentos de rios não contaminados; Salomons & Förstner (1984) 95,0 mg/g de Zn nos sedimentos de diferentes rios do mundo e Silva (1992) 81,63 mgZn/g em músculo de peixes *Hoplosternum littorale* (detritívoro) e 80,63 mg/g no *Hoplias malabaricus* (carnívoros) no igarapé do Quarenta. As concentrações do Zn variaram nos diferentes igarapés apresentando pequena variação sazonal. O igarapé do Quarenta apresentou um enriquecimento deste metal quando comparado ao igarapé Barro Branco (Fig. 6).

Observou-se para o igarapé Barro Branco menores concentrações de Cd que nos demais e similares às obtidas por Souza (1986), no rio Ingaíba (não contaminado). As concentrações de Cr, Cu, Fe e Zn encontradas nos sedimentos dos igarapés estudados, com exceção do igarapé do Quarenta são similares aos referidos por Salomons & Förstner (1984) em rios não contaminados.

## CONCLUSÕES

As análises da composição química dos sedimentos e também análises físicas e químicas das águas mostraram que: o igarapé Barro Branco apresenta em sua composição química valores característicos de igarapés sob condições naturais de terra firme, água ácida, oxigênio dissolvido com teores acima de 5,5 mg/l, baixa condutividade, baixos teores de cátions e ânions, próprios de ambientes naturais da região; os igarapés do Quarenta e de São Raimundo mostraram alterações em todos os parâmetros, altos teores de cátions e ânions e anoxia em

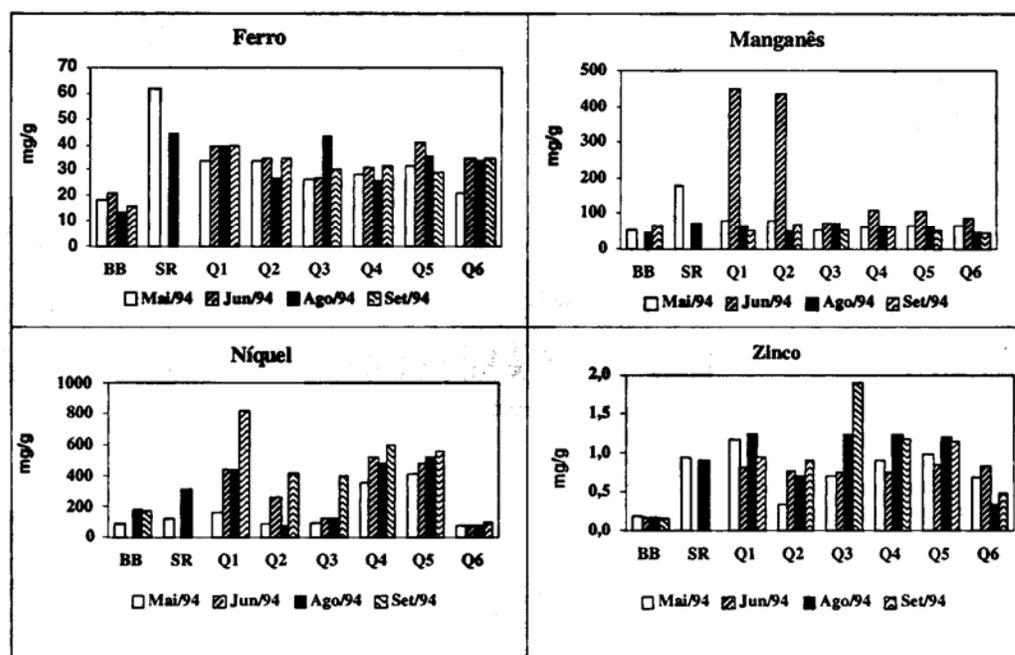


Figura 6 – Distribuição do Fe, Mn, Ni e Zn total nos meses maio e junho (período chuvoso), agosto e setembro (período de estiagem), nos sedimentos de fundo dos igarapés do Quarenta (Q), de São Raimundo (SR) e Barro Branco(BB) - 1994.

períodos alternados. No igarapé de São Raimundo, o lançamento de esgotos domésticos e resíduos sólidos tem contribuído para uma forte degradação deste ambiente inclusive com a diminuição de oxigênio e modificação na composição física e química da água;

As concentrações de Cd, Co, Cu, Cr e Ni mostraram aumento durante o período chuvoso, atribuído às entradas de efluentes industriais, esgotos domésticos e também ao arraste pelas chuvas dos resíduos sólidos e substâncias que se encontram na superfície dos solos das área adjacentes.

## REFERÊNCIAS CITADAS

- APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Work Association; WPCF Water Pollution Control Federation. 1985. Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 14 ed., New York, 1268p.
- Bringel, S. R. B. 1986. Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque Dez de Novembro. Manaus, CODEAMA/ UTAM. 61p. (Relatório Técnico).
- Brinkmann, W. L. F. & Santos, A. 1970. Natural waters in amazonia II. The chemical oxygen demand (COD). Symposium Proceedings on Environment in Amazonas. Manaus, 1970. An. Part I: P. 57-66.
- Campos, Z. E. S. de .1994. Parâmetros físico-químicos em igarapés de água clara e preta ao longo da Rodovia Br-174 entre Manaus e Presidente Figueredo-AM. Manaus, AM.Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. 90p. (Dissertação)
- Depaula, F. C. F. 1990. Geoquímica de sedimentos do Rio Madeira (RO) e de alguns afluentes da margens direita, Niterói, RJ. Brasil. UFF. 76p. (Tese).

- Fonseca, O. J. M.; Salem, J. L.; Guarim, V. L. 1982. Poluição e autoperificação do rio Negro nas cercanias de Manaus. *Acta Amazônica*, 12(2):271-278.
- Förstner, U. & Wittmann, G. T. W. 1983. *Metal pollution in the aquatic environment*-Springer-Verlag. 486 p.
- Franken, W. & Leopoldo P. R. 1984. Hydrology of catchment areas of Central-Amazonian forest Stream. In: SIOLI, H. ed. *The Amazon Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Junk, Dordrecht: p.501-519.
- Golterman, H. L. & Clymo, R. S. 1971. *Methods for chemical analysis of fresh water*. Oxford, Blackwell Scientific Publication. 160 p.
- Golterman, H. L.; Clymo, R. S.; Ohnstad, M. A. M. 1978. *Methods for physical and chemical analysis of fresh water*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 213 p
- Junk, W. J. & Furch, K. 1980. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. *Acta Amazonica*, 10(3): 611-633.
- Leenher, J. A. & Santos, U. M. 1980. Considerações sobre os processos de sedimentação na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). *Acta Amazônia*, 10(2): 343-355.
- Levinson, A. A. 1974. *Introdução to exploration geochemistry*. 614p.
- Mackereth, F. J. H.; Heron, J.; Talling, J. F. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Freshwater Biological Association. Cumbria. 121p.
- Mello, M. L. de & Moura, H. A. de. 1990. *Migrações para Manaus, Recife*, Ed. Massangana. 505p.
- Salomons, W. & Förstner, U. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag. 349p.
- Santos, U. de M.; Bringel, S. R. B.; B. Filho, H.; Ribeiro, M. de N. G.; Bananeira, M. 1984. Rios da Bacia Amazônica. I. Afluentes do Rio Negro. *Acta Amazônica*, 14(1-2): 222-237.
- Schmidt, G. W. 1972. Chemical properties of some water in the tropical rain forest region of Central Amazonia along the new road Manaus- Caracará. *Amazoniana*, 3(2): 199-207.
- Schobbenhaus, C.; Campo, D. de A.; Derze, G. R.; Asmus, H. E. 1984. *Geologia do Brasil*. Brasília , DNPM. 501p.
- Schoeller, H. 1962. *Les eaux souterraines*. Paris, Masson. 642p.
- Silva, C. P. D. D. 1992. *Influência das modificações ambientais sobre a comunidade de peixes de um igarapé da Cidade de Manaus (Amazonas)*. Manaus, AM. Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, 112p. (Dissertação)
- Sioli, H. 1956. As águas do alto Rio Negro. *Boletim Técnico Instituto Agronomico do Norte*, (32): 117-155.
- Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. *Amazoniana*, 3: 267-277.
- Souza, C. M. M. 1986. *Estudo comparativo da distribuição geoquímica de metais pesados entre duas áreas costeiras contaminadas e uma não contaminada, no litoral Sul do Rio de Janeiro*. Niteroi, RJ. Brasil. Universidade Federal Fluminense. 60p. (Dissertação)
- Strickland, J. D. H. & Parsons, R. 1968. *A practical handbook of seawater analyses*. Fish. 311p. (Res. Board Canada Bull., 167).
- Suzuki, M.; Yamada, T.; Miyazaki, T. 1979. Sorption and accumulation of cadmium in the sediment of the Tama River. *Water Research*, 13:57-63.
- Ungemach, H. 1967. Sobre o balanço metabólico de íons inorgânicos da área no sistema do Rio Negro. *Atlas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*. v. 3 (*Limnologia*): 221-226.