

## RESUMO

Neste trabalho apresentamos os resultados dos estudos físicos-químicos do rio Solimões-Amazonas, em onze (11) locais e em trinta e um (31) afluentes e subafluentes, desde a fronteira do Brasil-Peru-Colômbia, em Tabatinga, até a amostragem de frente à cidade de Santarém, no Estado do Pará, com uma distância de 2457 km. Os afluentes e subafluentes do rio Solimões-Amazonas ficam reduzidos a pequenos córregos nos seus altos cursos; apenas os rios Juruá, Purus, Negro e Madeira em alguns locais ficam com uma lâmina d'água de dois (2) metros, na região navegável, isto dependendo da estiagem. Todos os rios de água barrenta formam várzeas, que são ricas em nutrientes minerais, várzeas essas que possuem em toda a sua extensão lagos, paranãs, igapós, forma-se grande abundância de capim flutuante que, em parte entra em decomposição, produzindo gases tóxicos, como  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  etc. Os lagos e a várzea funcionam como se fossem uma esponja do rio, absorvendo sedimentos suspensos, nutrientes minerais e orgânicos, e liberando uma parte, no período de esvaziamento (seca). Os rios de água preta não formam várzeas e sim praias, e igapós no período da cheia, por possuírem pouco sedimentos; a cor escura é devida a substâncias coloridas, como material húmico, que limitam a produção de fitoplâncton. Os rios de água clara também não formam várzeas e sim praias com poucos igapós; eles apresentam uma coloração verde azulada dada a grande formação de algas do tipo Cyanophyta. Os rios de água barrenta que apresentam maiores concentrações de sedimentos nos meses de novembro e abril têm como abastecedora a mobilização, com resuspensão, dos sedimentos, devidos ao aumento da vazão e, em parte, ao fenômeno das terras caídas. É possível que o rio Solimões-Amazonas receba suprimentos minerais e orgânicos dos rios de água barrenta, de pequenos rios que são represados na sua foz, de rios com pequenos afloramentos de calcário e de rios com elevados teores de substâncias coloridas. As menores temperaturas no rio Solimões-Amazonas ocorrem no período de enchimento do Canal principal e as maiores no verão; quanto ao oxigênio as menores concentrações aparecem nos meses de abril a julho, são devida as águas oxidadas provenientes das várzeas e lagos.

---

(\*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

## INTRODUÇÃO

Estudos sobre a química da água, sedimentos e vazão em rios e igarapés da Amazônia foram realizados por vários pesquisadores desde 1950 com os trabalhos de Sioli. Gessner (1960) faz uma comparação entre pH, condutibilidade elétrica, oxigênio e iluminação nos rios Negro e Solimões-Amazonas e algumas informações das águas do alto Solimões. Sioli & Klinge (1962) e Klinge (1965, 1967b) focalizam a importância dos Podsolos para a formação da água preta.

Ungemach foi o que estudou durante os anos de 1966 e 1968 com detalhes, as águas do rio Negro, as oscilações dos componentes da matéria orgânica, valores de descarga, média dos nutrientes dissolvidos que saem da área de drenagem (Anonymus, 1972). Schmidt (1972b) investigou os sedimentos suspensos e nutrientes no rio Solimões. Brinkmann (1974) faz referência sobre a emissão do  $H_2S$  que são formados nos lagos de várzea da Amazônia. Santos (1971, 1984, 1985) estudou os rios Preto da Eva, Negro e Branco com respeito aos nutrientes minerais. Leenheer (1980) informa sobre a origem e natureza das substâncias húmicas nas águas da Bacia Amazônica. Junk (1980) dá algumas informações sobre a química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Stallard (1980) focaliza a química das águas superficiais e de precipitação, para estimar os fluxos de sais marinhos cíclicos através da área de drenagem da Bacia Amazônica até Óbidos. Leenheer (1980) sugere que a formação do Arquipélago das Anavilha nas tenha como causa a floculação dos sedimentos caoliníticos do rio Branco. Richey (1982, 1983, 1985, 1986) e Meade (1985) são os que informam sobre a biogeoquímica, medição da descarga, concentração de sedimentos suspensos e estocagem e remobilização do sedimento no rio Solimões-Amazonas.

Neste trabalho, realizado em onze (11) locais do rio Solimões-Amazonas e em trinta e um (31) afluentes e subafluentes, damos algumas informações adicionais sobre as causas da diminuição dos nutrientes minerais, rios que abastecem em parte o canal principal de nutrientes minerais e orgânicos, as possíveis causas do aumento dos sedimentos suspensos no período de enchimento da bacia, a influência das várzeas e lagos sobre o canal principal, causas do aumento do sulfato e diminuição do oxigênio no rio principal, influência dos rios de água preta que floculam os de água barrenta, por último, a influência das algas do tipo Cyanophyta nas águas claras.

## MATERIAL E MÉTODO

Após vários anos de observações na Amazônia, achamos mais coerentes coletar as amostras de água dos rios no seu período de menor nível. É possível que, no período de cheia, as amostras sofram aumento de substâncias coloridas, diminuição ou aumento de sais minerais dissolvidos, provenientes dos solos e subsolos da região.

As amostras dos onze (11) locais do rio Solimões-Amazonas e em trinta e um (31) afluentes e subafluentes (Fig. 1 e Tabela 1) foram coletadas entre os meses de setembro a

outubro dos anos de 1984/1985, e acondicionadas em garrafas de polietileno, fixadas em  $H_2SO_4$  4 N (5 ml para 1 litro) para análise de nitrogênio de Kjeldahl, e com  $CHCl_3$  (5 ml para 1 litro) para determinação do pH, cloretos, sulfatos e silicatos. Para as várias outras determinações as amostras não foram fixadas.

As amostras adicionais tomadas próximo a Ilha da Maria Antônia (rio Solimões) em intervalos de 15 dias, para temperatura e oxigênio, começaram em janeiro de 1984 e terminaram em setembro de 1986.

Quanto a quilometragem das distâncias dos locais das coletas dos rios algumas não aparecem indicação na Tabela 1 devido a certas dificuldades dos meandros dos paranás etc.

### Métodos

pH: Potenciométrico (aparelho tipo WTW pH 390, eletrodo de vidro) calibrado com soluções padrão pH 4,00 e 7,00;

Condutibilidade elétrica: Determinado com aparelho WTW LF 54 com eletrodo de Pt. Os resultados são expressos em condutibilidade específica:  $K_{20} = \mu S/cm$  e ajustados para  $20^\circ C$ ;

Cálcio: Titrimétrico com complexon III e indicador HHSSNN;

Magnésio: Titrimétrico com complexon III e Erio Cromo Negro T como indicador, tem-se  $Ca + Mg$ : o cálculo de magnésio é feito por subtração dos valores do Cálcio obtido no item 3;

Fósforo Total: Fotométrico (método modificado de Ambuchl & Schmid, 1965);

Nitrogênio de Kjeldahl: Digestão sulfúrica usando-se como oxidante  $H_2O_2$  ou Se, para acelerar a digestão do material orgânico sob temperatura controlada. É determinado por destilação e nesslerização (IBP. Handbook), nº 8, 1971;

Cloro em forma de cloreto: Segundo método de IBP Handbook, nº 8 1971;

Ferro Total: Oxidação do ferro divalente para trivalente a quente com  $HNO_3$  concentrado e determinado fotometricamente com  $KSCN$ ;

Material húmico: Fotométrico (segundo Santos & Santos, 1970);

Cor: Fotométrico (deutschen Einheitsver Fahren 1960);

Sódio e Potássio: Determinado por Espectrometria de Emissão Atômica, utilizando-se aparelho de Perkin Elmer, modelo 306;

Sílica como silicatos: Fotométrico (segundo método de Zimmermann, 1961);

Alumínio total: Digestão sulfúrica usando-se como oxidante  $H_2O_2$  ou Se, para acelerar a digestão do material orgânico sob temperatura controlada, é determinado pelo método colorimétrico;

Sulfato: Determinação volumétrica, usando o metilorange como indicador e titulado com  $Na_2S_2O_3$  0,03 N (7,75 g/l);

Oxigênio Dissolvido: Determinado com sonda, utilizando o medidor de oxigênio. Model

## RESULTADOS

O clima na Amazônia apresenta um período de maior intensidade de chuva, o qual é chamado de inverno, que geralmente começa no mês de novembro indo até o mês de maio, e um período de menor intensidade de chuva (verão) que começa em meados de junho indo até outubro; sob essas condições e regime do maior rio do mundo em volume de água que é o rio Solimões-Amazonas e seus afluentes e subafluentes, obedece em seus níveis ao ciclo de pluviosidade ambiental.

A maioria desses afluentes e subafluentes no período do verão ficam reduzidos a pequenos córregos na região de suas cabeceiras e bem poucos, como os rios Juruá, Purus, Negro e Madeira ficam com uma lâmina de água de, no máximo, dois metros de profundidade em alguns locais, isto dependendo da intensidade do verão.

Tanto o rio Solimões-Amazonas quanto os seus afluentes apresentam no período de novembro, e às vezes, no mês de fevereiro, uma subida vertiginosa para em seguida decrescer, o qual é chamada de repiquete; este fenômeno ocorre após fortes precipitações em seus altos cursos, que coincidem com o início do período chuvoso.

Todos os rios de água barrenta da Amazônia formam várzeas, e estas são formadas pelos sedimentos aluviais provenientes dos Andes ou Pré-Andes; essas várzeas são ricas em sais minerais e em toda sua extensão formam lagos (a única exceção talvez na Amazônia é feita pelo rio Acre, que possui muito poucos lagos e por este motivo, é um rio pouco piscicoso) e nestes lagos aparecem extensos igapós os quais se formam no período em que a água inunda a mata ciliar. Os lagos funcionam para os rios como se fossem uma esponja, absorvendo sedimentos, sais minerais, produzindo plâncton e fitoplâncton, capim flutuante e estes matéria orgânica e gases tóxicos como  $H_2S$  e  $CH_4$  principalmente.

Os rios de água preta não formam várzeas e sim praias por não possuírem sedimentos finos em suspensão e a cor escura é devida a substâncias coloridas como matéria orgânica, material húmico, etc.; nos lagos e igapós não aparecem capim flutuante, o gás predominante é o  $CO_2$ .

Os rios de água clara também não formam várzeas e sim praias, possuem poucos lagos e igapós, não formam capim flutuante e possuem pouca produção de matéria orgânica; o gás predominante é o oxigênio. Logo, na Amazônia, todo lago está em função do seu rio e todo rio, biologicamente está em função das várzeas, praias e igapós.

Como é sabido, o rio Solimões-Amazonas recebe pouca água proveniente do degelo dos Andes, mas a maioria de suas águas são provenientes de precipitações e para melhor ilustrar nosso trabalho e informação, tomamos os dados de Meade *et al.*, 1985 que faz referência sobre a vazão e descarga de sedimentos.

A vazão foi tomada no local denominado Vargem Grande distante 200 km da fronteira do Brasil-Peru; a mesma variou de 31.700  $m^3/s$  no período seco, a 69.700  $m^3/s$  no período cheio, e em Óbidos no Estado do Pará, distante 1945 km de Vargem Grande, a vazão variou

de 91.700 m<sup>3</sup>/s no período seco para 203.000 m<sup>3</sup>/s no período cheio; a descarga de sedimentos em suspensão varia de  $3.0 \times 10^6$  a  $3.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/t/dia. A média anual de descarga de sedimentos em suspensão fica em torno de  $1.1 \times 10^9$  a  $1.3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/t/dia.

Na Tabela 1 são mostrados os resultados físico-químicos do rio Solimões-Amazonas, seus afluentes e subafluentes.

A primeira amostragem foi tomada em frente à cidade de Tabatinga, no meio do rio a 30 cm de profundidade. O rio Solimões aparece com pH 7.20 uma condutibilidade elétrica de 132.30 uS<sub>20</sub>, com uma média de cátions de 6.44 mg/l com o cálcio predominante, magnésio, sódio e potássio, para os ânions a média foi de 4.87 mg/l, a predominância é o cloro em forma de cloretos com 4.92 mg/l, o ferro total aparece com 4.06 mg/l, o qual é muito bem acompanhado pelo manganês, que aparece com 0.19 mg/l.

O elemento fósforo é de grande importância para a agricultura nas águas da Amazônia que foram estudadas; o mesmo aparece em pequenas concentrações; no rio principal, encontramos 0.17 mg/l, o nitrogênio analisado como o nitrogênio de Kjeldahl aparece com 0.66 mg/l, o qual acompanha, em parte, as concentrações de cor 40 mg/l e 13.02 mg/l para o material húmico, a sílica em forma de silicatos 6.27 mg/l demonstra muito bem o tipo de solo por onde essas águas correm.

Não muito distante da primeira amostragem, coletamos a amostra do primeiro afluente do rio Solimões pela margem direita em território brasileiro que foi a do rio Javari, que faz divisa Brasil-Peru, em alguns trechos é proveniente da parte baixa dos Andes com grande influência de pequenos rios e igarapês nascidos na floresta Amazônica, tanto brasileira, quanto peruana. Por esta razão, suas águas aparecem com um pH 6.15, uma condutibilidade elétrica de 28.01 uS<sub>20</sub>, a média dos cátions foi de 1.61 mg/l, a predominância é para o cálcio com 3.03 mg/l a média de ânions foi de 1.94 mg/l; a predominância é do sulfato com 2.90 mg/l, o ferro total aparece com 2.23 mg/l e o manganês foi de 0.05 mg/l, o fósforo total contribui para o rio principal com 0.04 mg/l, o nitrogênio de Kjeldahl com 0.78 mg/l este valor é muito bem demonstrado para os teores de cor 18.00 mg/Pt/l e 15.60 mg/l de material húmico.

Nos rios de água barrenta se relacionam muito bem os teores de sílica e alumínio total, nossos resultados aparecem com 4.42 mg/l para sílica e 3.52 mg/l para alumínio.

Baixando o rio alguns quilômetros, pela margem esquerda, encontramos o rio Tacana, pequeno afluente de água preta, proveniente da Colômbia. Recebe uma grande influência das populações indígenas que povoam suas margens, tanto na região brasileira quanto na colombiana, sendo possível sua influência nos resultados, ou o desembocar de algum canal natural de água barrenta, que desconhecemos e que pode ter influenciado nos resultados físico-químicos.

A amostragem do rio Tacana foi tomada a 2 km de sua foz; o pH 6.96 com uma condutibilidade elétrica 62.96 uS<sub>20</sub> indicam que a água é rica em sais minerais dissolvidos; a média dos cátions foi de 3.42 mg/l, tendo a predominância do cálcio com 6.23 mg/l, a média dos ânions foi de 3.27 mg/l a predominância de sulfato em 5.12 mg/l; a totalidade de teores de ferro encontrados foi de 1.86 mg/l. Já o manganês aparece na sensibilidade do método, o fósforo total aparece em 0.04 mg/l, o nitrogênio de Kjeldahl aparece em 0.71 mg/l,

sendo um resultado um pouco elevado, em virtude, talvez da influência humana. A cor 22.00 mg/Pt/l e 9.59 mg/l de material húmico, indicam que esse rio, no período seco, possui uma coloração clara. As concentrações de sílica em forma de silicatos foram de 12.27mg/l, sendo bastante elevadas indicando que parte desse rio é proveniente de campinas; no entanto, as concentrações de alumínio total foram de 0.45 mg/l; geralmente nas águas da Amazônia acontece esse fenômeno nos rios de água preta, quando a sílica apresenta altas concentrações, acontecendo inverso com o alumínio.

Baixando o rio Solimões, encontramos, à margem direita, um outro pequeno afluente de água preta, de nome rio Jundiatuba que nasce nos divisores de terras do rio Itaquí, afluente do rio Ituí e as nascentes do rio Jutai são provenientes de charcos alagadiços.

A amostragem foi feita a 3 km de sua foz, o seu pH 6.10 e uma condutibilidade elétrica de 14.34  $\mu S_{20}$  já nos indicam que essa água é pobre em sais minerais dissolvidos; a média dos cátions foi de 0.79 mg/l, sendo o potássio 0.94 mg/l o de maior predominância. A média de ânions foi de 1.80 mg/l. O sulfato 2.75 mg/l que é o de maior destaque; o ferro total aparece em 1.86 mg/l, indicando que, em parte, o mesmo ocorre por alguma região sedimentar; os teores de manganês aparecem na sensibilidade de método, o fósforo total aparece com o valor irrisório de 0.02 mg/l o que é normal nas águas da Amazônia, principalmente nas águas pretas. O nitrogênio de Kjeldahl aparece em 0.81 mg/l e este resultado segue muito bem os de cor 23.00 mg/l de material húmico 15.30 mg/l; quanto à sílica e ao alumínio o rio Jundiatuba segue a premissa dos diferentes rios de água preta e clara estudados por nós, 3.42 mg/l para sílica e 0.86 mg/l para alumínio.

A segunda amostragem do rio Solimões foi tomada a 243 km do ponto da primeira, em frente à cidade de São Paulo de Olivença, no meio do rio e a 30 cm de profundidade, apresentando os seguintes resultados: pH 7.10, condutibilidade elétrica 110.68, a média dos cátions foi de 6.30 mg/l, a predominância é de cálcio com 15.84 mg/l, a média dos ânions foi de 4.79 mg/l, a predominância é do cloro com 4.96 mg/l, os teores de ferro ficaram em torno de 2.72 mg/l. Como geralmente o manganês acompanha o ferro nas águas do rio Solimões, encontramos 0.16 mg/l nesta amostragem, as concentrações de fósforo total foram de 0.15 mg/l; as concentrações de substâncias coloridas, cor 41.00 mg/Pt/l e material húmico com 13.00 mg/l aqui já apresentaram um pequeno acréscimo em relação à última amostragem, a sílica em forma de silicatos aparece em 6.13 mg/l.

Após 174 km da segunda amostragem no rio e em frente à cidade de São Paulo de Olivença, o rio Solimões recebe um afluente de nome rio Iça, que é proveniente do baixo Andes, com uma pequena área de drenagem desta região, que faz com que a química de suas águas seja influenciada por inúmeros pequenos rios afluentes oriundo da Amazônia Colombiana e Brasileira, pobres em sais minerais dissolvidos. O pH encontrado foi 6.25 para uma condutibilidade elétrica de 12.34  $\mu S_{20}$ . As concentrações médias de cátions foram de 1.11 mg/l, e o elemento encontrado mais abundante foi o potássio com 1.96mg/l; já para os ânions, a média ficou em torno de 2.57 mg/l, o maior contribuinte é o sulfato com 4.30 mg/l, o ferro total aparece em 2.58 mg/l e o manganês que sempre acompanha o ferro aparece com uma pequena concentração de apenas 0.06 mg/l; o fósforo total foi de 0.02mg/l; o nitrogênio de Kjeldahl aparece em concentrações de 0.73 mg/l; é possível que estes va

lores aumentem ou diminuam, no período chuvoso; as concentrações de cor foram de 26.00 mg/Pt/l e 9.82 mg/l de material húmico; estes valores são semelhantes aos de outros rios estudados da Amazônia que possuem pequenas concentrações de cátions; quanto à sílica, a concentração encontrada foi de 2.96 mg/l e o alumínio foi de 4.19 mg/l.

A mais ou menos 6 km da foz do rio Iça, com o objetivo de demonstrar a influência que tem as águas de um rio mais pobre em sais minerais, sobre o rio principal, coletamos amostras do lado direito e esquerdo à distância de 100 metros das margens, e os resultados são vistos na Tabela 1. Como se pode observar, as diferenças de um lado para o outro das amostragens são bastante acentuadas em alguns elementos; o pH aparece com um decréscimo de 5.5%; a condutibilidade elétrica mostra um elevado decréscimo de 58.5%; a média dos cátions apresentou um decréscimo de 51%; do cálcio, que é o elemento predominante, o decréscimo foi de 53.6%; já dos ânions o decréscimo foi de 27.0%; o ferro total apresentou um decréscimo de 8.5% e da sílica, em forma de silicatos, o decréscimo foi de 24.5%; os restantes elementos apareceram com valores estáveis.

Baixando o rio Solimões 150 km e pela margem direita, encontramos um afluente de água preta de nome rio Jutaf, talvez seja este o rio que possui o maior número de meandros (ondulação) em seu relevo que vai desde as nascentes em charcos alagadiços até a sua foz. Sua vazão no período de coleta era bastante fraca, 500 m<sup>3</sup>/s, a mesma aumenta de intensidade no auge da enchente, 4.000 m<sup>3</sup>/s no mês de junho.

Os resultados do pH 5.48 e uma condutibilidade elétrica de 11.06, logo revelam uma água ácida e pobre em sais minerais dissolvidos, e assim, são todos os rios de água preta, o que veremos no decorrer deste trabalho; os cátions aparecem em uma média de 1.15 mg/l; os ânions aparecem em uma média de 2.99 mg/l, a predominância é do sulfato com 5.00 mg/l; os teores de ferro total alcançam 1.43 mg/l, sendo normais para os rios de água preta (Schmidt, 1972a; Santos, 1971). Os resultados de manganês foram de 0.03mg/l, geralmente nas águas da Amazônia quanto maior a concentração de ferro, maior a de manganês e vice-versa; o fósforo total aparece com um reduzido valor, apenas de 0.01 mg/l, os resultados foram encontrados por Anonymus 1972. No principal rio de água preta que é o rio Negro, a cor aparece com 23.00 mg/Pt/l e o material húmico com 14.47 mg/l, sempre existe a relação entre os dois: quanto mais forte a cor, maior é a concentração de material húmico, isto é, para as águas da Amazônia, a sílica em forma de silicatos aparece com 5.02 mg/l e o alumínio total com 2.12 mg/l.

A amostragem do rio Solimões foi tomada em frente à cidade de Jutaf no meio do rio e a 30 cm de profundidade, neste local o rio Solimões cobre a diluição provocada pelas águas do rio Iça. A diferença de elementos analisados chega ao máximo de apenas 5.5% da amostragem, próximo à cidade de Santo Antônio do Içá, lado direito.

Baixando o rio Solimões 224 km, encontramos pela margem direita um dos rios de água barrenta, o de maior importância para o canal principal, por ser o maior abastecedor de sais minerais dissolvidos, e este, recebe o nome de rio Juruá; é proveniente dos Andes Peruanos, recebe em parte sedimentos provenientes da Bacia de Huallaga (Peru), semelhante ao rio Purus: o mesmo possui depósitos de gipsita em suas bacias (Stallard, 1980).

O rio Juruá em território brasileiro corre bem próximo às bacias do rio Jutaf e a

do Purús, com uma área de drenagem de  $540.10^3 \text{ km}^2$  desde a Estação Hidrológica do Gavião até a de Cruzeiro do Sul no estado do Acre, (DNAEE, inventário das estações hidrológicas). Por esse motivo, o mesmo rio possui poucos afluentes de grande volume de água, comparados com outros afluentes da bacia Amazônica. Os principais são: pela margem direita, os rios Grenório e Tarauacá, pela esquerda o rio Moa, onde está localizado o ponto mais Ocidental do Brasil e o rio Ipixuna; na parte do médio Juruá, temos o rio Xeruan e, quase na sua foz, temos o rio Mineruá.

No período em que foi coletada a amostra, no mês de outubro, acima da foz 15km, o rio estava com uma vazão de  $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$ , o pH 7.10 e uma condutibilidade de  $97.37 \text{ uS}_{20}$  bem demonstrando que o mesmo é rico em sais minerais. As concentrações de cátions em média alcança  $6.38 \text{ mg/l}$ , a predominância é do cálcio com  $14.24 \text{ mg/l}$ ; a média dos ânions foi de  $2.87 \text{ mg/l}$ , tendo o sulfato com  $2.90 \text{ mg/l}$  como predominante, o ferro total aparece com  $2.35 \text{ mg/l}$ ; são semelhantes aos resultados de Schmidt, 1972, para o rio Solimões; o manganês que sempre acompanha o ferro quando o mesmo aparece em altos valores, tem a concentração de  $0.06 \text{ mg/l}$ ; as concentrações de fósforo total foram de  $0.11 \text{ mg/l}$ , sendo este o valor encontrado de todos os afluentes estudados neste trabalho; o resultado de nitrogênio de Kjeldahl com  $0.53$  é considerado normal para os rios de água barrenta, na qual as concentrações de cor  $17.00 \text{ mg/Pt/l}$  e  $10.53 \text{ mg/l}$  de material húmico são baixas, em relação aos rios de água preta, (Santos, 1984); as concentrações de sílica em forma de silicatos foram de  $5.09 \text{ mg/l}$  e para o alumínio total de  $4.19 \text{ mg/l}$ , mostram que os rios de água barrenta possuem valores semelhantes quanto a estes dois elementos.

Realizada a amostragem do rio Juruá, retornamos 68 km e entramos em um canal de nome Jacaré que fica quase em frente à cidade de Fonte Boa, para chegarmos ao maior canal natural existente em toda a Amazônia, e que tem o nome de Auiti-Paraná com 375km de extensão; sua entrada principal fica na altura da ilha do Flexal; logo recebe água do rio Solimões e o seu término fica próximo à cidade de Marã, dentro do rio Japurá, o mesmo contribui para fertilizar as águas desse rio em 30%, uma parte dessa mistura de águas do rio Solimões e Japurá deságua próximo à cidade de Alvarães, no rio Solimões, num percurso de 160 km, e uma outra parte baixa pelo lado esquerdo, recebendo águas da terra firme e várzeas, formam o Paraná do Copeá (ou rio Copeá) que deságua acima da cidade de Coari, num percurso de 195 km.

O Auiti-Paraná juntamente com o rio Japurá formam a maior várzea em largura e comprimento.

A amostragem do rio Japurá foi realizada 3 km acima do Auiti-Paraná; o mesmo é proveniente dos Antes; o seu principal afluente em território brasileiro é o rio Paruê, cujas águas são semelhantes às do rio Iça; a maior concentração de sedimentos ocorre no período chuvoso; suas águas ficam claras no período de vazante.

O pH 6.17 e uma condutibilidade elétrica de  $22.13 \text{ uS}_{20}$  mostram que suas águas não são bastante ácidas, logo possuem pequenas concentrações de sais minerais, o que é logo observado pelo valor médio dos cátions  $1.04 \text{ mg/l}$ ; o cálcio é que predomina com  $2.20 \text{ mg/l}$ ; a média dos ânions foi de  $2.66 \text{ mg/l}$  e a predominância é do sulfato com  $4.30 \text{ mg/l}$ ; o ferro total aparece com  $1.03 \text{ mg/l}$  e o manganês com  $0.03 \text{ mg/l}$ , resultados que são semelhantes



aos do rio Japura, logo proveniente de uma mesma região Andina; o tótoro total aparece com 0.05 mg/l e as concentrações de substâncias coloridas; a cor determinada em mg/Pt/l foi de 13.00 e o material húmico 10.00 mg/l, também são semelhantes às do rio Içã; as concentrações de sílica em forma de silicatos foram de 3.00 mg/l e a de alumínio total de 4.00 mg/l; há a mesma seqüência para os rios que possuem sedimentos e provenientes dos Andes.

Da foz do rio Japurã em frente à cidade de Alvarães no rio Solimões, subimos o rio 47 km para coletar amostra do rio Uarini que é um afluente de água preta da margem direita, vindo da amostragem do rio Juruá a distância é de 203 km.

Sendo um rio de água preta, o rio Uarini é pobre em sais minerais, o seu pH 6.06 e a condutibilidade elétrica 15.21  $\mu S_{20}$  bem demonstra o que foi dito; a média dos cátions 0.88 mg/l, tendo a predominância do potássio com 1.49 mg/l; a média dos ânions foi de 2.21 mg/l, sendo o sulfato o predominante com 3.00 mg/l; o ferro total aparece com 1.49 mg/l, o manganês aparece com 0.03 mg/l; este pequeno valor é observado em todos os rios de água preta; os resultados de fósforo total aparecem na sensibilidade do método, por isso consideramos 0.00 mg/l; o nitrogênio de Kjeldahl aparece com 0.75 mg/l; geralmente os rios de água preta possuem maiores teores de nitrogênio de Kjeldahl comparados aos de água barrenta e claras, o que é justificado pela presença de 17.00 mg/Pt/l e 15.23 mg/l de material húmico; as concentrações de sílica em forma de silicatos foram de 8.26 mg/l e para o alumínio total 0.96 mg/l, essas grandes diferenças também foram observadas nos afluentes da bacia do rio Negro.

A amostragem seguinte foi realizada no rio Solimões e em frente à cidade de Tefé no meio do rio e a 30 cm de profundidade, a mesma fica distante 62 km da amostragem do rio Uarini; o pH 6.98 e uma condutibilidade elétrica de 91.04  $\mu S_{20}$  ficam semelhantes aos resultados das análises de frente à da cidade de Jutaf, a média dos cátions estão em torno de 5.45 mg/l sendo a predominância de cálcio com 13.35 mg/l, e para os ânions, a média foi de 4.05 mg/l, a predominância é do cloro com 4.26 mg/l; o ferro total aparece com 2.53 mg/l e o manganês com 0.17 mg/l, é possível que este pequeno aumento de alguns elementos deva-se em parte à entrada de água do rio Juruá; o fósforo total com 0.13 mg/l também mostra um pequeno crescimento; já o nitrogênio de Kjeldahl aparece com 0.46 mg/l geralmente no sistema rio Solimões-Amazonas sempre encontramos oscilações do nitrogênio, talvez seja devido a transformações biológicas; as concentrações de substâncias coloridas, foram de 45 mg/Pt/l e 15.60 mg/l de material húmico mostram um aumento que talvez seja proveniente do material oxidável dos rios de água preta; a sílica decresce um pouco passando de 5.15 mg/l para 4.36 mg/l.

Na seqüência de amostragem foram coletadas amostras dos rios de água preta em Tefé, Ipixuna, Coari e Mamiã pela margem direita e dos rios Badajós e Miuã pela margem esquerda; são rios de águas ácidas e pobres em eletrolitos. Os rios Tefé, Coari e Badajós formam na sua foz grandes lagos que forma, por sua vez igapós os quais influenciam nos resultados físico-químicos de suas águas; a média dos cátions no rio Tefé foi de 0.68 mg/l, no Ipixuna 1.45 mg/l, no rio Coari 0.53 mg/l, no rio Mamiã 0.60 mg/l, no rio Badajós 2.02 mg/l e no rio Miuã a média foi de 1.99 mg/l. Nos rios Tefé, Ipixuna e Mamiã a predomi-

A hidroquímica do rio Solimões ...

nância é do elemento potássio; já nos rios Badajós e Miuá a predominância é de cálcio; quanto aos ânions, o sulfato predomina nos rios Tefê, Ipixuna, Coari, Mamiã e Badajós, e o cloro predomina com 1.56 mg/l no rio Miuá, quanto aos outros elementos os resultados são semelhantes aos já observados por outros autores em rios de água preta.

A amostragem do rio Solimões foi tomada em frente à cidade de Codajás e distante 190 km da última, que foi feita em frente à cidade de Tefê: pH 6.98 para uma condutibilidade elétrica de 54.30  $\mu\text{S}_{20}$ , a média dos cátions 3.66 mg/l, tendo o cálcio como predominate com 8.37 mg/l; a média dos ânions foi de 2.99 mg/l; nesta amostragem, os resultados de sulfato e cloro aparecem quase idênticos: o sulfato com 3.00 mg/l e o cloro com 2.98 mg/l; os resultados de ferro total foram de 1.91 mg/l e o manganês de 0.19 mg/l; o fósforo total encontrado foi de 0.04 mg/l; é possível que esta e outras diminuições observadas se deva em parte ao fator de diluição dos rios pobres em sais minerais como é o caso dos rios de água preta, como também ao material oxidado proveniente das várzeas; os resultados de nitrogênio de Kjeldahl aparecem com 0.53 mg/l, a este pequeno aumento em relação à última amostragem do rio Solimões, deve-se ao aumento da cor 48.00 mg/Pt/l e às concentrações de material húmico com 15.03 mg/l; já os resultados de sílica em forma de silicatos aparecem estáveis com 4.39 mg/l.

Da amostragem do rio Solimões em frente à cidade de Codajás baixando o rio 54 km, encontramos pela margem direita um outro importante afluente que é o rio Purús, rio de água barrenta proveniente dos Andes, o qual nasce nos divisores de terra do rio Ucayali e a Amazônia Peruana. No início de seu trajeto em território brasileiro ele recebe afluentes tais como os rios Chandler, Yaco e o seu afluente Caeté e o Acre, correndo em grande extensão sobre a bacia sedimentar do estado do Acre que possui afloramentos de carbonatos de cálcio e gipsita. Estes três primeiros rios afluentes do rio Purus, mostraram ser os rios mais ricos em sais minerais dissolvidos de todos os outros estudados da Amazônia (Tabela 2).

Após receber as águas do rio Acre pela margem direita, o rio Purus ainda recebe dois outros rios ricos em sais minerais, que são os rios Inahiny e o Pauini, com valores químicos semelhantes aos do rio Acre, e daí em diante, o rio Purus passa a receber uma série de rios com águas ácidas e pobres em eletrólitos como mostramos: rios Ituxi, Ipixuna, Mucuim, Aça, Taquari etc., e por esta razão o mesmo ao desembocar no rio Solimões, o faz com apenas 1/10 de sua concentração em sais minerais.

Para ter-se uma idéia melhor sobre a sua hidrologia, a área de drenagem é superior a 4 vezes a bacia do rio Jurua  $\pm 2.100 (10^3 \text{ km}^2)$  segundo o inventário das estações hidrológicas do DNAEE.

A amostragem do rio Purus foi realizada próximo a cidade de Beruri, distante 38 km de sua foz, o pH 6.90 e uma condutibilidade elétrica de 34.26  $\mu\text{S}_{20}$  indicam que o mesmo é um abastecedor de substâncias nutritivas minerais para o rio Solimões; a média dos cátions foi de 2.31 mg/l, a predominância é do cálcio com 4.63 mg/l, a média dos ânions é de 1.94 mg/l, e o sulfato aparece com a maior concentração 2.75 mg/l; o ferro total vem com 1.66 mg/l e o manganês o acompanha com 0.08 mg/l; as concentrações de fósforo total foram de 0.03 mg/l; sempre o elemento fósforo é o mais deficitário na água da Amazônia;

o nitrogênio de Kjeldahl aparece 0.63 mg/l; é possível que este resultado venha de uma influência dos rios de água preta, como também, das grandes extensões de várzeas existentes à margem desse rio, principalmente na região do baixo Purus; a cor aparece 19.00 mg/l e o material húmico com 14.90 mg/l; sílica em forma de silicatos aparece com 6.41 mg/l e o alumínio total com 6.29 mg/l, os quais superam um pouco os valores encontrados no rio Juruá para estes dois elementos.

Baixando mais 112 km desde a foz do rio Purus o rio Solimões recebe pela margem esquerda um afluente de nome rio Manacapuru, de água preta e pobre em sais minerais, estando sua nascente localizada na mesma região dos rios Codajás e Miuá e Carabinani que é um dos afluentes do rio Negro. Também coletamos amostras de dois afluentes do rio Manacapuru: o rio Ipixuna Grande e rio Araçari também de águas pretas e pobres em nutrientes minerais (Tabela 1).

Da foz do rio Manacapuru, a 60 km abaixo, coletamos uma amostragem do rio Solimões; logo após a ilha da Maria Antônia as mesmas mostram pequenas diferenças da amostragem de frente à cidade de Codajás, sendo a de maior relevância dada ao fósforo total que passou de 0.04 mg/l para 0.06 mg/l. Também, neste local, eram coletadas amostras de água na superfície com o objetivo de mostrar a variação sazonal da temperatura, oxigênio, saturação de oxigênio. Essas amostragens foram feitas desde o ano de 1984 a setembro de 1986 e eram tomadas em intervalos de 15 dias. Como se observa na Tabela 3, a menor temperatura ocorre no mês de junho em 27.0 °C; as mesmas concentrações de oxigênio ocorrem entre os meses de abril e agosto e os maiores entre os de setembro a março.

Chegamos após 60 km e pela margem esquerda ao principal afluente de água preta que é o rio Negro. A amostragem do mesmo foi feita no local denominado de estreito para evitar a poluição da cidade de Manaus. Os resultados são vistos na Tabela 1, e para melhores informações sobre este rio e seus afluentes, ver Sioli, 1956; Anonymus, 1972; Leenheer, 1980 e Santos, 1984.

A partir da foz do rio Negro, o rio Solimões passa a chamar-se rio Amazonas, e a 110 km pela margem esquerda, encontramos um pequeno afluente de água preta de nome Preto da Eva, sua foz está localizada dentro de um paranã (canal natural) de nome Paranã do rio Preto da Eva. Há melhores informações sobre este rio em Santos, 1971.

Da foz do rio Preto da Eva, baixamos 9 km e coletamos uma amostragem no rio Amazonas no local denominado São José do Amatarí e os resultados apresentaram algumas diferenças acentuadas em relação à amostragem tomada abaixo da ilha da Maria Antônia (rio Solimões); o pH 6.60 e uma condutibilidade elétrica de 37.20  $\mu S_{20}$  já demonstram uma acentuada diferença em relação à última amostragem, a média dos cátions foi de 28.2% a menos, mas sempre prevalecendo o cálcio como predominante e o mesmo passou de 7.83 mg/l para 5.34 mg/l; a média dos ânions foi de apenas 2% a menos; a predominância é do sulfato com 3.10 mg/l; os resultados de ferro total e manganês aparecem com valores decrescidos, entretanto os resultados de fósforo total e nitrogênio de Kjeldahl aparecem com valores acrescidos; a sílica em forma de silicatos também apresentou um decréscimo. Essas flutuações são comuns nos rios da Amazônia e geralmente acontecem, quando um rio de grande volume de água em sais minerais, lança suas águas sobre um mais rico em sais minerais e

essas misturas de água só acontecem a alguns quilômetros rio abaixo (Matsui, 1972).

Do último ponto de coleta no rio Amazonas, baixamos 10 km pela margem direita e encontramos o rio Madeira que é o maior abastecedor para o canal principal de sais minerais dissolvidos e sedimentos, isto devido à sua grande vazão no período de subida e rebaixamento (Meade, 1985).

O rio Madeira é formado por águas provenientes dos Andes Peruanos e Boliviano como também por águas provenientes do Brasil Central através do rio Guaporé e seus afluentes. Os principais afluentes da margem esquerda são os rios Abunã, Veloso, Beim, Novo e Justaí, que na realidade são pequenos afluentes de águas ácidas e pobres em eletrólitos; pela margem direita temos os rios Jaci-Paraná, Jamarí, Gi-Paraná, Marmelos, Manicoré e Aripanã, rios provenientes em sua maioria do Brasil Central e suas águas possuem pequenas concentrações de sais minerais dissolvidos (Junk, 1980). Todos esses afluentes da margem direita são de grande extensão mas com pouco volume de água, em relação a outros rios da Amazônia; formam poucos igapós, a maioria de suas margens são de Terra-firme, logo a cor de suas águas, às vezes, é escura no período chuvoso e esverdeada e clara no período de menor intensidade de chuva (verão).

A amostragem foi feita de 10 km de sua foz e apresentou os seguintes resultados: pH 6.74 e uma condutibilidade elétrica de 56.79  $\mu\text{S}_{20}$ ; a média dos cátions foi de 4.95 mg/l, a predominância é do cálcio com 7.83 mg/l; a média dos ânions foi de 2.52 mg/l, tendo o sulfato como predominante com 4.05 mg/l; a concentração de ferro total 2.98 mg/l e manganês 0.06 mg/l; seguem as mesmas condições os rios de água barrenta; já o fósforo total aparece com uma pequena concentração de 0.09 mg/l, o que demonstra ser este elemento o mais deficitário nas águas da Amazônia; as concentrações de nitrogênio de Kjeldahl de 0.74 mg/l acompanham muito bem os resultados observados nos outros rios da região estudados; a concentração de cor aparece com 18.00 mg/Pt/l e o material húmico 11.65 mg/l são resultados considerados baixos em relação a outros rios; a sílica em forma de silicatos foi de 5.60 mg/l e o alumínio total 6.49 mg/l. Estes resultados são semelhantes aos de outros rios de água barrenta.

À distância 104 km da foz do rio Madeira e pela margem esquerda, chegamos ao Paraná de Silves (paraná são canais naturais os quais podem ser navegáveis durante todo o ano, dependendo da seca) e não muito distante de sua entrada, encontramos a foz do rio Urubu, que é proveniente do embasamento cristalino, rio de água preta, que possui água ácida e pobre em eletrólitos, o pH 4.39 e uma condutibilidade de 9.23  $\mu\text{S}_{20}$  o que bem demonstra o que foi dito anteriormente. A média dos cátions é de apenas 0.21 mg/l; a predominância é do sódio com 0.25 mg/l; a média dos ânions foi de 2.40 mg/l, sendo o sulfato com 3.95 mg/l o de maior concentração; a concentração de ferro total de 0.28 mg/l são equivalentes aos resultados de Schmidt, 1972; as concentrações de manganês e fósforo total aparecem na sensibilidade dos métodos; o nitrogênio de Kjeldahl 0.46 mg/l, valores semelhantes aos dos outros rios de água preta; as concentrações de substâncias coloridas 35.00 mg/Pt/l e 12.08 mg/l de material húmico também são características de rios de água preta; quanto às concentrações de sílica em forma de silicatos 1.18 mg/l e alumínio total 1.68, indicam as mesmas que este rio é proveniente de charcos alagadiços e o mesmo

não ocorre com os de campinas.

Baixando por dentro do Paranã de Silves, vários quilômetros, coletamos amostras de água do rio Uatumã e de dois de seus afluentes, a do rio Trairi e do rio Jatapu, rios de água preta possuindo águas ácidas e pobres em eletrólitos, os quais correm paralelos ao rio Urubu; logo suas águas são semelhantes, a pouca diferença aparece nos resultados de manganês e sílica em forma de silicatos.

Saindo do Paranã de Silves e logo abaixo da Costa do Paurã, coletamos amostras de água de dois pequenos rios para mostrar a pobreza dessas águas e solo dessa região rios chamados Maripã e Cararã. Vamos comentar somente os resultados do rio Cararã; pH 5.00 e uma condutibilidade elétrica de 6.76  $\mu S_{20}$ , a média dos cátions de 0.15 mg/l; a predominância foi do potássio com 0.23 mg/l; a média dos ânions foi 1.87 mg/l predominando o sulfato com 2.90 mg/l; o ferro total aparece com 0.06 mg/l; os resultados de manganês estão na sensibilidade do método; idêntico resultado apresenta o fósforo total; o nitrogênio de Kjeldahl aparece com 0.44 mg/l; a cor 25 mg/Pt/l e o material húmico com 10.94 mg/l talvez seja a causa dessa concentração de nitrogênio; a sílica aparece com 4.62 mg/l indicando que o mesmo ocorre sobre uma região de campina; já o alumínio total aparece com 0.37 mg/l.

Após as coletas desses dois pequenos rios, baixamos 90 km e fizemos a coleta do rio Amazonas em frente à cidade de Parintins, local cuja água retorna a recompor-se quanto aos resultados físico-químicos dada a influência do rio Madeira principalmente; o pH 6.39 com uma condutibilidade elétrica de 48.65  $\mu S_{20}$ ; a média dos cátions passa a ser de 3.30 mg/l, com predominância do cálcio com 7.56 mg/l quase idêntica aos valores observados na amostragem da ilha da Maria Antônia que foi de 7.83 mg/l; a média dos ânions foi de 2.35 mg/l, a predominância é do sulfato com 3.00 mg/l; a concentração de ferro total aparece com 1.82 mg/l e o de manganês com 0.07 mg/l; o fósforo total encontrado foi de 0.07 mg/l, valor equivalente ao observado na amostragem de São José do Amajari; a sílica em forma de silicatos encontrado foi de 5.00 mg/l.

Baixando 100 km pelo lado esquerdo do rio Amazonas, chegamos ao Paranã do Nhamundã que fica em frente a ilha do Jacaré, Paranã que após vários quilômetros viajando pelo lado esquerdo vai dar acesso ao rio Nhamundã, rio em que coletamos amostra não só dele mas de um outro afluente de nome rio Jamari; estes dois rios são de água preta e ácida e pobre em eletrólitos, logo semelhantes aos dos outros rios já mencionados anteriormente; a única diferença acentuada é observada nos resultados de sulfato: o rio Nhamundã aparece com 4.70 mg/l e o afluente Jamari com 5.64 mg/l.

Com a amostragem desses dois rios de água preta, baixamos o Paranã do Nhamundã até chegarmos ao rio Trombetas, cuja desembocadura fica localizada em frente à cidade de Oriximiná já no rio Trombetas. Esse rio é proveniente do Norte e suas águas em alguns trechos correm sobre densas campinas, com alguns afloramentos de calcário; assim suas águas são semelhantes as do rio Branco que é um afluente do rio Negro (Santos, 1985); a coloração esverdeada no período de vazante do rio deve-se a algas do tipo Cyanophyta e estas devidas em parte a pequenas concentrações de cálcio, como também a pequenas concentrações de substâncias coloridas e material húmico. O pH encontrado foi de 6.25 para uma

este interessante afluente do rio Tapajós podem ser encontradas no trabalho de Sioli 1956.

## CONCLUSÃO

O rio Solimões-Amazonas, o maior rio em volume de água do mundo, depende quase que exclusivamente para o enchimento de sua bacia hidrográfica do regime das chuvas.

O enchimento dessa bacia geralmente começa no mês de novembro, coincidindo com o início do período chuvoso (inverno) na Amazônia, e este enchimento, às vezes, vai até ao mês de junho, para, em seguida, decrescer. O período de vazante que começa na segunda quinzena do mês de junho (geralmente) prolonga-se até ao mês de outubro e que corresponde ao verão. Os afluentes e subafluentes do rio Solimões-Amazonas nos seus altos cursos ficam reduzidos a pequenos córregos, dada a falta de chuva.

Dividimos os tributários do rio Solimões-Amazônia em três categorias, de acordo com a concentração de sedimentos suspensos: rios de água barrenta (com elevada concentração de sedimentos suspensos) Javari, Juruá, Purus e Madeira; os rios Iça e Japurá somente no período de enchimento até a metade da vazante (agosto), são ricos em nutrientes minerais e orgânicos. b- rios de água preta como os rios Jutaí, Tefé, Coari, Negro; possuem pouca concentração de sedimentos suspensos, logo pouco sais minerais, produzem água ácidas e pobres em eletrólitos, produzem substâncias coloridas e húmicas (material húmico) que limitam a produtividade do fitoplâncton, dada a baixa penetração de luz, segundo Rai & Hill, 1984. Os rios de água clara em pequeno volume, e cor esverdeada em grande volume apresentam pouco sedimento "suspenso" e nutrientes, produzem águas menos ácidas, dada a ocorrência de pequenos afloramentos de calcário em suas bacias; produzem, na sua maioria algas do tipo Cyanophyta de cor azul-verde, formando bloom de consistência viscosa em vários trechos, sendo a predominância dada a *Anabaena sprroides* Klebahn; *Microcystis aeruginosa* (Kutz) Kutz; *Microcystis wesenberg* Komarek; *Anabaena hassalu* (Kutz) Wittr; é possível que a coloração esverdeada se deva em parte a esse tipo de algas; damos como exemplos os rios Trombetas em um certo período do ano, Tapajós e Arapiuns, durante todo o ano.

Como se observa nos trabalhos de Gibbs, 1967; Meade et al., 1985, Richey et al., 1986, os meses de novembro a abril apresentam maiores concentrações de sedimentos suspensos no rio principal e seus afluentes de água barrenta. Deve-se ressaltar que esses meses correspondem ao período chuvoso, (sendo abril o de maior carga pluviométrica, estendendo-se, muitas vezes, até maio e os outros são os que ocorrem as maiores intensidade de chuvas). É possível que este aumento da concentração de sedimentos suspensos se deva, em grande parte, à mobilização com ressuspensão no leito do rio (o sedimento depositado na cheia devido à floculação e precipitação, entra em movimento devido ao aumento da velocidade da correnteza dos rios) e talvez a maior contribuição para o aumento desse sedimento, seja o fenômeno das "terras caídas" (os rios de água barrenta são ricos em meandros e grandes quantidades de obstáculos em suas bordas para a vazão, suas margens

condutibilidade elétrica de  $10.00 \text{ uS}_{20}$ ; a média dos cátions foi de  $0.68 \text{ mg/l}$ ; a predominância foi de cálcio com  $0.9 \text{ mg/l}$ ; a média dos ânions foi de  $1.96 \text{ mg/l}$ ; a predominância é do sulfato com  $3.35 \text{ mg/l}$ ; o ferro total aparece com  $0.18 \text{ mg/l}$ ; o manganês vem na sensibilidade do método e o fósforo total aparece com  $0.01 \text{ mg/l}$  um valor bastante irrisório; o nitrogênio de Kjeldahl aparece com  $0.32 \text{ mg/l}$  que é muito bem indicado pelos baixos teores de cor e material húmico; a concentração e sílica aparece com valores superiores 10 vezes aos de alumínio total.

Da amostragem do rio Trombetas, baixamos 33 km pelo rio e após a sua foz chegamos para a coleta do rio Amazonas em frente à cidade de Óbidos, nessa amostragem os resultados físico-químicos aparecem com pequenas diferenças, com alguns elementos, as vezes, aumentando um pouco, outras vezes, diminuindo, indicando uma completa mistura de todo o sistema da maioria dos rios da Amazônia. Semelhantes resultados são também observados na amostragem que foi realizada em frente à cidade de Santarém distante 120km dessa amostragem de Óbidos. Banhando a cidade de Santarém, está pela margem direita do rio Amazonas a foz do rio Tapajós e o seu afluente o rio Arapiuns que são os principais rios de água clara. O rio Tapajós recebe como formadores os rios Juruená e São Manoel provenientes do Brasil Central e pertencente à região dos terciários; são rios pobres em sais minerais dissolvidos (Junk, 1980). O rio Tapajós antes e após a cidade de Itaituba corre sobre grandes afloramentos de calcário, o qual possivelmente influencia na sua coloração esverdeada-azulada devida à formação de grandes colônias de Cyanophyta.

A amostragem foi tomada a 5 km acima de seu afluente rio Arapiuns; o pH 6.52 indica que suas águas possuem uma certa quantidade de sais minerais dissolvidos, sua condutibilidade elétrica de  $10.30 \text{ uS}_{20}$  não corresponde à indicação do pH; a média dos cátions foi de  $0.66 \text{ mg/l}$  tendo o cálcio como predominante com  $1.07$ ; a média dos ânions foi de  $1.81 \text{ mg/l}$ , o sulfato aparece com a maior concentração  $3.20 \text{ mg/l}$ ; a concentração de ferro total foi  $0.05 \text{ mg/l}$ , sendo o mais baixo valor de todos os rios estudados neste trabalho; a concentração de manganês aparece na sensibilidade do método por esta razão indicamos valor  $0.00 \text{ mg/l}$ ; o fósforo total aparece com  $0.03 \text{ mg/l}$ , é possível que esta pequena concentração venha acompanhado com o calcareo; as concentrações de nitrogênio de Kjeldahl foram de  $0.57 \text{ mg/l}$ , o qual é normal para um rio que possui pouca cor  $13 \text{ mg/Pt/l}$  e uma pequena concentração de material húmico  $8.56 \text{ mg/l}$ , indicando com isso que em sua bacia a existência de igapós é bastante diminuta; já a sílica aparece com  $3.21 \text{ mg/l}$  e o alumínio com  $2.83 \text{ mg/l}$  mostra que o mesmo corre sobre região de campinas.

Sobre a amostragem do rio Arapiuns o mesmo apresentou um pH 6.32 e uma condutibilidade de  $7.75 \text{ uS}_{20}$ ; a média dos cátions foi de  $0.40 \text{ mg/l}$ ; o potássio aparece como predominante com  $0.50 \text{ mg/l}$ ; a média dos ânions foi de  $1.90 \text{ mg/l}$ ; o sulfato vem como predominante com  $3.30 \text{ mg/l}$ ; o ferro total encontrado foi de  $0.06 \text{ mg/l}$ ; já o manganês aparece com uma concentração de  $0.06 \text{ mg/l}$  comparável com o ferro total, o que não foi observado em nenhum outro rio estudado; o fósforo total aparece na sensibilidade do método; o nitrogênio de Kjeldahl encontrado foi de  $0.47 \text{ mg/l}$ , as concentrações de cor foram de  $15.00 \text{ mg/Pt/l}$  e de material húmico  $7.80 \text{ mg/l}$ ; a sílica em forma de silicatos foi de  $2.11 \text{ mg/l}$  e uma pequena concentração de alumínio total com  $0.53 \text{ mg/l}$ . Melhores informações sobre

de terrenos argilo-arenoso mal consolidada são frágeis ao desgaste das chuvas e vazão, tornando-as quebradiças, deslizando continuamente para dentro dos rios. Geografia do Brasil: Região Norte - IBGE, 1977).

É possível que o rio Solimões-Amazonas receba suprimentos de nutrientes minerais e orgânicos da seguinte maneira:

1. Dos rios de água barrenta com elevadas concentrações de sedimentos, e provenientes dos Andes; mostramos os rios Javari, Juruá e Madeira, que em suas bacias possuem depósitos de gipsita e carbonatos (Stallard, 1980).

2. De pequenos rios que, no período de cheia de sua bacia (inverno) são represados na sua foz pelo rio Solimões, fazendo com que a água do rio principal adentre, às vezes, até 10 km, depositando sedimento por floculação e precipitação (Leenheer, 1980), e no período de vazante parte desse sedimento com nutrientes minerais e orgânicos retornam ao rio principal; é o caso dos rios Tacana, Ipixuna, Badajós e Miua (Tabela 1).

3. De rios provenientes do Baixo Andes, mas com forte influência de rios e igarapés pobres em eletrólitos, que possuem águas barrentas em um certo período do ano; é o caso dos rios Iça e Japurá.

4. De rios com pequenos afloramentos de calcário em suas bacias; é o caso dos rios Trombetas, Tapajós e Arapiuns.

5. E, por último, rios que contribuem para a diluição, no rio principal, de alguns elementos minerais, mas que, abastecem de matéria orgânica, pouco de nitrogênio de um modo geral, e sulfato etc., são os rios de água preta, como o Jundiatuba, Tefé, Coari, Manacapuru, Negro, Nhamundá e vários pequenos outros apresentados neste trabalho.

6. Após apresentarmos o motivo do enchimento do rio principal, causas do aumento do sedimento suspenso, aumento ou decréscimo de nutrientes minerais ou orgânicos, mostramos agora os resultados físico-químicos que resume o trecho de 2457 km estudado, desde a amostragem de frente à cidade de Tabatinga na fronteira do Brasil-Peru e Colômbia, até a amostragem de frente à cidade de Santarém no estado do Pará, que foi dividido em 4 trechos para uma melhor visualização e demonstração das oscilações dos nutrientes minerais e orgânicos (Gráficos 2 e 6).

Trecho 1. De Tabatinga a amostragem tomada em frente à cidade de Jutaf que fica localizada em frente à foz do rio Jutaf (567 km): os resultados decrescem gradativamente no canal principal com relação ao pH,  $US_{20}$ , média dos cátions e ânions, Fe total, Mn, P total, e  $SiO_2$ ; apresentamos como possíveis causas - diluição pela água da chuva, e rios com menores teores de nutrientes minerais provenientes dos rios Javari, Tacana, Jundiatuba e Iça (sobre esta diluição ver Tabela 1), que apresenta resultados de uma amostragem tomada após a foz do rio Iça), precipitação dos sedimentos suspensos e águas provenientes dos lagos de várzeas. As pequenas oscilações da cor e aumento do material húmico deve-se à influência dos rios de água preta e águas provenientes dos lagos de várzea.

Trecho 2. De frente à cidade de Jutaf a amostragem de frente à cidade Tefé (505 km):



o resultado do pH se estabiliza, aparece um pequeno decréscimo na condutibilidade elétrica de apenas 5.84  $\mu S_{20}$ , a concentração média dos cátions aumenta em 0.04 mg/l e a dos ânions de 0.03 mg/l; e Fe total aparece com um aumento de 0.07 mg/l e o manganês com 0.02 mg/l; o P total aumenta de 0.03 mg/l; a cor aumenta de 6 mg/Pt/l que é acompanhado pelo material húmico de 1.60 mg/l; o nitrogênio de Kjeldahl decresce de 0.06 mg/l juntamente com a  $SiO_2$  que foi de 0.79 mg/l; esses pequenos acréscimos com decréscimos são bastante representativos para um trecho de 505 km, e as condições físico-químicas e biológicas.

Para os pequenos aumentos das concentrações, mostramos as possíveis causas:

a) influência dos rios Juruá, Ipixuna e Japurá;

b) retorno dos nutrientes minerais depositados na enchente anterior pelo rio Solimões nas várzeas e lagos da região entre o rio Solimões e o Japurá; neste local está localizado o maior paranã (canal) natural da Amazônia, que é o Auiti com  $\pm$  375 km de comprimento; essa grande várzea com terras baixas funciona como se fosse uma esponja, absorvendo nutrientes minerais e produzindo substâncias orgânicas no período de subida das águas, e liberando-as no retorno das águas;

c) com respeito ao aumento da cor e material húmico é devido, em parte, à influência dos rios de água preta, Jutai, Ipixuna e Uarini, como também às águas humificadas, provenientes das várzeas;

d) quanto ao decréscimo do nitrogênio de Kjeldahl, parece que o mesmo depende em muito de fatores biológicos realizados nas margens do canal principal dada a influência das águas provenientes das várzeas; por esse motivo, vemos pequenas oscilações com acréscimo ou decréscimo;

e) sobre o pequeno decréscimo observado para a sílica em forma de silicatos, parece que a várzea não exerce grande influência e sim os rios de água preta, quando próximo ao ponto de coleta como nesses dois trechos não se encontram rios com grande volume de água, a diluição do canal principal pela água da chuva, deposição, e uso da sílica sobre vários tipos de esponjas e bactérias prevalecem sobre a água de origem; isto mostra o pequeno decréscimo observado.

Trecho 3. Que vai da amostragem tomada em frente à cidade de Codajás a amostragem no local denominado São José do Amajari, que fica 116 km da foz do rio Negro (após a foz deste rio, o rio Solimões passa a chamar-se de rio Amazonas).

Os resultados decrescem em relação ao pH, condutibilidade elétrica, média dos cátions, ânions, Fe total, Mn, P total e varia em relação a  $SiO_2$ ; apresentamos como possíveis causas;

a) diluição da água do canal principal pelos rios de água preta como o Tefé, Coari, Mamiã, Badajós, Miuã, Purus, Manacapuru, e principalmente pelo rio Negro como uma pequena ajuda do rio Preto da Eva que fica próximo ao ponto de coleta;

b) floculação e precipitação dos sedimentos suspensos causados pelos rios de água preta;

c) águas provenientes de grandes números de lagos de várzea e terra firme, existentes neste trecho.

**Obs.** Na amostragem anterior que foi realizada na parte de baixo da ilha da Maria Antônia, já se observa uma elevação de nitrogênio de Kjeldahl, material húmico e  $\text{SiO}_2$  que se deve em parte, à influência do rio Manacapuru, águas provenientes da Costa do Barroso, Caldeirão, dos lagos da região do Manaquiri, Janauacá e dos lagos da ilha da Paciência que ficam próximos ao ponto de coleta. Com a entrada da água do rio Negro que é um rio de grande volume de água, mais com baixos teores de sílica, e elevados teores de substâncias coloridas, a sílica decresce na amostragem de São José do Amajari, face à diluição. A causa do aumento substancial da cor, material húmico e nitrogênio é a grande influência do rio Negro e, em pequena parte, do rio Preta da Eva.

Durante o período de estudo no trecho 3, observamos dois fatos importantes: o primeiro é quanto à relação dos dois ânions estudados o  $\text{SO}_4$  e  $\text{Cl}^-$ , e o segundo, é o que diz respeito às variações sazonais de temperatura e oxigênio durante os anos de 1985 e 1986, pesquisadas na coleta da ilha da Maria Antônia (rio Solimões).

Como se observa no Gráfico 7a, os resultados mostram uma maior concentração, no início, de cloro em forma de cloretos e menor de sulfato; os mesmos decrescem gradativamente até a amostragem de frente à cidade do Jutai e crescem um pouco na amostragem de frente à cidade de Tefé; sobre este aumento, já falamos anteriormente, na amostragem de frente à cidade de Codajás; o cloro e sulfato quase que se igualam, mas o cloro continua a decrescer gradativamente até a amostragem de frente à cidade de Parintins, crescendo na de frente à cidade de Óbidos, para, em seguida, decrescer na de frente à cidade de Santarém; já o sulfato após a amostragem de frente à cidade de Codajás a mesma ocorre quase que em paralelo até a amostragem de Óbidos, para, em seguida, decrescer na de frente à cidade de Santarém.

As possíveis causas para o aumento do sulfato após a amostragem de frente à cidade de Codajás:

- a) influência dos rios de água preta com maiores concentrações de sulfato;
- b) influência das águas provenientes dos lagos de várzea; que no período de vazante possuem elevadas concentrações de  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{SO}_4$  (Brinkmann et al., 1974);
- c) águas provenientes do Paraná do Copeá que possuem grande quantidade de lagos de terra firme e várzea, com elevados teores de substâncias coloridas e gases, e finalmente equiparação do sulfato com o cloro na amostragem de frente à cidade de Codajás é devida à influência dos rios Badajós e Miúá que ficam próximos ao local da amostragem; essas causas são válidas para todo o percurso estudado.

O segundo fato de importância são as variações de temperatura e oxigênio, (Gráfico 8b), cujas possíveis causas, damos a seguir:

- a) as menores temperaturas ocorrem quando o rio possui maior vazão e volume de água, que correspondem ao ápice da enchente e os subsequentes meses de vazante. As maiores temperaturas ocorrem quando o rio apresenta menor vazão e volume de água, o que depende, em muito, das condições climáticas da hora da coleta.

Quanto às concentrações de oxigênio, as maiores ocorrem nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro. As menores nos meses de abril a agosto. Apresentamos as possíveis causas dessas variações:

1. janeiro até abril são os meses que correspondem a força da enchente do canal principal e maior oxigenação devido ao auxílio da chuva, e os meses de setembro a dezembro correspondem ao término;

2. as menores concentrações de oxigênio que ocorrem nos meses de abril, maio, junho e julho têm como causas principais:

a) o rio Solimões-Amazonas, transborda as terras baixas de várzea, e como foi dito anteriormente nessas várzeas existem lagos próximos à margem do rio e muitas vezes distintas uma parte dessas águas que entram pelo canal que dá acesso aos lagos, como também as que cobriram as várzeas baixas retornam ao rio, dada a diferença de nível e essas águas que retornam já vem bem oxidadas, de compostos com elevados teores de substâncias húmicas, ricas em gases como  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  etc. e pobre em oxigênio e por esse motivo, diminui as concentrações de oxigênio, no canal principal (Boechat *et al.*, 1981-1982 e Santos, 1973);

b) desde a região do município de Tefé até ao Baixo Amazonas, os moradores cultivam a Juta (*Corchorus capsularis*) nas várzeas, e para a retirada e aproveitamento da fibra é necessário que a planta seja mergulhada no rio ou nos lagos próximos à margem, por um período de 10 a 12 dias, e, com isso, faz com que, a casca e parte da fibra entrem em estado de decomposição produzindo material oxidado e gases; quando a água transborda, a várzea baixa, esta água vai para o rio principal, aumentando a cor, material húmico e diminuindo o oxigênio (Santos, 1980).

Trecho 4. Que compreende as amostragens do rio Amazonas em frente as cidades de Parintins, Óbidos e Santarém.

Na amostragem de frente à cidade de Parintins, alguns resultados físico-químicos ressentem-se da grande influência do rio Negro, e especialmente do rio Madeira e de inúmeros lagos de várzea.

Em Óbidos, observa-se um ligeiro aumento das concentrações dos nutrientes minerais e orgânicos, semelhante ao observado no Trecho 2. Neste local, temos uma mistura de água floculadas proveniente do Paranã do Ramos que deságua abaixo da cidade de Parintins e que contém águas dos rios Madeira, Amazonas, águas com elevados teores de substâncias coloridas provenientes dos rios Canumã, Abacaxis, Maués, Andirá; água proveniente do Paranã do Nhamundã que é uma mistura dos rios Amazonas, Nhamundã, dos lagos de terra-firme e várzea e do rio Trombetas, que juntas, desaguam próximo ao ponto de coleta. E, como neste local está a parte mais estreita da região do Baixo Amazonas, existe uma liberação dos nutrientes minerais e orgânicos que vem com a água floculada e sedimentada pela turbulência.

Em Santarém, os resultados do pH, Fe total se estabilizam, e decrescem os outros elementos, indicando que a água do rio Tapajós não influencia no canal principal, é possível que após esta amostragem, os resultados continuem a decrescer até a foz do rio Amazonas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a valiosa colaboração prestada pelo Dr. Pedro Mera nas informações sobre as algas do tipo Cyanophyta, como também aos auxiliares José Maria dos Santos, Miguel Farias Marcelo e José Eluirdes Figueira de Souza, que ajudaram nas análises e coletas das amostras.

## SUMMARY

This work presents the results for the physical and chemical studies of the Solimões-Amazon River in eleven (11) places and in thirty-one (31) tributaries and branches from the Brasil-Peru Colombia border, in Tabatinga, to the town of Santarém, in the State of Para. It was covered a total distance of 2457 km.

The tributaries and branches of the Solimões-Amazon River are reduced to small streams in their high courses; only the rivers Jurua, Purus, Negro and Madeira can present a 2 - meter water level in navigable regions, depending on the behavior of the dry season.

All the muddy water rivers form várzeas\* which are rich in mineral nutrients and present along their whole area lakes, paranás\*, igapós\*, and a large amount of floating in formed. Part of this grass is decomposed and produces toxic gases, such as  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ . The lakes and the várzea work as a sponge the river absorbing suspended sediments, mineral and organic nutrients, and relieving part of them during the dry season.

The dark water rivers do not form várzeas, but beaches (dry season), and igapós (rainy season), due to their low amount of sediments. The dark color is due to colorful substances, such as humic material, that limit the production of phytoplankton.

The clear water rivers do not form várzeas, either, but beaches with a few igapós. They show a bluish-green color due to large formations of algae of the type *Cyanophyta*.

The muddy water rivers that present higher concentrations of sediments during the period from November to April, have their mobility supplying them with re-suspension of sediments due to an increase in flow and partially due to the phenomenon of "falling land".

It is possible that the Solimões-Amazon river receives mineral and organic supplies from muddy water rivers, small rivers barraged in its mouth, rivers with small flushes of limestone, and rivers with a high amount of colorful substances.

The lowest temperatures in the Solimões-Amazon River occur in the period of flooding of the main channel, while the highest ones occur in the Summer. The lowest concentrations of oxygen take place during the period from April to July, and they are due to oxidized water coming from várzeas and lakes.

\* várzea = rich humic lowlands formed during the low water period.

\* paranã = branch of a river that conducts water downstream to the same river, or to another river altogether.

\* igapó = flooded forest.

Tabela I. Resultados físico-químicos mg/l do rio Solimões-Amazonas, afluentes e subafluentes.

Total (Rios)	Km	pH	uS <sub>20</sub>	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Fe total	Mn	P. total	N.Kjel	Cor mg/Pt/l	M.húmico	SiO <sub>2</sub>	Al total	
Sol. Tabatinga	0	A	7.20	132.30	16.38	2.27	6.00	1.09	4.82	4.92	4.06	0.19	0.17	0.66	40	13.02	6.27	
Javari			6.15	28.61	3.03	1.30	0.80	1.33	2.90	0.99	2.23	0.05	0.04	0.78	18	15.60	4.42	3.52
Tacana			6.96	62.86	6.23	2.16	3.20	2.11	5.12	1.42	1.86	0.00	0.04	0.71	22	9.59	12.27	0.45
Jundiatuba			6.10	14.34	0.89	0.54	0.80	0.94	2.75	0.85	1.86	0.00	0.02	0.81	23	15.30	3.42	0.86
Sol.S.P.Olivença	243	B	7.10	110.68	15.84	2.27	5.78	1.33	4.62	4.96	2.72	0.16	0.15	0.68	41	13.00	6.13	
lça	+174		6.25	12.34	0.71	1.19	0.60	1.96	4.30	0.85	2.58	0.06	0.02	0.73	26	9.82	2.96	4.19
Sol.S.A.lça M.E.		C	6.66	43.24	6.94	1.19	2.63	0.90	3.84	2.13	2.38	0.14	0.08	0.68	42	13.50	4.53	
Sol.S.A.lça M.D.			7.05	104.20	14.96	2.02	5.40	1.20	4.60	4.90	2.60	0.16	0.14	0.67	41	13.20	6.00	
Jutaí	+150	D	5.48	11.06	1.07	0.76	1.20	1.56	5.00	0.99	1.43	0.03	0.01	0.33	23	14.47	5.02	2.12
Sol. Jutaí			6.98	96.88	13.53	2.05	4.95	1.11	3.78	4.26	2.46	0.15	0.10	0.62	39	14.00	5.15	
Juruá	+224		7.10	97.37	14.24	2.16	5.20	3.91	2.90	2.84	2.35	0.06	0.11	0.53	17	10.53	5.09	4.19
Japurá			6.17	22.13	2.20	0.50	1.10	0.38	4.30	1.03	1.03	0.03	0.05	0.58	13	10.00	3.00	4.00
Uarini			6.06	15.21	0.71	0.32	1.00	1.49	3.00	1.42	1.49	0.03	0.00	0.75	17	15.23	8.26	0.96
Sol. Tefé	+280	E	6.98	91.04	13.35	1.94	5.28	1.24	3.84	4.26	2.53	0.17	0.13	0.46	45	15.60	4.36	
Tefé			6.12	8.13	0.71	0.22	0.40	1.41	4.20	0.85	1.82	0.00	0.00	0.55	46	17.90	5.00	1.73
Ipixuna			6.25	20.75	1.78	0.32	1.20	2.50	4.70	1.42	1.19	0.14	0.01	0.81	29	16.00	10.21	0.21
Coari	+191		5.82	7.78	0.71	0.22	0.40	0.78	2.59	0.93	1.52	0.11	0.01	0.67	30	15.83	3.66	0.51
Mamia			5.53	8.16	0.53	0.32	0.40	1.17	5.10	0.57	1.88	0.20	0.00	0.77	44	15.23	2.06	8.06
Badajós			6.33	24.81	3.92	0.43	2.40	1.33	3.20	1.28	1.69	0.26	0.00	0.83	36	14.06	2.48	9.84
Miuã			6.32	27.57	4.45	0.54	0.80	2.19	1.06	1.56	0.95	0.00	0.01	0.86	52	15.30	2.52	9.53
Sol. Codajás	+148	F	6.78	54.30	8.37	1.30	4.00	0.98	3.00	2.98	1.91	0.19	0.09	0.53	48	15.03	4.39	
Purús	+ 89		6.90	34.26	4.63	0.86	1.40	2.35	2.75	1.13	1.66	0.00	0.03	0.63	19	14.90	6.41	6.29
Manacapuru	+112		5.81	22.70	0.89	0.96	1.20	1.96	2.25	0.35	0.96	0.00	0.01	0.58	114	28.70	10.61	0.45
Ipixuna Grande			4.40	7.52	0.17	0.00	0.10	0.35	1.85	0.42	0.25	0.01	0.00	0.71	75	21.24	2.71	0.55
Araçari			5.65	15.19	0.89	0.27	0.70	1.99	1.70	0.46	1.13	0.00	0.01	0.50	132	28.95	10.07	1.29
Sol.l.Maria Ant.	+ 60	G	6.81	55.51	7.83	1.30	3.46	1.11	3.12	2.41	1.82	0.16	0.06	0.66	50	16.00	5.39	
Negro	+ 60		5.10	19.57	0.00	0.11	1.00	1.81	5.15	0.85	0.42	0.00	0.00	0.78	120	31.96	1.93	0.43
Preto da Eva	+110		4.90	7.00	0.00	0.00	0.10	0.12	2.13	1.10	0.32	0.04	0.00	0.42	104	11.20	2.10	0.34
Sol.S.J.Amatari	+ 9	H	6.60	37.20	5.34	1.40	1.80	1.30	3.10	2.20	1.36	0.06	0.07	0.68	53	17.30	4.43	
Madeira	+ 10		6.74	56.79	7.83	1.51	6.84	3.64	4.05	0.99	2.98	0.06	0.09	0.74	18	11.65	5.60	6.49
Urubú	+104		4.39	9.23	0.22	0.22	0.25	0.16	3.95	0.85	0.28	0.00	0.00	0.46	35	12.08	1.18	1.68
Uatumã			5.85	9.59	0.09	0.38	1.54	0.32	3.50	0.92	0.31	0.00	0.00	0.49	57	15.00	2.83	0.35
Trairí			5.58	9.68	0.71	0.11	0.85	0.86	2.90	0.99	0.77	0.06	0.00	0.50	47	10.90	2.28	0.26
Jatapu			6.10	10.00	0.36	0.38	0.40	0.47	3.50	0.92	0.24	0.07	0.00	0.49	57	14.95	2.83	0.35
Maripã			5.95	6.66	0.09	0.49	0.20	0.47	3.20	0.78	0.17	0.00	0.01	0.45	26	11.29	1.75	0.25
Cararã			5.00	6.76	0.00	0.16	0.20	0.23	2.90	0.85	0.06	0.06	0.00	0.44	25	10.94	4.62	0.37
Sol. Parintins	+ 90	I	6.39	48.65	7.56	1.03	2.60	2.00	3.00	1.70	1.82	0.07	0.06	0.59	51	18.00	5.00	

continuação (Tabela 1).

Total (Rios)	Km	pH	uS <sub>20</sub>	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Fe total	Mn	P. total	N.Kjel	Cor mg/Pt/l	M. húmico	SiO <sub>2</sub>	Al total
Nhamundá	+100	4.90	7.90	0.00	0.27	0.60	0.86	4.70	0.71	0.43	0.04	0.00	0.34	36	14.70	4.10	2.66
Jamarí		4.20	9.28	0.00	0.16	0.21	0.24	5.64	0.92	0.11	0.06	0.01	0.52	22	9.64	4.37	0.26
Trombetas		6.25	10.00	0.90	0.65	0.40	0.78	3.35	0.57	0.18	0.00	0.01	0.42	23	11.00	4.36	0.34
Sol. Óbidos	+ 33 J	6.38	50.54	7.03	1.78	2.88	1.40	2.98	2.06	1.46	0.07	0.07	0.60	52	17.80	5.36	
Sol. Santarém	+120 L	6.50	48.29	6.88	1.57	2.90	1.30	2.48	1.56	1.56	0.06	0.06	0.53	54	18.20	4.81	
Tapajós		6.52	10.30	1.07	0.54	0.40	0.63	3.20	0.43	0.05	0.05	0.03	0.57	13	8.56	3.21	2.83
Arapicuns		6.32	7.75	0.44	0.32	0.34	0.50	3.30	0.50	0.06	0.06	0.00	0.47	15	7.80	2.11	0.53

**Tabela 2.** Resultados físico-químicos (mg/l) dos três rios que apresentam maiores concentrações de sais minerais e afluentes do rio Purús.

Total (Rios)	pH	uS <sub>20</sub>	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Fe Total	Mn	P. Total	N.Kjel	Cor mg/Pt/l	M. húmico	SiO <sub>2</sub>	Al total
Chandler	8.11	270.37	55.71	5.40	6.90	5.71	2.15	1.13	0.81	0.08	0.10	0.67	35	8.00	4.47	0.42
Yaco	7.98	311.14	70.49	1.84	15.30	8.13	2.50	1.27	0.59	0.04	0.08	0.49	20	5.64	7.90	1.33
Caetê	7.51	193.00	40.05	7.56	9.70	6.18	2.60	1.56	0.46	0.00	0.11	0.60	18	6.30	7.15	0.41

**COLETAS NO RIO SOLIMÕES-AMAZONAS**

- A. Tabatinga
- B. S. P. de Olivença
- C. S. A. do Iça
- D. Tefê
- E. Codajás
- F. I. da Maria Antônia
- G. S. José Amajari
- H. Parintins
- I. Óbidos
- J. Santarém

**COLETAS NOS AFLUENTES DO RIO SOLIMÕES-AMAZONAS**

- 1. Javari
- 2. Tacena
- 3. Jundiatuba
- 4. Iça
- 5. Jutai
- 6. Juruá
- 7. Japurá
- 8. Uarini
- 9. Tefê
- 10. Ipixuna
- 11. Coari
- 12. Mamia
- 13. Badajós
- 14. Miuá
- 15. Purús
- 16. Manacapuru
- 17. Ipixuna Grande
- 18. Araçari
- 19. Negro
- 20. Preto da Eva
- 21. Madeira
- 22. Urubu
- 23. Uatumã
- 24. Trairi
- 25. Jatapú
- 26. Maripá
- 27. Carará
- 28. Nhamundá
- 29. Jamari
- 30. Trombetas
- 31. Tapajós
- 32. Arapiuns

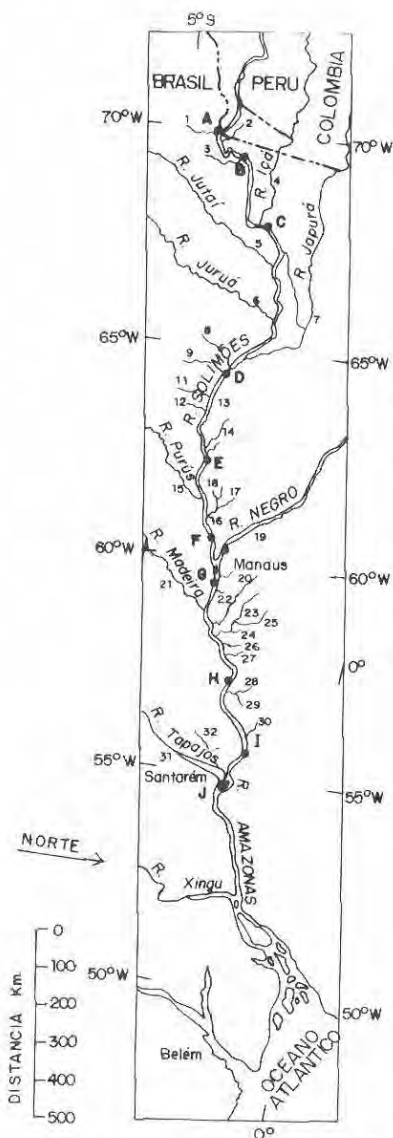


Fig. 1. Mapa indicando os locais das coletas no rio Solimões-Amazonas e seus afluentes.  
A hidroquímica do rio Solimões ...

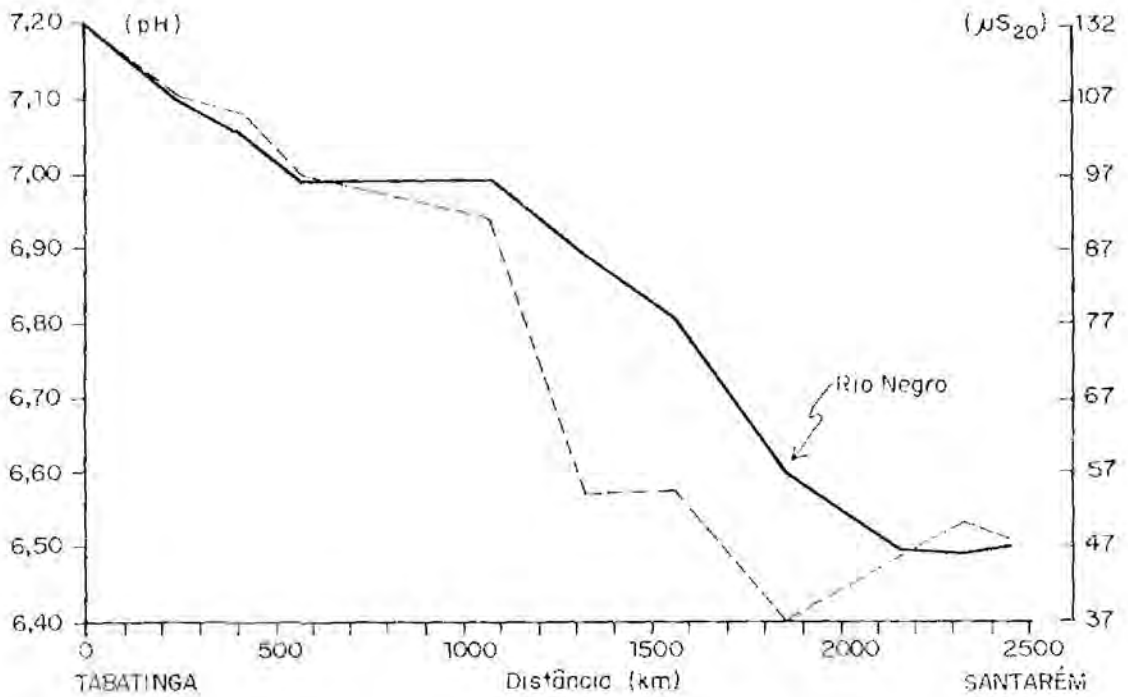


Fig. 2. Valores do pH e  $\mu S_{20}$  no rio Solimões-Amazonas, trecho de Tabatinga a Santarém.

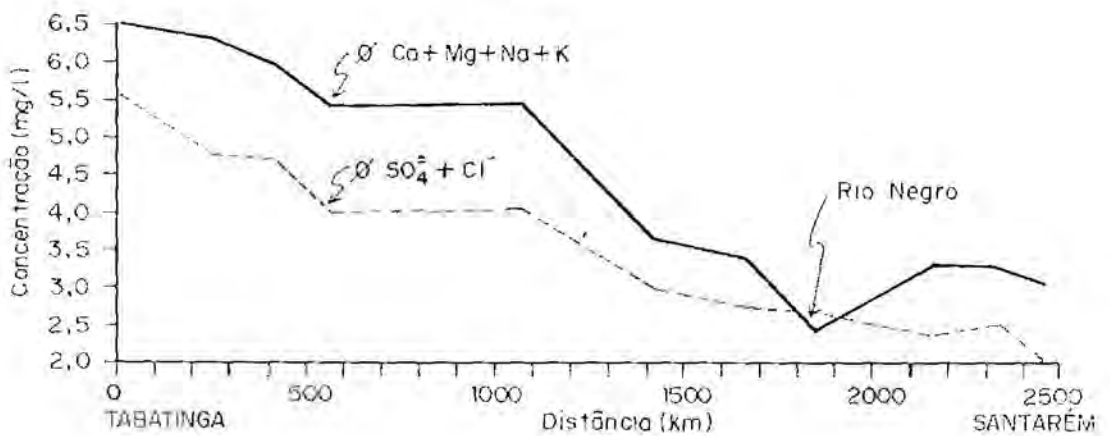


Fig. 3. Concentrações dos cátions e ânions, no rio Solimões-Amazonas, trecho de tabatinga a Santarém.



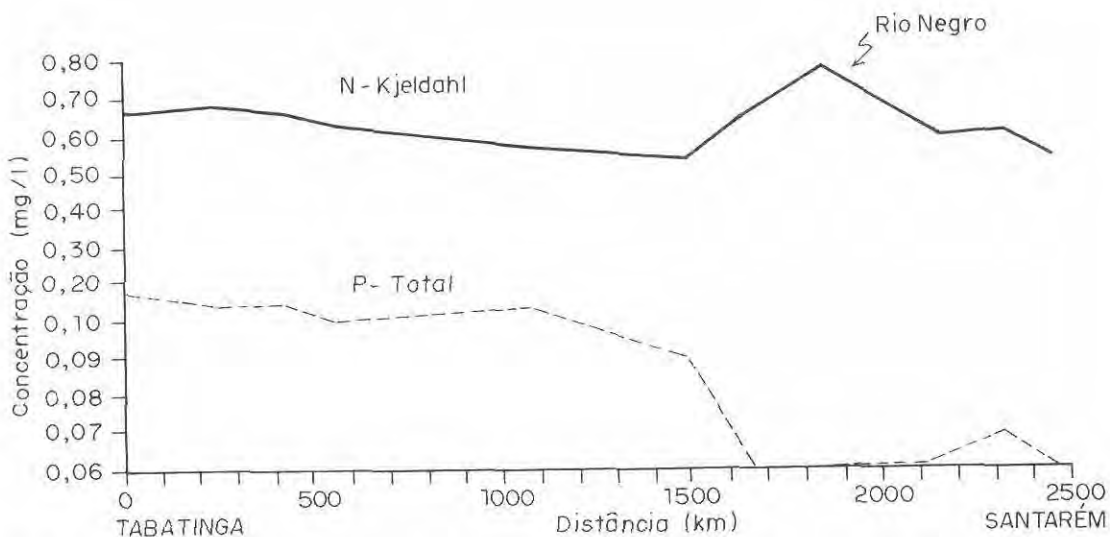


Fig. 4. Concentrações de nitrogênio Kjeldahl e fósforo total, no rio Solimões-Amazonas, trecho Tabatinga a Santarém.

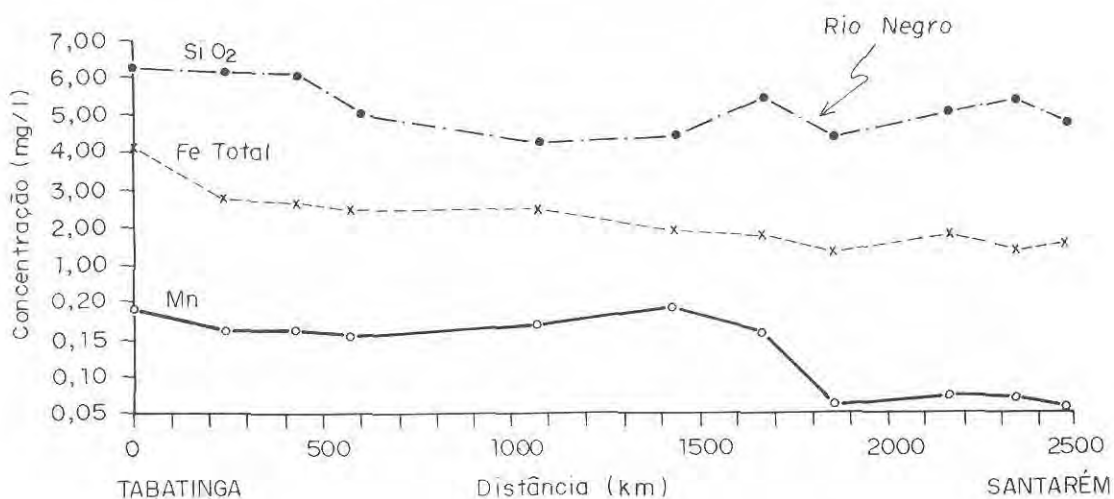


Fig. 5. Concentrações de sílica, ferro total e manganês no rio Solimões-Amazonas, trecho de Tabatinga a Santarém.

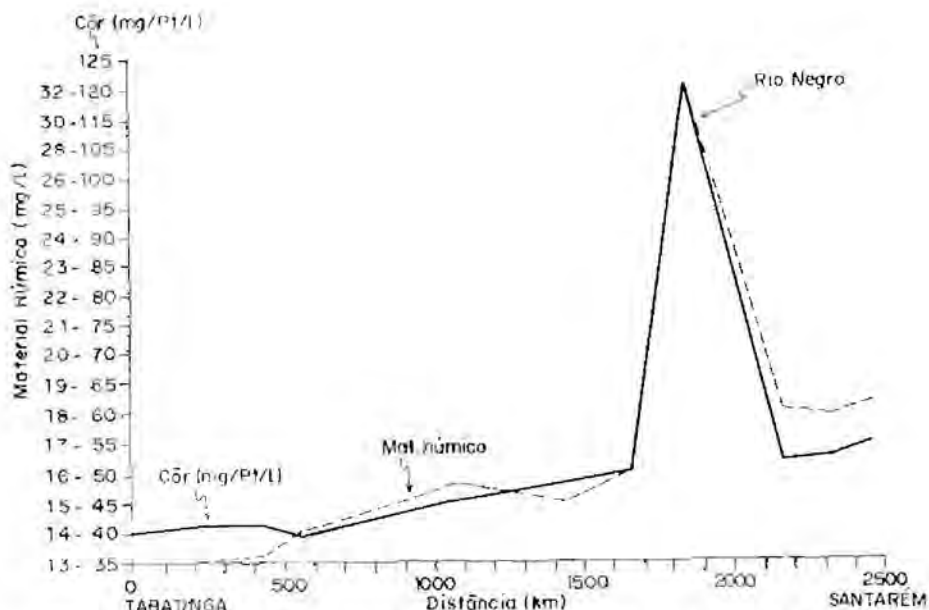


Fig. 6. Concentrações de cor (mg/Pt/l) e material húmico no rio Solimões-Amazonas, trecho de Tabatinga a Santarém.

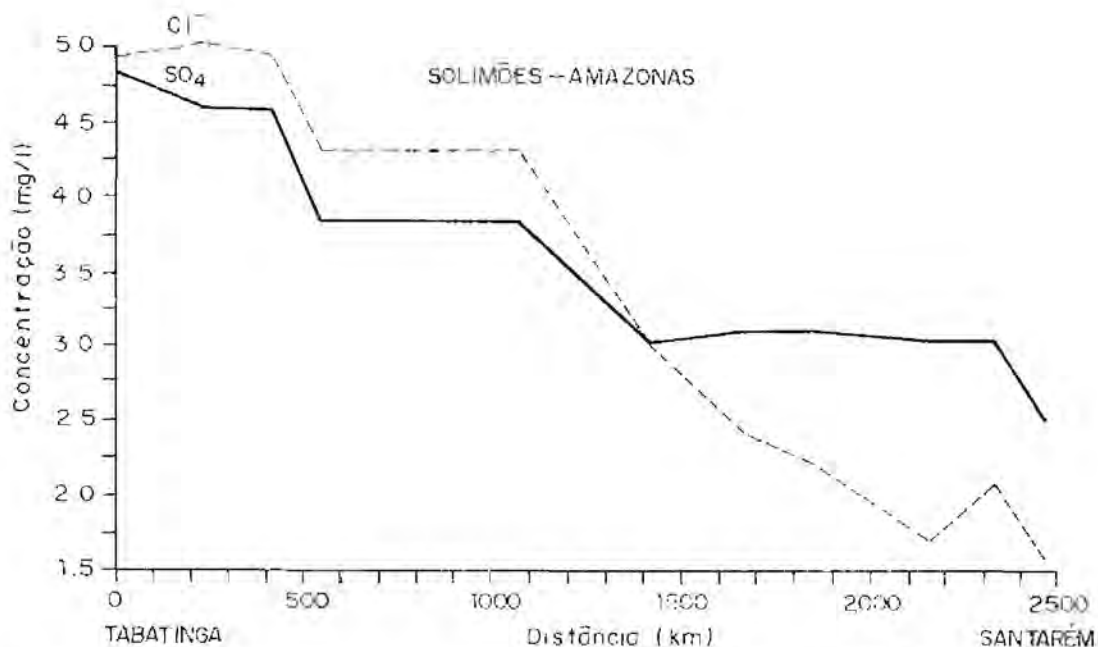


Fig. 7. Concentrações de cloro em forma de cloretos e sulfato, no rio Solimões-Amazonas, trecho de Tabatinga a Santarém.

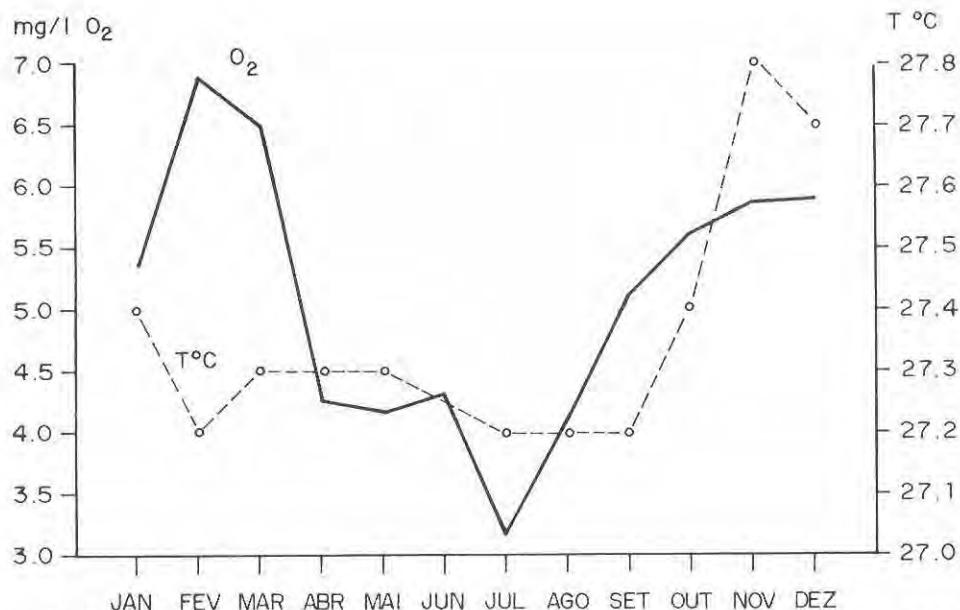


Fig. 8. Variações sazonais de temperatura e oxigênio durante os anos de 1984, 1985 a setembro de 1986, no rio Solimões (Ilha da Maria Antônia).

#### Referências bibliográficas

- Anonymus - 1972. Die Ionenfracht des rio Negro, Staat Amazonas - Brasilien, nach Untersuchungen vom Dr. H. Ungemach. *Amazoniana*, Kiel, 3(2):175-185.
- Boechat Lopes, U.; Santos, U. de M.; Novikoff, A. - 1981-1982. Etude Limnologique des eaux du lac Arroz (Ile du Careiro - Amazonie Centrale, Brésil), Cach. O.R.S.T.O.M., ser. Geol., 7(2):147-164.
- Brinkmann, W. L. F.; Santos, U. de M. - 1974. The emission of biogenic hydrogen sulfide from Amazonian floodplain lakes. *Tellus*, 26:1-2.
- DNAEE (Divisão de Águas) - 1968. Medição de descarga e seus problemas técnicos no maior rio do mundo. Brasil. Departamento Nacional de Águas e Energia. 45 p.
- Geografia do Brasil - Região Norte - 1977. *IBGE*, v. 1.
- Gessner, F. - 1960. Limnologische Untersuchungen am Zusammenfluss des rio Negro und des Amazonas (Solimões). *Int. Rec. ges. Hydrobiol.*, 45:55-79.
- Gibbs, R. J. - 1967. The geochemistry of the Amazon river system: part I. The factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 78:1203-1232.
- Junk, W. J. & Furch, K. - 1980. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igara-pês na Bacia Amazônica e nas águas adjacentes. *Acta Amazonica*, 10(2):611-635.
- Klinge, H. - 1965. Podzol soils in the Amazon basin. *J. Soil Sci.*, 16:95-103.
- - 1967b. Podzol soils: a source of blackwater rivers in Amazônia. In: *Atas do Simpósio sobre a biota Amazônica*, 3:117-125.
- Leenheer, A. J. - 1980. Origin and nature of humic substances in the Amazon River Basin.
- A hidroquímica do rio Solimões ...

- Leenheer, A. J. & Santos, U. de M. - 1980. Considerações sobre os processos de sedimentos na água preta ácida do rio Negro (Amazônia Central). **Acta Amazonica**, 10(2):343-355.
- Matsui, E. - 1972. Vazões relativas dos rios Negro e Solimões através das concentrações de <sup>18</sup>O. **Acta Amazonica**, 2(3).
- Meade, R. H.; Dunne, T.; Richey, J. E.; Santos, U. de M.; Salati, E. - 1985. Storage and Remobilization of Suspended Sediment in the Lower Amazon River of Brazil. **Science**, 228:488-490.
- Rai, H. & Mill, G. - 1984. **Primary production in the Amazonian aquatic ecosystem**. In: Sioli (ed.). *The Amazon Junk*. p. 311-336.
- Richey, J. E. - 1983. **Interactions of C, N, P and S in river systems: a biogeochemical model, in their Interactions**. Bolin, B. & Cook, R. (eds.), John Wiley, New York. p. 365-386.
- Richey, J. E. - 1982. The Amazon river System; A biogeochemical model. **Mitt. Geol. - Palaont. Inst. Univ. Hamburg**, SCOPE/UNEP, 52:365-378.
- Richey, J. E.; Meade, R. H.; Salati, E.; Devol, A. H.; Nording Jr., C. F.; Santos, W. - 1986. Water Discharge and Suspended Sediment Concentrations in the Amazon River: **Water Resources Research**, 22(5):756-764.
- Richey, J. E.; Salati, E.; Santos, H. dos - 1985. The biogeochemist of the Amazon River: An update. **Mitt. Geol. - Palaont. Inst. Univ. Hamburg**, 5:245-257.
- Santos, U. de M. - 1980. Aspectos limnológicos do lago Grande do Jutai (Amazônia Central), face as alterações químicas do meio hídrico da região. **Acta Amazonica**, 10(4):797-822.
- Santos, U. de M.; Bringel, S. R. B.; Bergamin Filho, H.; Ribeiro, M. N. G.; Bananeira, M. - 1984. Rios da Bacia Amazônica. I. Afluentes do Rio Negro. **Acta Amazonica**, 14(1/2):222-237.
- Santos, U. de M.; Bringel, S. R. B.; Ribeiro, M. N. G.; Silva, M. N. P. da - 1985. Rios da Bacia Amazônica. II. Os afluentes do Rio Branco. **Acta Amazonica**, 15(1/2):147-156.
- Santos, U. de M.; Santos, A. dos; Brinkmann, W. L. F. - 1971. A composição química do Rio Preto da Eva - Amazônia. Estudo preliminar. **Ciência e Cultura**, 23(5):643-646.
- Schmidt, G. W. - 1972a. Chemical properties of some waters in the tropical rainforest region of Central Amazonia along the new road Manaus - Caracará. **Amazoniana**, 3(2):199-207.
- - 1972b. Amounts of suspended solids and dissolved substances in the middle reaches of the Amazon over the course of one year (August 1969 - July 1970). **Amazoniana**, 3(2):208-223.
- Sioli, H. - 1950. Das Wasser in Amazonas Gebiet. **Forsch Fortshr.**, 26:274-280.
- - 1956. O Rio Arapiuns. **Bol. Téc. do Instituto Agronômico do Norte**, 32:
- Sioli, H.; Klinger, H. - 1962. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. **Bol. Mus. Paraense E. Goeldi**, N. Ser., 1:27-41.
- Stallard, R. F. - 1950. **Major element geochemistry of the Amazon River system**. Tese de Massachusetts, ilustr. 366 p.

(Aceito para publicação em 28.11.1988)