

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO DAS
ÁGUAS AO LONGO DO RIO SOLIMÕES NA REGIÃO ENTRE
MANACAPURU E ALVARÃES – AMAZONAS - BRASIL**

MARIA MIREIDE ANDRADE QUEIROZ

MANAUS
2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

MARIA MIREIDE ANDRADE QUEIROZ

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO DAS
ÁGUAS AO LONGO DO RIO SOLIMÕES NA REGIÃO ENTRE
MANACAPURU E ALVARÃES – AMAZONAS - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Maria Coimbra Horbe

Co-orientador: Prof. Dr. Candido Augusto V. Moura

MANAUS
2006

MARIA MIREIDE ANDRADE QUEIROZ

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO DAS
ÁGUAS AO LONGO DO RIO SOLIMÕES NA REGIÃO ENTRE
MANACAPURU E ALVARÃES – AMAZONAS - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências.

Área de concentração: Geologia Ambiental

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Maria Coimbra Horbe
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof. Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Prof. Dr. Geraldo Rezende Boaventura
Universidade de Brasília – UnB

Ofereço

À Deus
Humildemente

Aos meus pais, meus irmãos, sobrinhos
e amigos pelo incentivo para a
realização deste trabalho.

dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus pela dádiva da vida;

À Profa. Dra. Adriana M. Coimbe Horbe, pela orientação, revisões e os incentivos para desenvolvimento dessa dissertação;

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), através meio do Programa de Pós-Graduação em Geociências do DEGEO, pela oportunidade de aprendizado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao pesquisador Dr. Candido Augusto V. Moura, pela amizade e co-orientação;

A todos os pesquisadores do departamento que de forma direta ou indireta auxiliaram na formação desta dissertação;

À minha amiga Fernanda Guilhon por todo o apoio, principalmente no trabalho de laboratório e, acima de tudo pelo coleguismo durante a maior parte deste trabalho;

À Rosimeire Brabo Monteiro (técnica) e Adriana Bordalo do Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA, pelo precioso auxílio nas análises de isótopos de estrôncio;

Aos amigos Edson, Benícia, Isabella, Marcos (técnico), Ângela (colombiana), Joelma (lanchonete), Ângela (graduação), Dorian, Ercila, J.B, Deborah, pelo bom convívio e acima de tudo por todos os momento bons em que estivemos juntos;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

*O trabalho sem amor, te faz escravo.
O êxito sem amor, te faz arrogante.
A autoridade sem amor, te faz tirano.
A justiça sem amor, te faz implacável.
A riqueza sem amor, te faz ávaro.
A fé sem amor, te deixa fanático.
A beleza sem amor, te deixa ridículo.
A vida sem amor... não tem sentido.*

Autor desconhecido.

ABSTRACT

The present study evaluated the physical-chemical aspects of 64 water samples from the Solimões, Purus rivers and their tributaries and Japurá river (29 from the surface, 27 from sediments in suspension and 8 of wells and springs), collected in November 2004 in the state of Amazonas between the cities of Manacapuru and Alvarães as well as Anamá and Pirarauara. Chemical analyses of the higher elements, trace-elements, rare earth elements, Sr isotopes, were carried out in addition to mineralogical composition analyses on the sediments in suspension collected according to the rules in Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. The studied waters were divided into two groups: black-water and white-water. The former, which includes the Solimões and Purus rivers tributaries presents a higher SiO₂, Fe, and Al concentration, whereas the latter portrays the highest concentration in Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, HCO³⁻, Mn, Ba, Sr, B, Ce and As. In general, the Solimões river tributaries present higher chemical load than those of Purus river, and white waters more than black waters. The results obtained on the isotopic ratios ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr showed higher ratios in the Solimões river white waters whereas its tributaries are less radiogenic than those of the Purus river. Kaolinite is the most abundant mineral in the sediments in suspension, with a higher rate in the Solimões river tributaries than in the other investigated ones. The suspended material in Ti, Zn, Ba and V, represents 98% of the total chemical composition, since Ge is negligible in all studied waters.

KEYWORDS: Amazônia, black and white waters, trace-elements.

RESUMO

O presente estudo procurou avaliar os aspectos físico-químico de 64 amostras (29 de águas superficiais, 27 de sedimentos em suspensão e 8 de poços e fontes), coletado em novembro de 2004 no Estado do Amazonas entre as cidades de Manacapuru-Alvarães e Anamá-Pirarauara. Foram realizadas análises de elementos-traço, isótopos de estrôncio, elementos terras raras, composição mineralógica e análise de componentes principal (PCA) nas águas e sedimentos coletados de acordo com as normas contidas no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. As águas estudadas dividiram-se dois grupos. O primeiro constituindo as águas pretas e o segundo as brancas. No primeiro grupo as águas têm menor concentração de materiais em suspensão, pH, condutividade elétrica, turbidez, SiO₂. No segundo, há maior concentração em Ca²⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, Al, Mn, Ba, Sr, B, Ce e As. Nos elementos-traço, o Fe e Al predominam em todas as drenagens investigadas, com maior concentração nas águas pretas. De modo geral, os afluentes do Solimões têm maior carga química que os do Purus. Os resultados obtidos nas razões isotópicas ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr evidenciaram razões mais elevadas nas águas brancas do rio Solimões que os demais rios, enquanto nos seus afluentes ocorreu o inverso. Os resultados obtidos a partir das análises mineralógica conclui-se que a caulinita predomina em todas as drenagens investigadas, com maior proporção nos afluentes do rio Solimões e em menor nos do Purus e nos rios Solimões, Purus, Japurá e furo Parati Grande. O material em suspensão apresentou grande variação na concentração dos elementos-traço, especialmente em Ti, Zn, Ba e V, que representam 98% do total da composição química desse material, já o Ge é inexpressivo em todas as águas estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Amazônia, Águas pretas e brancas; elementos-traço.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização das amostras coletadas.....	22
Figura 2 - Esquema adotados para análises físicas e químicas das amostras	28
Figura 3 - Distribuição dos valores de pH nas águas estudadas.....	34
Figura 4 - Condutividade elétrica das amostras de água	35
Figura 5 - Turbidez das amostras de água.....	36
Figura 6 - Distribuição dos cátions; Ca^{2+} , Na^+ , K^+ e Mg^{2+} nas águas estudadas.....	38
Figura 7 - Distribuição de ânions; HCO_3^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , PO_4^{3-} e Cl^- nas águas estudadas	41
Figura 8 – Mapa de localização das amostras com valores de $\delta^{87}\text{Sr}$	48
Figura 9 – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $1/\text{Sr}$ de amostras de água pretas e brancas dos afluentes dos Solimões e Purus e rios Solimões, Purus e Japurá em relação a rochas e sedimentos (Henderson, 1984; Faure, 1988 e Allègre <i>et al.</i> 1996).	50
Figura 10– Difractograma de Caulinita, Illita, Muscovita e Quartzo da amostra de sedimento em suspensão do igarapé Água Fria	52
Figura 11 - Fracionamento dos ETR em relação aos condritos no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D)	60
Figura 12- Fracionamento dos ETR em relação à média crustal no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D)	60
Figura 13 - Fracionamentos dos ETR em relação a NASC no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D).....	61
Figura 14 - PC1 <i>versus</i> PC2 das amostras de águas estudadas	65
Figura 15 - PC1 <i>versus</i> PC2 das amostras de sedimentos em suspensão.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre pH e espécie química.....	15
Tabela 2 - Pontos de coletas, classificação das águas e coordenadas*	27
Tabela 3 - Parâmetros, métodos e equipamentos utilizados neste trabalho	29
Tabela 4 - Parâmetros físicos das águas analisadas	33
Tabela 5 - Parâmetros químicos dos elementos em mg L ⁻¹	37
Tabela 6 - Parâmetros químicos dos elementos em mg L ⁻¹	40
Tabela 7 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em µg L ⁻¹	43
Tabela 8 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em µg L ⁻¹	44
Tabela 9 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em µg L ⁻¹	45
Tabela 10 - Razão isotópica de ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr nas águas fluviais amostradas	47
Tabela 11 – Composição mineralógica dos sedimentos em suspensão	51
Tabela 12 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em µg..	53
Tabela 13 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em µg..	54
Tabela 14 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em µg..	55
Tabela 15 - Razões de sedimentos em suspensão e material dissolvido analisados	57
Tabela 16 - Concentrações dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)	59
Tabela 17 - Razões dos ETR Normalizados	62
Tabela 18 - Análise de componentes principais das amostras de água.....	64
Tabela 19 - Análise de componentes principais das amostras de sedimentos	67
Tabela 20 - Normalização (CONDRITOS) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)	75
Tabela 21 - Normalização (MÉDIA CRUSTAL) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado).....	76
Tabela 22 - Normalização (NASC) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado).....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	ÁGUAS AMAZÔNICAS	7
2.1	Características Gerais.....	7
2.2	Relação com o Ambiente Geológico	9
2.3	Relação com as Áreas inundadas e os Solos.....	10
3	GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DO ESTRÔNCIO EM ÁGUAS NATURAIS	11
3.1	Características Gerais.....	11
4	PARÂMETROS ANALÍTICOS DAS ÁGUAS	14
4.1	Temperatura	14
4.2	Condutividade Elétrica (CE).....	14
4.3	Potencial Hidrogênio Iônico (pH)	14
4.4	Alcalinidade.....	15
4.5	Turbidez	16
4.6	Cloreto (Cl ⁻).....	16
4.7	Sulfato (SO ₄ ²⁻).....	16
4.8	Fosfato (PO ₄ ³⁻).....	17
4.9	Cálcio (Ca ²⁺)	17
4.10	Sódio (Na ⁺)	18
4.11	Potássio (K ⁺).....	18
4.12	Magnésio (Mg ²⁺)	19
4.13	Metais	19
5	OBJETIVOS	20
6	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	21
6.1	Geologia local	23
6.1.1	Formação Solimões	23
6.1.2	Formação Içá	24
6.1.3	Depósitos Quaternários	24
7	MATERIAIS E MÉTODOS	26
7.1	Amostragens.....	26
7.2	Procedimentos Laboratoriais de Análises	28

7.3	Análise de Isótopos de Sr	30
7.3.1	Preparação da Coluna de Cromatográfica.....	30
7.3.2	Separação Cromatográfica do Sr.....	30
7.4	Difratometria de Raios-X.....	31
8	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
8.1	PARÂMETROS FÍSICOS.....	32
8.1.1	Temperatura, pH, Condutividade elétrica, Turbidez.....	32
8.2	PARÂMETROS QUÍMICOS.....	36
8.2.1	Cálcio, Potássio, Sódio e Magnésio.....	36
8.2.2	Bicarbonato, Sulfato, Sílica, Fosfato e Cloreto.....	39
8.3	ELEMENTOS-TRAÇO	42
8.4	ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO	46
8.5	MATERIAIS EM SUSPENSÃO	50
8.5.1	Composição Mineralógica.....	50
8.5.2	Elementos-traço nos sedimentos em suspensão.....	52
8.5.3	Elementos terras raras.....	58
8.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	63
8.6.1	Águas.....	63
8.6.2	Sedimentos.....	66
9	CONCLUSÃO	68
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
11	ANEXOS	74

1 INTRODUÇÃO

A água é uma das principais características da paisagem na Amazônia. O rio Amazonas e seus afluentes formam o maior sistema de rios da terra. Suas áreas inundadas (várzeas) cobrem cerca de 6 milhões de km². Um sexto de toda água doce transportada pelos rios para o oceano passa pelo rio Amazonas (Sioli, 1985). As planícies ao longo do rio Amazonas encerram aproximadamente 6.500 igarapés e lagos, os quais variam em dimensões e forma. Apenas nos últimos 400 km dos quatro maiores tributários (Japurá, Purus, Negro e Madeira) encontram-se aproximadamente 2.400 igarapés e lagos (Sippel *et al.* 1992).

Os rios da Amazônia foram classificados por Sioli em função da cor de suas águas e das suas propriedades limnológicas em rios de água branca, preta e clara. Os rios de água branca são limnologicamente eutróficos, situam-se predominantemente no sudoeste da Amazônia, voltados para região andina, enquanto os de água preta são oligotróficos e estão a noroeste e os de água clara na região oriental (Sioli & Klinger, 1962). Os principais exemplos de rios com águas brancas são Amazonas, Solimões, Marañon e Ucayali e seus afluentes Javari, Juruá, Purus e Madeira ao sul, e Içá, Japurá e o Branco ao norte; de águas claras o Tapajós, Xingu e Tocantins ao sul e Trombetas, Maicuru, Paru e Jari ao norte; e de águas pretas o Negro e Uatumã ao norte, além de inúmeros afluentes menores de toda a bacia Amazônica.

Apesar de diversos estudos descreverem a hidrologia e geoquímica dos rios da Amazônia e seus principais tributários (Forsberg *et al.* 1988; Gaillardet *et al.* 1997), um levantamento bibliográfico detalhado, revelou que há poucas informações sobre os tributários dos rios Solimões e Purus. Com vista a preencher essa lacuna, foram

selecionados vários afluentes dos rios Solimões e Purus no Estado do Amazonas, localizados entre as cidades de Manacapuru e Alvarães e Anamá e Piraruará, respectivamente. Esses afluentes refletem a geoquímica local, ao contrário dos maiores que recebem influência de vários afluentes, misturando diversos ambientes.

2 ÁGUAS AMAZÔNICAS

2.1 Características Gerais

A bacia Amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo, com uma drenagem de 5,8 milhões de km², sendo 3,9 milhões no Brasil. Suas nascentes estão localizadas na Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. No Brasil, abrangem os Estados do Amazonas, Pará, Amapá, Acre, Roraima, Rondônia e Mato Grosso. Como é transversal à linha do Equador, o rio Amazonas apresenta afluentes nos dois hemisférios do Planeta. Segundo Irion (1984), os principais afluentes da margem esquerda, são os rios Japurá, Negro e Trombetas e na margem direita, Juruá, Purus, Madeira, Xingu e Tapajós.

Na Amazônia encontram-se três tipos de águas superficiais, classificadas por Sioli (1967), como águas brancas, pretas e claras.

Os rios de **águas brancas**, que tem suas cabeceiras nas regiões andinas, carregam sedimentos e os depositam nas extensas áreas alagadas da Amazônia durante as enchentes, compondo os solos férteis das várzeas (Sioli, 1960). Esses rios apresentam nas margens sedimentação e erosão intensas e simultâneas. A erosão ocorre nas margens em sentido horizontal e em alguns grandes rios ocorre o fenômeno das “terras caídas”, formando “ilhas flutuantes”. Tais águas têm abundante material em suspensão, coloração marrom-amarelada e são relativamente ricas em concentrações de sais minerais com uma grande percentagem de metais alcalinos terrosos, principalmente cálcio, com uma alta percentagem de bicarbonato e são chamadas águas carbonatadas com pH neutro (Sioli, 1968). Aproximadamente 85-95% dos sedimentos transportados em suspensão está na faixa granulométrica de silte e

argila e os sedimentos mais grossos são encontrados no fundo, próximos da foz (Gibbs, 1967).

Os rios de **águas pretas** nascem nos escudos pré-cambrianos das Guianas e do Brasil Central. Possuem coloração marrom e quando a profundidade ultrapassa dois metros, as águas parecem realmente pretas. Apresentam fraco processo de erosão que é reduzido ainda mais pela densa mata fluvial, o que acarreta baixa carga de sedimentos e grande transparência. Água derivada dessas áreas é pobre em elementos minerais, especialmente em metais alcalinos terrosos, tendo baixo valor de pH. A acidez e a cor real das águas pretas é atribuída, segundo Walker (1987), a presença de ácidos húmicos, originados de substâncias orgânicas não mineralizadas no solo da floresta. Não formam várzeas e sim praias, por quase não possuírem sedimentos em suspensão.

Os rios de **águas claras** possuem cor verde-azulada, são mais transparente que os de águas brancas. Carreiam poucos materiais em suspensão e tem origem na Amazônia Central, que em virtude do relevo mais regular oferece menor possibilidade de erosão. O rio que tem sua origem na própria bacia Amazônica tem águas transparentes e muito ácidas, com baixas concentrações de minerais dissolvidos e são carentes em partículas suspensas. Não formam várzeas e sim praias, possuem poucos lagos e igapós, na sua planície de inundação têm pouca produção de material orgânico e o gás predominante em suas águas é o oxigênio (Sioli, 1960).

Em virtude das correntes, as águas dos rios estão em permanente renovação e mistura, enquanto que as dos lagos permanecem por mais tempo na mesma área. Assim, os rios são considerados como sistemas abertos, com características de descarga, enquanto lagos são considerados sistemas fechados, com características de

acumulação (Hutchinson, 1975). Desse modo, as águas dos lagos estão fortemente submetidas a processos bióticos e abióticos internos, que podem oxidar ou reduzir substâncias por meios diferentes daqueles que ocorrem nos rios (Junk & Furch, 1985). Na Amazônia, todo lago está em função de seu rio e todo o rio, biologicamente, está em função das várzeas, praias e igapós (Santos & Ribeiro, 1988). Os lagos da Amazônia recebem água quando os rios sobem, estocam água e a retornam em parte para o rio, quando o nível volta a baixar. Conseqüentemente, influenciam também os parâmetros hidroquímicos dos rios a que estão ligados (Junk & Furch, 1985).

2.2 Relação com o Ambiente Geológico

Segundo Sioli & Klinge (1962), apesar das características dos três tipos de águas descritos anteriormente, estarem relacionadas à geologia, elas não são sempre claramente diferenciáveis entre si. Na natureza, existem zona de transição entre águas brancas e claras, bem como entre claras e pretas e também pode ocorrer variação de tipo, ocasionalmente, devido às variações sazonais. Diferenças no quimismo dos rios da Amazônia, como no material em suspensão, revelam as acentuadas heterogeneidades geoquímicas existentes no interior da bacia. As águas que procedem dos Andes são caracterizadas por elevadas turbidez, devido à alta concentração de material em suspensão, possuem pH em torno de 7 e são quimicamente mais ricas em material dissolvido do que as oriundas do Brasil Central e Amazônia Central. Águas negras e claras possuem baixo conteúdo de íons e são caracterizadas pelas altas percentagens de metais alcalinos, principalmente sódio e potássio, e altas percentagens de metais, tais como Fe, Mg, Cu, Zn e Al. Concentrações de bicarbonato são geralmente muito baixas nesses tipos de água (Gibbs, 1972).

2.3 *Relação com as Áreas inundadas e os Solos*

O solo da floresta é coberto de resíduos vegetais em decomposição, formando o húmus, que se deposita em uma camada de poucos centímetros de espessura. Na época das grandes chuvas e enchentes, os rios inundam as margens, num período de três a quatro meses do ano, o que favorece a decomposição do material e a liberação de nutrientes, a presença de partículas inorgânica em suspensão e material húmico colorido em solução para os rios. Portanto, tem importante influência nas águas dos rios e lagos. Durante a vazante, a vegetação se desenvolve na margem dos rios que, posteriormente, na cheia morre e se decompõe e volta para a fase aquática auxiliando a aumentar os nutrientes do sistema (Junk, 1980).

3 GEOQUÍMICA ISOTÓPICA DO ESTRÔNCIO EM ÁGUAS NATURAIS

3.1 Características Gerais

O Sr é um metal alcalino terroso do grupo IIA. Seu raio iônico (1,13 Å) é maior que o do Ca (0,99 Å), ao qual ele substitui em muitos minerais (plagioclásio, apatita, carbonatos de cálcio). Contudo essa substituição é restrita devido ao Sr^{2+} preferir sítios de coordenação octaédrica, enquanto que o Ca^{2+} preenche também as coordenações hexaédricas. O Sr^{2+} pode substituir também o K^+ , porém, esta substituição precisa ser acompanhada da troca de Si^{4+} por Al^{3+} , para preservar a neutralidade elétrica (Faure, 1986).

O Sr tem quatro isótopos estáveis que ocorrem naturalmente ^{88}Sr , ^{87}Sr , ^{86}Sr e ^{84}Sr . O isótopo mais abundante é o ^{88}Sr com 82,53% e o de menor abundância é o ^{84}Sr , que perfaz apenas 0,26% do total dos átomos de Sr. Somente o ^{87}Sr é radiogênico, sendo proveniente do decaimento do ^{87}Rb pela emissão de uma partícula negativa (β^-) como mostra a equação: $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr} + \beta^- + \nu + Q$, onde β^- é a partícula beta, ν é um antineutrino e Q é a energia de decaimento. Devido ao ^{87}Sr ser produto de decaimento radioativo, a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varia com o tempo e em função da razão Rb/Sr do material. Atualmente, as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ medidas do Sr dissolvido na água do mar situam-se na faixa de 0,709177 e 0,70923 (KAWASHITA *et al.* 1997). Essa razão é considerada homogênea devido ao longo tempo de residência do Sr nos oceanos, de cerca de 10^3 anos (Thomas Filho *et al.* 1995).

O Sr está presente em águas naturais em quantidades variáveis. Nos oceanos apresenta concentração média de 7,7 ppm (Faure, 1986). Nos rios da Amazônia a sua concentração nos materiais em suspensão varia de 40 a 176 ppm e em solução entre

4,3 e 39 ppm (Allégre *et al.* 1996). A concentração de Sr oriunda das rochas ígneas em águas subterrâneas varia de 6 a 980 ppb, de acordo com os trabalhos de Bullen *et al.* (1996) nos Estados Unidos e de Banner *et al.* (1994) nas Antilhas.

Nas águas continentais a composição isotópica do Sr é variável e depende da idade e da razão Rb/Sr das rochas por onde as águas percolam ou escoam, bem como da solubilidade relativa dos diferentes minerais em contato com a água. Nas águas dos rios da Amazônia a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ no material em suspensão varia entre $0,71319 \pm 0,00002$ e $0,75640 \pm 0,00002$ e tem sempre mais Sr radiogênico que no material dissolvido cuja razão é $0,708776 \pm 25$ e $0,733172 \pm 29$. Isso pode ser explicado pelo fato do material dissolvido conter uma parte significativa de Sr derivado de águas pluviais, que possuem baixa razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Allégre *et al.* 1996).

A composição isotópica do Sr em água subterrânea é bastante variável e, em geral, é uma mistura da composição isotópica do Sr da água de recarga e da composição isotópica da rocha que a água percola. Nas águas subterrâneas de Wisconsin (EUA), a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varia de 0,70741 e 0,71213 (Bullen *et al.* 1996), enquanto que nas águas subterrâneas da Austrália, Collerson *et al.* (1988) encontrou, valores entre $0,70446 \pm 7$ e $0,71176 \pm 4$. Os valores mais baixos foram interpretados como resultado da mistura entre a água de recarga do aquífero com rochas ígneas máficas cenozóicas que apresentam uma assinatura isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ juvenil.

Segundo Lyons *et al.* (1995) a variação na composição isotópica do Sr tem sido usada para determinar: 1) a fonte de Sr de um particular corpo de água; 2) a história geoquímica dessas águas (interação rocha-água); e 3) o potencial de mistura dessas águas. Diversos trabalhos realizados registram as aplicações dos isótopos do Sr no

estudo do sistema de águas superficiais e subterrâneas. Palmer & Edmond (1992), estudaram a composição isotópica do Sr em diferentes bacias de drenagem que alimentam o oceano, para investigar os mecanismos que resultam no aumento da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nas águas dos rios.

4 PARÂMETROS ANALÍTICOS DAS ÁGUAS

Os parâmetros analíticos fornecem informações sobre o meio ambiente estudado e avaliam as possíveis alterações que nele ocorrem.

4.1 Temperatura

A temperatura afeta muitos parâmetros de qualidade, pois a velocidade das reações químicas e bioquímicas aumenta com a temperatura, assim como a solubilidade dos minerais, enquanto que a solubilidade dos gases diminui com a elevação de temperatura.

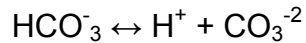
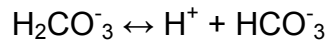
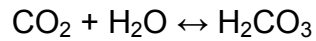
4.2 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica da água expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$, é a medida da capacidade da água conduzir eletricidade a uma determinada temperatura, sendo portanto dependente do conteúdo iônico. Assim, quanto maior a quantidade de íons dissolvido, maior a condutividade da água.

4.3 Potencial Hidrogênio Iônico (pH)

O pH da água é definido como a medida da concentração do íon H^+ em solução, $[-\log(\text{H}^+)]$ e determina a capacidade da água em atacar mineral e rochas (Levinson, 1974).

A dissociação do ácido carbônico (H_2CO_3), produto da dissolução do CO_2 na água tem papel fundamental no controle do pH da água, que ocorre de acordo com as reações abaixo (Hem, 1970; Levinson, 1974).



O valor numérico do pH está diretamente relacionado com o balanço entre a contribuição de íon hidrogênio, que provoca aumento de acidez, e as espécies com propriedades básicas, como os íons Ca^{2+} , Na^+ , e K^+ que causam diminuição de acidez do meio.

4.4 Alcalinidade

Alcalinidade é a medida da concentração de íons carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-) na água. Somente dois deles podem estar presentes simultaneamente numa mesma amostra, pois haveria reação entre hidróxidos e bicarbonatos, que levaria a formação de carbonatos (Macedo, 2003). A concentração destes íons caracteriza a capacidade tampão da água, isto é, a capacidade de manter o pH estável. Se a quantidade de carbonatos hidrogenados e íons carbonatos forem pequenos, o valor de pH da água pode decrescer consideravelmente (queda ácida) provocando problemas para os peixes e invertebrados. A relação entre o pH e as diversas formas de alcalinidade é representada na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Relação entre pH e espécie química

<i>Faixa de pH</i>	<i>Espécie Química</i>
4,4 – 8,3	Bicarbonato
8,3 – 9,4	Carbonatos e bicarbonatos
> 9,4	Hidróxidos e carbonatos

Os teores de bicarbonatos são obtidos a partir da determinação da alcalinidade total pela fórmula: HCO_3^- (mg L⁻¹) = alcalinidade total (mg L⁻¹) x 1,22, que é a concentração de carbonatos e bicarbonatos, que ocorrem entre pH 4,40 e 7,80 (Esteves, 1988) e correspondem aos limites mínimos e máximos das águas estudadas, o que justifica a transformação da alcalinidade total em bicarbonato.

4.5 Turbidez

A turbidez se caracteriza pela "nebulosidade" da água e pode ser interpretada como a ausência de claridade ou brilho. Ela é causada pela presença de substâncias suspensas e coloidais tais como argila, matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas.

4.6 Cloreto (Cl⁻)

O Cl⁻ está presente em todas as águas naturais, com valores situados entre 10 e 250 mg L⁻¹ nas águas doces. O Cl⁻, em geral, é muito solúvel e muito estável em solução, logo, dificilmente precipita. Não oxida e nem se reduz em águas naturais. É proveniente da lixiviação de minerais ferromagnesianos de rochas ígneas e de rochas evaporíticas tal como sal-gema. O Cl⁻ é um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões. Altas concentrações de cloreto são tóxicas para a maioria dos vegetais, inibindo o seu crescimento.

4.7 Sulfato (SO₄²⁻)

Origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrita). Seus compostos são moderadamente solúveis

a muito solúveis, exceto os sulfatos de estrôncio (SrSO_4) e os de bário (BaSO_4). Em água doce o sulfato de cálcio (CaSO_4) satura a 1500 mg L^{-1} e pode chegar até 7200 mg L^{-1} em águas salinas. Em meio redutor, com abundante matéria orgânica, pode ser reduzido por ação bacteriana a S ou S^{2-} porém em geral é estável.

4.8 Fosfato (PO_4^{3-})

Segundo Mathess & Harvey (1982), devido à ação dos microrganismos, a concentração de fosfato deve ser baixa ($< 0,5 \text{ mg L}^{-1}$) em águas naturais. Sua concentração varia entre $0,01$ e 1 mg L^{-1} , podendo chegar a 10 mg L^{-1} . Valores acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, são indicativos de águas poluídas.

O fosfato apresenta uma nítida tendência de formar compostos com vários íons e coligações forte como os minerais de argila.

4.9 Cálcio (Ca^{2+})

O cálcio é o elemento mais abundante existente na maioria das águas e rochas do planeta Terra. Os sais de cálcio possuem moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio (CaCO_3). É um dos principais constituintes da água e o principal responsável pela dureza. Apresenta-se em geral, sob a forma de bicarbonato (HCO_3^-) e raramente como carbonato (CO_3^{2-}).

Ocorre principalmente nos minerais calcita, aragonita e dolomita, em rochas calcárias, sendo o plagioclásio e apatita as maiores fontes de cálcio de rochas ígneas.

4.10 Sódio (Na^+)

O sódio está presente em todas as águas, predominantemente em algumas, devido as suas características como:

- Distribuição ampla nos minerais fontes;
- Baixa estabilidade química dos minerais que o contém;
- Solubilidade elevada e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução.

Ocorrem principalmente sob forma de cloretos nas águas subterrâneas e seus minerais fontes em rochas ígneas são essencialmente os feldspatos plagioclásios, feldspatóides (nefelina e sodalita), anfibólios e piroxênios.

O sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico.

4.11 Potássio (K^+)

Apesar do potássio e sódio pertencerem ao mesmo grupo (metais alcalinos), seus comportamentos nos processos de solubilidade são diferentes. O potássio é o sexto colocado na escala de abundância dos metais nas rochas ígneas. Ocorre em pequena quantidade ou está ausente nas águas subterrâneas, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais.

Ocorre principalmente nos feldspatos potássicos e leucitas, em rochas ígneas e metamórficas. Altas concentrações de potássio podem ser encontradas nos minerais de carnalita e silvinita, em evaporitos.

4.12 Magnésio (Mg^{2+})

O magnésio apresenta propriedades similares ao cálcio, porém é mais solúvel e difícil de precipitar. Quando em solução, tem a tendência de nela permanecer, produzindo o enriquecimento dos seus sais nas águas dos oceanos.

Os minerais fontes de magnésio mais freqüentes são: magnesita, biotita, granada, hornblenda, clorita, alanita e olivina. O magnésio ocorre principalmente em rochas carbonáticas. Juntamente com o cálcio é responsável pela dureza e produz gosto salobro nas águas. Ocorre sob a forma geral de bicarbonato.

4.13 Metais

Os metais existem em pequenas quantidades na crosta terrestre e são, geralmente dúcteis e maleáveis, eletropositivos, bons condutores de calor e eletricidade, e tem tendência a formar compostos iônicos.

5 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo básico aumentar o acervo de conhecimentos sobre os aspectos físico-químico e isotópico dos principais afluentes dos rios Solimões, Purus e Japurá. Desse modo, realizou-se estudos concernentes a:

- Caracterização física e química das águas dos rios Solimões, Purus e Japurá e dos seus principais afluentes (igarapés e lagos), águas de poços e fontes encontrados entre as cidades de Manacapuru e Alvarães e Anamá e Piraruará, respectivamente;
- Analisar o comportamento da razão isotópica de ^{86}Sr e ^{87}Sr , bem como avaliar o seu uso como traçador hidrológico nas águas estudadas;
- Correlacionar esses dados com os demais rios da região;
- Caracterização mineralógica e geoquímica dos sedimentos em suspensão dos rios Solimões, Purus e Japurá em alguns de seus afluentes.

6 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A região de estudo localiza-se no Estado do Amazonas e engloba os principais afluentes do rio Solimões entre as cidades de Manacapuru e Alvarães e no rio Purus entre Anamá e Pirarauara com posição geográfica limitada pelas latitudes 2° a 6° Sul e longitudes 66° a 59°16'48" Leste (Fig. 1)

O acesso aos locais de coleta só foi possível por via fluvial a partir de Manaus em barco de médio porte. Para o acesso aos rios, lagos e igarapés foi utilizado um pequeno bote de alumínio a motor.

A gênese da bacia do Solimões ainda é incerta, porém a hipótese mais recente admite a possibilidade de sua origem estar relacionada à subsidência regional, devido ao regime flexural progressivo de oeste para leste em decorrência de um rifteamento paralelo à borda oeste do continente Gondwana, no Ordoviciano (Campos *et al.* 1991; Eiras, 2000). A bacia homônima teria se formado na fase de subsidência termomecânica que sucedeu esse rifteamento, juntamente com outras depressões interiores e bacias marginais. Devido não ser encontrado registro de sedimentação Juro - Triássica na bacia do Solimões, pois nestes períodos atuaram processos erosivos causados pelo soerguimento resultante da orogenia tardiherciniana (magmatismo Penecatecua) e intrusões de extensas soleiras de diabásio (Eiras *et al.* 1994). Logo, portanto, o substrato Proterozóico sobre o qual se implantou a bacia do Solimões é parte de um núcleo mais antigo, denominado província Amazônica Central (Eiras *et al.* 2000).

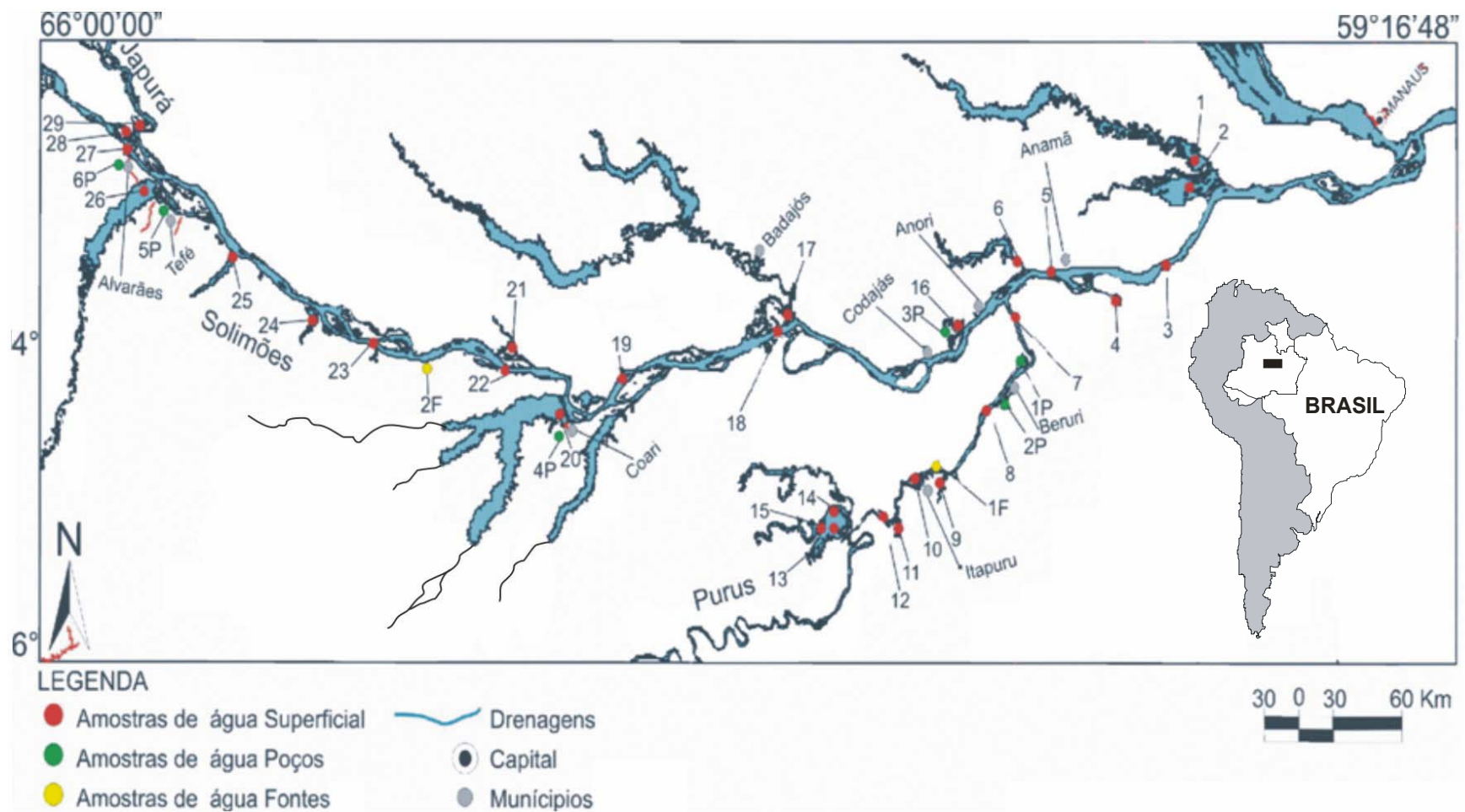


Figura 1- Mapa de localização das amostras coletadas

6.1 Geologia local

A área estudada envolve as Formações Solimões e Içá, além dos depósitos quaternário das planícies de inundação dos rios da região.

6.1.1 Formação Solimões

A Formação Solimões esta dividida em duas unidades (inferior e superior) que são discordantes sobre os depósitos da Formação Alter do Chão e subjazem com discordância erosiva à Formação Içá (Maia *et al.* 1977). A extensão desta formação ainda é discutida, porém o limite proposto se estende até a região do alto rio Purus. A unidade inferior consiste de argilitos de cor cinza claro, cinza, cinza esverdeado e linhitos intercalados em camadas de até 2 m de espessura. A face arenosa na parte superior da seção é constituída por arenito fino a médio, amarelo avermelhados e siltitos, localmente com conglomerados intraformacionais avermelhados, separados entre si, por uma superfície erosiva a transicional, a qual é claramente observada ao longo dos afloramentos no rios Solimões e Purus (Caputo, 1984; Nogueira *et al.* 2003). Este último autor descreve a presença de estratificação inclinada heterolítica nos depósitos próximos ao município de Coari/AM que são característicos de ambiente estuarino e que comprovam o último evento transgressivo no Mioceno Médio (Gingras *et al.* 2002). Os estudos palinológicos realizados por Daemon & Contreiras (1971) sugerem idade Paleoceno-Pleistoceno, porém ostracodes encontrados nas camadas de linhito indicam idade Mioceno a Plioceno Superior, enquanto que a parte superior da unidade tem idade Pleistoceno a Holoceno (Caputo 1984). Outros autores (Hoorn, 1994; Arai *et al.* 2003) com base nos mesmos estudos posicionam-na no Mioceno, enquanto que Silveira (2005) a coloca no Mioceno Superior.

6.1.2 Formação Içá

Almeida (1975) denominou de Formação Içá os sedimentos sotopostos discordantes da Formação Solimões que ocorrem na porção oeste da bacia do Solimões e Acre em conveniência da denominação Sanozama. Posteriormente, para que não houvesse equívocos, Maia *et al.* (1977) sugeriu agrupar a seqüência pelítica na Formação Solimões a cobertura arenosa representada por arenitos silto-argilosos de cor amarelo avermelhados, conglomeráticos, depositados em ambiente fluvial na Formação Içá.

Segundo Maia *et al.* (1977), a Formação Içá apresenta regionalmente uma seqüência psamítica, intercalados com pelitos e conglomerados, cujo contraste textural em imagem de radar permite delinear seu contato com a Formação Solimões.

Levantamentos do Projeto Carvão no Alto Solimões executado pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral em parceria com o CPRM – Serviço Geológico do Brasil (Maia *et al.* 1977), indicam que os afloramentos da Formação Içá estão expostos ao longo do rio homônimo até sua foz no rio Solimões, a qual, pelo conteúdo fóssilífero, data do Cretáceo (Daemon & Contreiras, 1971). No entanto, Silveira (2005) com base em análises palinológicas, identificou o pólen *Alnus*, o qual aparece durante o Pleistoceno e permite atribuir essa idade a referida formação.

6.1.3 Depósitos Quaternários

Os sedimentos quaternários que afloram na região podem ser, genericamente, divididos em quaternário antigo e recente, representado respectivamente pela planície de inundação e ilhas/barras. Franzinelli & Potter (1989), ao estudarem as areais recentes dos rios da Bacia Amazônica mostraram que os sedimentos apresentam alta

heterogeneidade, maturidade textural e mineralógica entre a nascente do rio Solimões nos Andes (Peru) e a foz do rio Amazonas (Pará). Segundo estes autores os depósitos sedimentares recentes da calha do rio Solimões-Amazonas são compostos por quartzo, K-feldspato, plagioclásio, mica, hematita, fragmentos de rochas sedimentares (siltitos e arenitos), metamórficas (xistos) e vulcânicas, além de raros fragmentos de rochas carbonáticas.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 Amostragens

A amostragens de águas e sedimentos foi realizada entre os dias 2 e 12 de novembro de 2004 no fim do período de estiagem, quando o rio atinge seu nível mais baixo.

Foram coletados 64 amostras (29 de água e 27 de sedimentos em suspensão e 8 de poços e fontes) ao longo dos rios Solimões e Purus e alguns de seus afluentes e no rio Japurá (Tab. 2). As amostras foram retiradas de jusante para montante com aproximadamente 15 centímetros de profundidade e coletadas em garrafas de polietileno de 1 L e 4,5 L previamente desmineralizadas com solução de ácido nítrico (HNO_3) a 25% (v/v), lavadas com água deionizada e seca. Durante a amostragem os recipientes foram lavados três vezes com a própria amostra.

As amostras de 1 L e 4,5 L seguiram duas abordagens distintas. Na primeira abordagem, na amostras de 1 L foram efetuadas medições de temperatura, pH, condutividade elétrica, cloreto e alcalinidade, posteriormente foram filtradas com auxílio de uma bomba de vácuo do tipo A-45 plus aspirador de marca Olidef CZ em filtro de membrana de celulose de 0,45 μm . Os primeiros 10 mL foram descartados, para diminuir a malha do filtro, no qual foram filtradas e acidificadas. Dessa mesma amostra filtrada, usou-se 400mL para digestão com HNO_3 de qualidade analítica e destilada reduzida para 100 mL para determinação de metais, análise isotópica de Sr, sílica, sulfato, fosfato e alcalinidade. Na segunda abordagem, com as amostras de 4,5 L, foram acrescentados 1 mL de sulfato de alumínio 10% (m/v) em cada amostra com o objetivo de provocar a precipitação do sedimento em suspensão. Esse precipitado das

amostras foi submetido a análises químicas e identificação mineralógica, segundo o fluxograma mostrado na figura 2.

Tabela 2 - Pontos de coletas, classificação das águas e coordenadas*

Pontos	Local da coleta		Coordenadas Geográficas	
			Latitude	Longitude
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	3°12'39	60°44'40
2	ig. Cabaliana		3°18'7	60°45'8
6	ig. Anamã		3°33'41	61°24'55
16	ig. Anori		3°56'9	61°38'3
17	ig. Badajós		3°43'28	62°17'39
20	Ig. Coari		4°3'47	63°9'42
21	Ig. Copeá		3°50'47	63°20'33
23	ig. Ipixuna		3°50'55	63°52'34
24	Ig. Catuá		3°45'18	64°7'00
25	ig. Caiambé		3°32'26	64°25'33
26	ig. Tefé		3°21'22	64°45'56
27	ig. Alvarães		3°12'7	64°50'13
9	Ig. Matias		4°16'25	61°42'44
10	Ig. Itapuru		4°16'30	61°49'12
11	ig. Água Fria	A. Purus	4°26'40	61°53'51
12	ig. Paricatuba		4°25'11	61°55'12
13	Lago Aiapuá I		4°26'41	62°7'55
14	Lago Aiapuá II		4°23'40	62°6'53
15	Lago Aiapuá III		4°25'57	62°11'52
3	rio Solimões I		3°32'39	60°50'8
5	rio Solimões II	AGUAS BRANCAS	3°35'28	61°18'31
18	rio Solimões III		3°47'12	62°19'33
19	rio Solimões IV		3°55'13	62°54'42
22	rio Solimões V		3°51'26	63°31'5
28	rio Solimões VI		3°9'22	64°50'5
7	Rio Purus I		3°44'15	61°27'48
8	Rio Purus II	AGUAS BRANCAS	4°2'31	61°31'56
29	Rio Japurá		3°7'49	64°46'43
4	furo Parati Gd.		3°41'17	61°3'43
1P	Beruri	POÇO	3°54'36	61° 21'36
2P	Itapuru		4°02'24	61° 29'24
3P	Codajás		3°49'12	62° 00'36
4P	Coari		3°07'12	63° 09'36
5P	Tefé		3°23'24	64° 41'24
6P	Alvarães		3°13'48	64° 52'12
1F	Itapuru	F.	4°14'17	61°44'10
2F	Solimões		3°52'39	63°39'16

Ig.: igarapé; **A. Purus**: Afluentes do rio Purus; **F.**: Fonte.

* As amostras estão relacionadas no sentido de jusante para montante do rio Solimões.

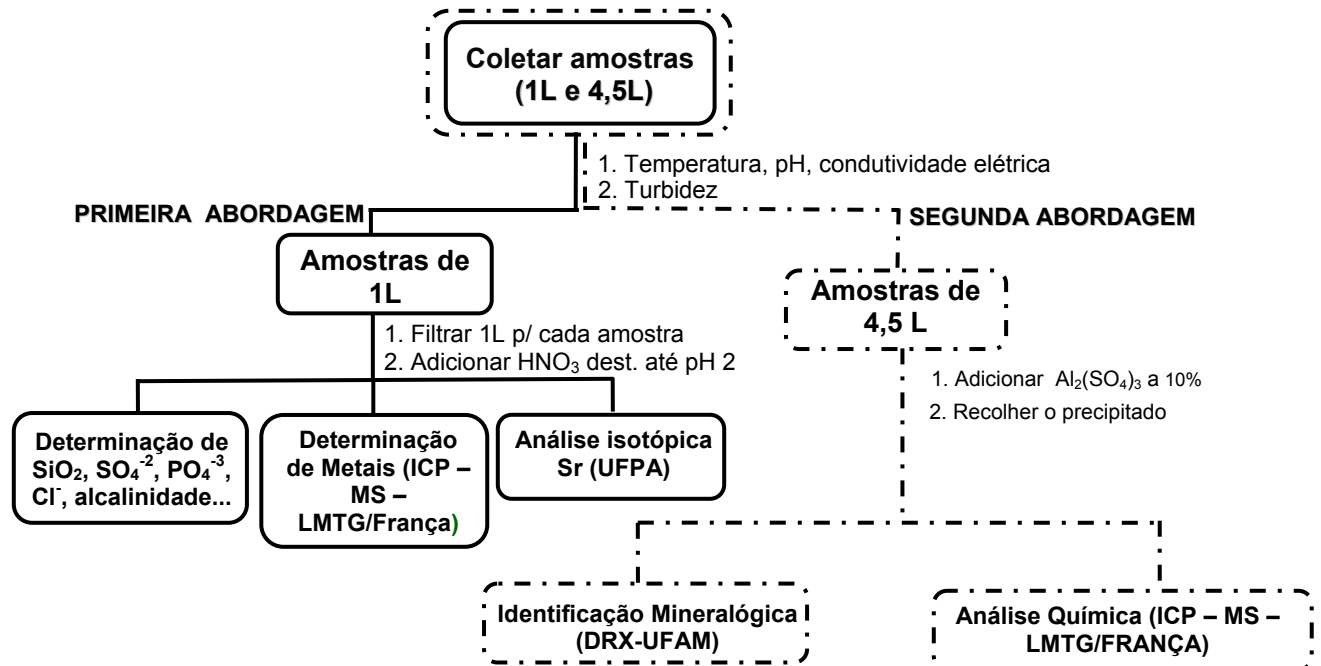


Figura 2 - Esquema adotados para análises físicas e químicas das amostras

7.2 Procedimentos Laboratoriais de Análises

Foram medidas no campo as temperaturas, pH, condutividade elétrica, alcalinidade total e cloreto, enquanto que no Laboratório de Geoquímica da UFAM mediu-se o potencial redox (Eh), turbidez, fosfato (PO₄³⁻) e o sulfato (SO₄²⁻) das águas naturais. A mineralogia do sedimento em suspensão foi investigado no Laboratório de Difração de Raios-X da Universidade Federal do Amazonas. A sílica (SiO₂), os elementos em água (Li, B, Mg, Al, Si, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ge, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pb, U, K e Na) e sedimentos em suspensão (Ca, Sc, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, Sn, Cs, Ba, ETR, Hf, Ta, Pb, Tl, Bi, Th, e U) no Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie (LMTG) –

Université Paul Sabatier – Toulouse – França. Os isótopos de estrôncio das águas dos rios, igarapés e lagos foram verificados no Laboratório de Geologia Isotópica do Centro de Geociências da UFPA – Pará-Iso.

As amostras de água foram analisadas obedecendo aos padrões sugeridos nos manuais técnicos: *Methods for physical and Chemical Analysis of Fresh Waters* (Golterman *et al.* 1978) e *Standard Methods for the Examination of Wastewater* (Apha, Awwa, Wpcf, 1985).

Os parâmetros, métodos analíticos e equipamentos utilizados para a análise dos constituintes dissolvidos encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros, métodos e equipamentos utilizados neste trabalho

Parâmetros / Constituintes	Métodos	Equipamentos / Marca
pH	Potenciométrico	HANDYLAB 1 – Schott
Temperatura (°C)	Termômetro de Hg	HANDYLAB 1 – Schott
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Condutimétrico	LF 37 – Leitfähigkeit
Alcalinidade Total (mg L^{-1})	Titulométrico	-----
Turbidez (UNT)	Turbidimétrico	AP 1000 II – Polilab
Na^+ (mg L^{-1})	Espectrométrico	INTRALAB AA-1475
K^+ (mg L^{-1})	Espectrométrico	INTRALAB AA-1475
Cl^- (mg L^{-1})	Titulométrico	-----
PO_4^{3-} (mg L^{-1})	Fotométrico	B 382 – Micronal
SO_4^{2-} (mg L^{-1})	Fotométrico	B 382 – Micronal
SiO_2 (mg L^{-1})	Espectrométrico (ICP-MS)	PERKIN ELMER ELAN-600
Elementos (1) e (2)	Espectrométrico (ICP-MS)	PERKIN ELMER ELAN-600
Mineralogia do Sedimento	Difratométrico	XRD 6000 - Shimadzu
Isótopos de Sr	Espectrometria de massa	FINNIGAN MAT 262

(1) **Elementos das Águas:** Li, B, Mg, Al, Si, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Ge, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pb, e U.

(2) **Elementos dos Sedimentos:** Ca, Sc, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cd, Sn, Cs, Ba, ETR, Hf, Ta, Pb, Tl, Bi, Th, e U.

7.3 *Análise de Isótopos de Sr*

Da amostra filtrada foram separados 50 mL. Estas foram evaporadas completamente na chapa de grafite em temperatura em torno de 100 °C em béqueres de teflon. Em seguida foram solubilizadas com 1 mL de HNO₃ bidestilado a 3,5 N para posterior separação cromatográfica do Sr em coluna de teflon utilizando resina específica de Sr, fabricada pela indústria Eichrom tem nome comercial Sr. Spec.

7.3.1 *Preparação da Coluna de Cromatográfica*

Adicionou-se 300 µL da resina Sr.spec nas colunas. O objetivo do uso da resina é separar o Sr sem interferências de metais, como cálcio, alumínio e ferro, mesmo que esses metais estejam presentes em quantidades que excedam a capacidade da coluna. Essa propriedade faz com que a Sr.spec seja ideal para a separação de Sr envolvendo amostras ambientais. Efetuou-se a limpeza da resina com duas lavagens consecutivas de 500 µL de água ultra pura, tendo o cuidado de esperar descer toda a água para a segunda lavagem. Após a descida da água, condicionou-se a resina com 500 µL de HNO₃ bidestilado a 3,5 N.

7.3.2 *Separação Cromatográfica do Sr*

Antes de iniciar a separação, todas as amostras foram solubilizadas com 1 mL de HNO₃. Adicionou-se 500 µL da amostra e enxaguou a coluna quatro vezes consecutiva com 300 µL de HNO₃ bidestilado a 3,5 N. Esperou a descida total de cada parcela para fazer a introdução da seguinte e após a última lavagem retirou-se o recipiente que coleta os líquidos que passaram pela coluna, os quais serão descartados e trocados por béqueres de teflon para a coleta da porção enriquecida de Sr.

Iniciou-se a eluição do Sr introduzindo duas vezes 500 μL de água ultra pura para a coleta da solução concentrada de Sr e adicionou-se 10 μL de ácido ortofósforico (H_3PO_4) a 0,1 M. Descartou-se a resina e lavou-se a coluna com água ultra pura. Colocou-se os béqueres na chapa aquecedora a 100 $^\circ\text{C}$ até secura. Encaminhou-se os béqueres da chapa aquecedora para análise espectrométrica (Tab. 2).

7.4 Difratometria de Raios-X

A determinação de minerais do sedimento em suspensão via difração de raio-X foi realizado no Laboratório de Difratometria de Geociência da Universidade Federal do Amazonas, utilizou-se o difratômetro modelo XRD-6000-Shmadzu do tipo θ - 2θ , com tubo de cobre ($\text{CuK}\alpha_1$ - 1,5405 Å). A interpretação dos difratogramas é feita com o auxílio do software da Shimadzu e ICCDD-PDF. As condições instrumentais aplicadas nas análises das amostras foram: Voltagem: 40,0 (Kv), amperagem: 30 (mA), fendas usadas: 1,0 – 1,0 – 0,15, scan range: 3 $^\circ$ a 60 $^\circ$ ($^\circ 2\theta$), passo: 0,2 $^\circ 2\theta$, velocidade: 2 $^\circ 2\theta/\text{min}$.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 PARÂMETROS FÍSICOS

8.1.1 *Temperatura, pH, Condutividade elétrica, Turbidez*

A temperatura na área de estudo mostra que as águas pretas dos afluentes dos rios Solimões e Purus variam, respectivamente de 28,2 °C (igarapé Alvarães) a 33,3 °C (igarapé Cabaliana) e 29,3 °C (lago Aiapuá I) a 34,5 °C (lago Aiapuá II) (Tab. 4). Os rios e igarapés de água branca variam de 28,9 °C (rio Solimões V) a 33,5 °C (rio Purus II). Essas características indicam que não há variação significativa na temperatura segundo os tipos de água e a localização. As amostras com temperaturas acima de 30 °C correspondem àquelas coletadas após as 10 horas, horário de maior incidência dos raios solares, o que indica influência direta do período do dia de coleta na temperatura.

As águas pretas dos afluentes dos rios Solimões apresentaram pH (5,9-7,2) menos ácido que os do Purus (5,3-6,7), enquanto as águas brancas dos rios Solimões, Purus, Japurá e furo Parati Grande têm menor variação e são ainda mais básicas (6,5-7,1) (Tab. 4 e Fig. 3) . Esses valores são compatíveis com os encontrados nas águas pretas e brancas por Forti *et al.* (1997), Gaillardet *et al.* (1997), Kùchler *et al.* (2000), entre outros na Amazônia.

Tabela 4 - Parâmetros físicos das águas analisadas

Pontos	Local da Coleta		Temp. (°C)	pH	C.E. (µS/cm)	Turb. (NTU)
1	Ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	30,7	6,1	12,8	9
2	ig. Cabaliana		33,3	7,2	56,8	4
6	ig. Anamá		30,8	6,9	86,4	8
16	ig. Anori		32,9	6,3	40,8	15
17	ig. Badajós		31,1	6,4	39,0	3
20	ig. Coari		29,6	6,5	21,8	4
21	ig. Copeá		29,5	6,4	61,3	12
23	ig. Ipixuna		31,9	6,2	26,0	10
24	ig. Catuá		31,0	6,7	22,7	7
25	ig. Caiambé		32,3	6,1	17,6	3,6
26	ig. Tefé		31,6	6,1	15,2	13
27	ig. Alvarães		28,2	5,9	23,4	6
	Média		31,07	---	35,31	7,88
9	ig. Matias		A. Purus	32,2	5,9	14,7
10	ig. Itapuru	32,3		6,7	40,5	10
11	ig. Água Fria	33,8		5,5	13,3	18
12	ig. Paricatuba	34,4		6,4	33,5	14
13	lago Aiapuá I	29,3		5,3	24,6	16
14	lago Aiapuá II	34,5		6,3	39,5	14
15	lago Aiapuá III	32,2		6,4	17,2	6
	Média	32,67	---	26,18	12,14	
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS	30,1	6,6	86,0	N.A.
5	rio Solimões II		29,3	7,0	92,8	14
18	rio Solimões III		29,8	6,8	94,0	11
19	rio Solimões IV		29,6	6,5	94,7	15
22	rio Solimões V		28,9	6,7	103,3	38
28	rio Solimões VI		29,2	6,7	122,4	24
	Média		29,48	---	98,86	20,4
7	rio Purus I	POÇO	30,9	6,7	51,7	8
8	rio Purus II		33,5	6,6	47,0	14
29	rio Japurá		29,7	6,5	80,5	15
4	furo Parati Gd.		31,2	7,1	108,0	5
	Média	31,32	---	71,80	10,50	
1P	Beruri	F.	N.A.	5,5	41,8	0,4
2P	Itapuru		N.A.	6,2	137,3	3,1
3P	Codajás		N.A.	5,9	90,8	0,5
4P	Coari		N.A.	5,0	32,5	0,9
5P	Tefé		N.A.	4,3	130,0	0,9
6P	Alvarães		N.A.	4,7	33,5	0,6
	Média	---	---	77,65	1,06	
1F	Beruri	F.	N.A.	6,5	58,1	0,5
2F	Itapuru		N.A.	6,1	24,7	0,4
	Média	---	---	41,10	0,45	

Temp.: Temperatura; **C.E.:** Condutividade elétrica; **Turb.:** Turbidez; **Gd.:** Grande; **N.A.:** Não Analisado.

As amostras poços e fontes (4,3-6,5) apresentaram maior acidez e tendem a assemelhar-se com as águas pretas estudadas. A maior acidez está nos poços Tefé e Alvarães mais a montante do rio Solimões.

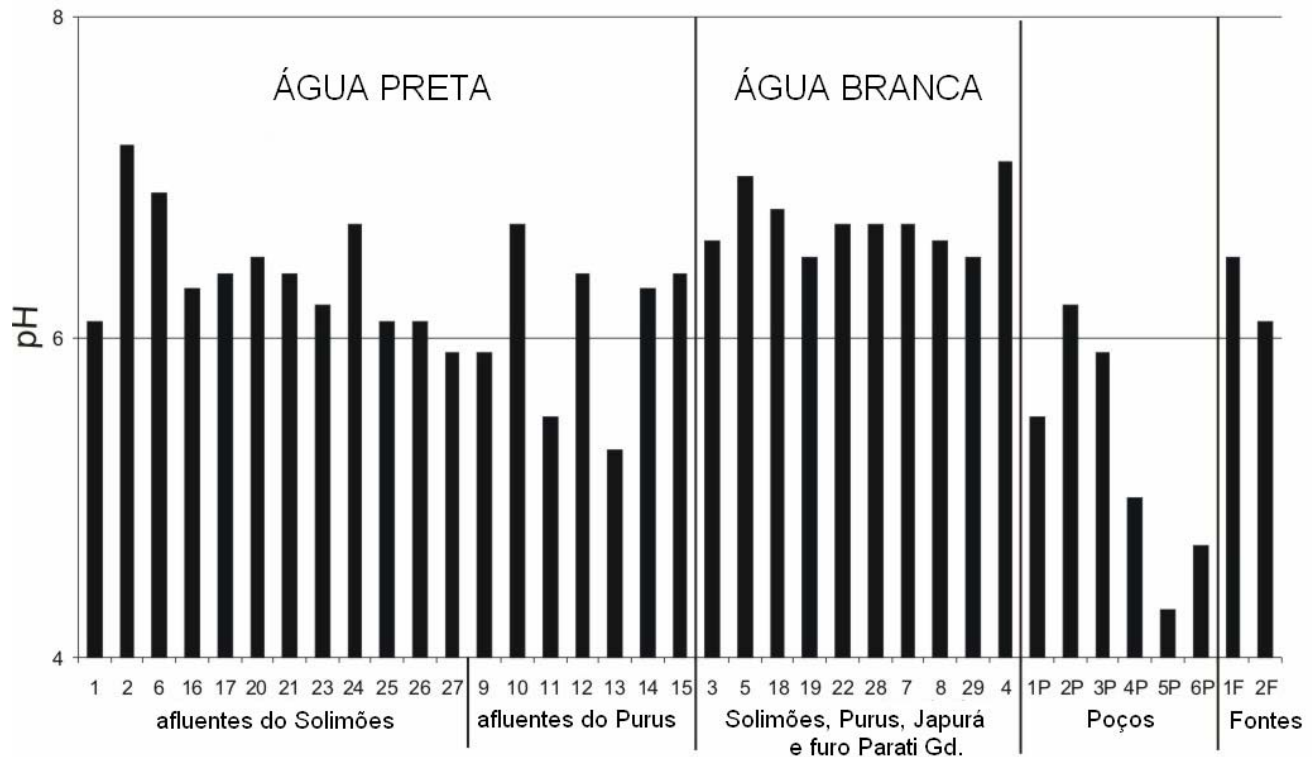


Figura 3 - Distribuição dos valores de pH nas águas estudadas

As águas brancas do rio Solimões destacam-se por terem à condutividade elétrica mais elevada ($98,86 \mu\text{S cm}^{-1}$), seguida pelos rios Purus, Japurá e furo Parati Grande ($71,80 \mu\text{S cm}^{-1}$) e as águas pretas dos afluentes dos rios Solimões ($35,31 \mu\text{S cm}^{-1}$) e as menos condutivas são os afluentes do Purus ($26,18 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Tab. 4 e Fig. 4). Esses valores estão dentro da margem de variação da águas brancas e pretas encontrados por Santos & Ribeiro (1988) e Lopes (1992).

Nos poços e fontes a condutividade elétrica apresentou-se acentuada ($24,7$ - $137,3 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Tab. 4 e Fig. 4). Essas águas são as que possuem maior quantidade de íons dissolvidos, devido ao contato direto com as rochas, como será visto adiante.

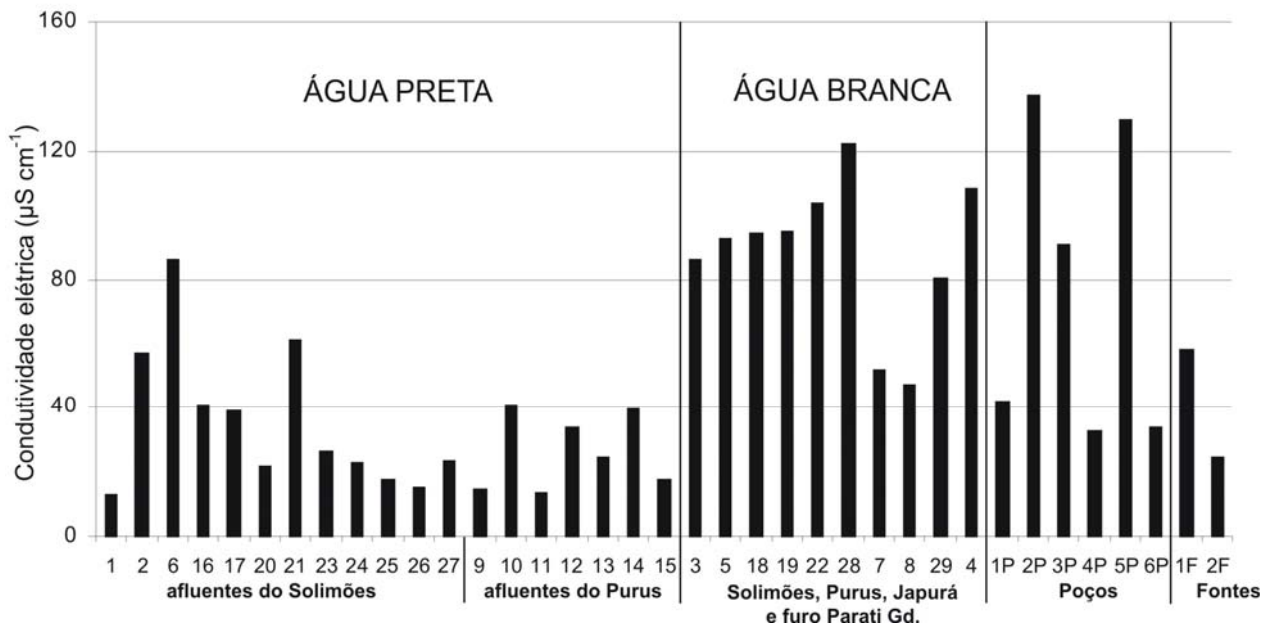


Figura 4 - Condutividade elétrica das amostras de água

As águas superficiais analisadas evidenciaram menor turbidez para as pretas das drenagens do rio Solimões (7,88 NTU) seguidas dos afluentes do rio Purus (12,14 NTU). As águas brancas do Solimões (20,4 NTU) são as mais turvas, seguidos dos rios Purus, Japurá e furo Parati Grande (10,50 NTU) (Tab. 4 e Fig. 5). Os poços e fontes (0,75 NTU) são menos turvas, em média são três a nove vezes menos turvas que as águas superficiais avaliadas neste estudo. A redução da turbidez para os poços e fontes deve-se a capacidade de filtração das rochas percoladas que retém o material em suspensão, enquanto, os rios têm maior contribuição dos sedimentos carregados por erosão para as bacias.

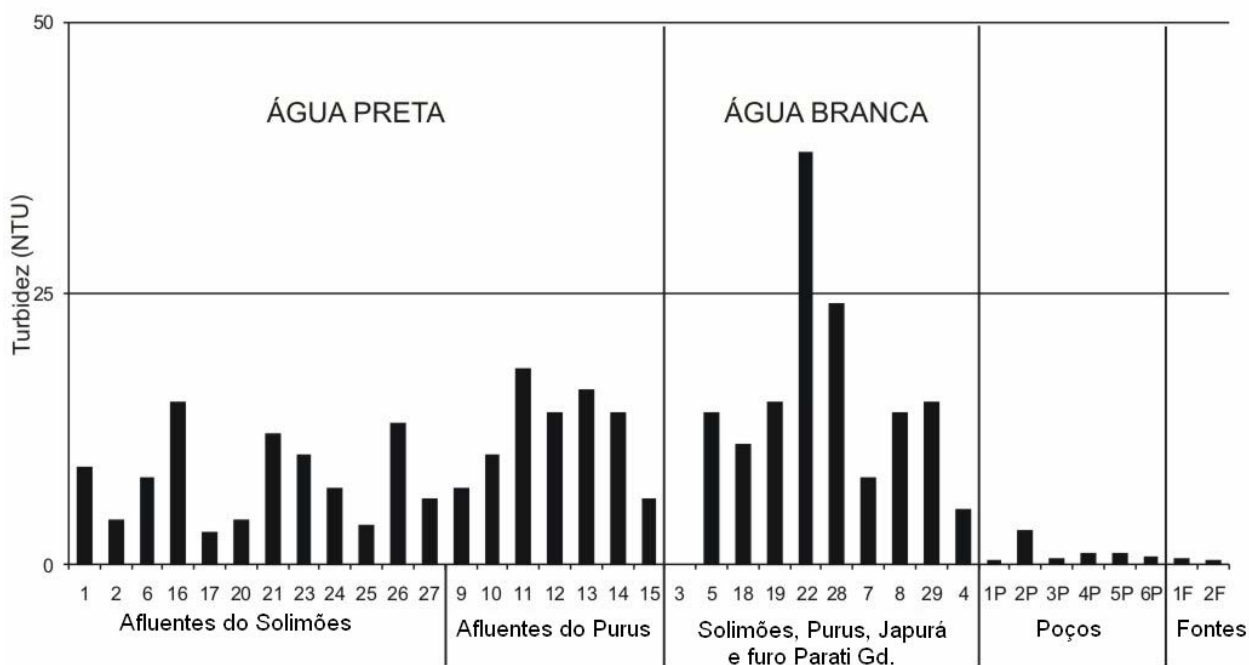


Figura 5 - Turbidez das amostras de água

8.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

8.2.1 Cálcio, Potássio, Sódio e Magnésio

Em relação aos cátions, o Ca^{2+} é o íon mais abundante seguido do Na^+ nas águas brancas, onde representa 63,9% da carga total de cátions. Devem-se destacar, ainda, as águas brancas dos rios Purus e Japurá que apresentam maior similaridade entre K^+ e Na^+ e o furo Parati Grande que se comporta quimicamente semelhante ao rio Solimões por ser um furo deste (Tab. 5 e Fig. 6).

Na maioria das águas pretas Ca^{2+} e Na^+ se alternam como os mais abundantes, perfazem 41,9% dos cátions e são seguidos do K^+ e Mg^{2+} . Contudo há exceções, nos igarapés Catuá, Alvarães e Água Fria, o K^+ é o mais abundante seguido do Na^+ . No Tefé, o Na^+ e K^+ são semelhantes. Enquanto no igarapé Ipixuna e Coari, o Na^+ é maior que o K^+ . No igarapé Paricatuba, o K^+ predomina e é seguido de Na^+ e Ca^{2+} .

Tabela 5 - Parâmetros químicos dos elementos em mg L⁻¹

Pontos	Local da Coleta		Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Σ ⁺	
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	0,50	0,76	0,39	0,13	1,78	
2	ig. Cabaliana		Afluentes do rio Solimões	6,32	1,84	0,98	1,31	10,45
6	ig. Anamá			8,99	2,79	0,96	1,34	14,08
16	ig. Anori			3,97	1,76	0,92	0,64	7,29
17	ig. Badajós			1,94	2,00	0,84	0,52	5,30
20	ig. Coari			0,63	1,46	1,30	0,27	3,66
21	ig. Copeá			5,56	1,84	0,88	0,85	9,13
23	ig. Ipixuna			0,69	1,69	1,44	0,33	4,15
24	ig. Catuá			0,81	1,38	1,61	0,38	4,18
25	ig. Caiambé			7,21	1,15	1,30	0,27	9,93
26	ig. Tefé			0,57	1,00	1,07	0,14	2,78
27	ig. Alvarães			0,94	1,46	1,78	0,28	4,46
	Média			3,17	1,59	1,12	0,53	6,41
9	ig. Matias			A. Purus	0,32	0,5	0,46	0,11
10	ig. Itapuru	N.A.			1,69	0,92	N.A.	2,61
11	ig. Paricatuba	0,47	0,57		0,84	0,1	1,98	
12	ig. Água Fria	2,46	1,07		1,05	0,56	5,14	
13	lago Aiapuí III	1	1,69		0,96	0,28	3,93	
14	lago Aiapuí II	1,13	2,62		1,23	0,38	5,36	
15	lago Aiapuí I	0,33	1,23		0,78	0,12	2,46	
	Média	0,95	1,33	0,89	0,25	3,26		
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS	8,24	2,71	1,01	1,25	13,21	
5	rio Solimões II		9,00	2,79	0,65	1,33	13,77	
18	rio Solimões III		9,50	2,96	1,05	1,21	14,72	
19	rio Solimões IV		9,86	2,96	1,05	1,20	15,07	
22	rio Solimões V		11,90	3,22	1,28	1,52	17,92	
28	rio Solimões VI		13,62	3,30	1,25	1,70	19,87	
	Média		10,35	2,99	1,04	1,36	15,76	
7	rio Purus I	AGUAS BRANCAS	4,29	1,76	1,28	1,10	8,43	
8	rio Purus II		4,28	1,61	1,51	0,87	8,27	
29	rio Japurá		8,11	1,00	0,88	1,08	11,07	
4	furo Parati Grande		10,44	3,05	0,93	1,95	16,37	
	Média		6,78	1,85	1,15	1,25	11,03	
1P	Beruri	POÇO	0,72	1,38	2,50	0,71	5,31	
2P	Itapuru		9,33	4,49	4,16	3,51	21,49	
3P	Codajás		4,76	3,81	2,91	1,56	13,04	
4P	Coari		0,35	1,30	1,66	0,93	4,24	
5P	Tefé		0,51	9,36	0,60	0,27	10,74	
6P	Alvarães		0,46	1,69	1,00	0,25	3,40	
	Média	2,68	3,67	2,13	1,20	9,70		
1F	Itapuru	F.	8,10	2,96	0,20	2,53	13,79	
2F	Solimões		2,00	0,26	1,66	0,34	4,26	
	Média		5,05	1,61	0,93	1,43	9,02	

N.A.: Não Analisado.

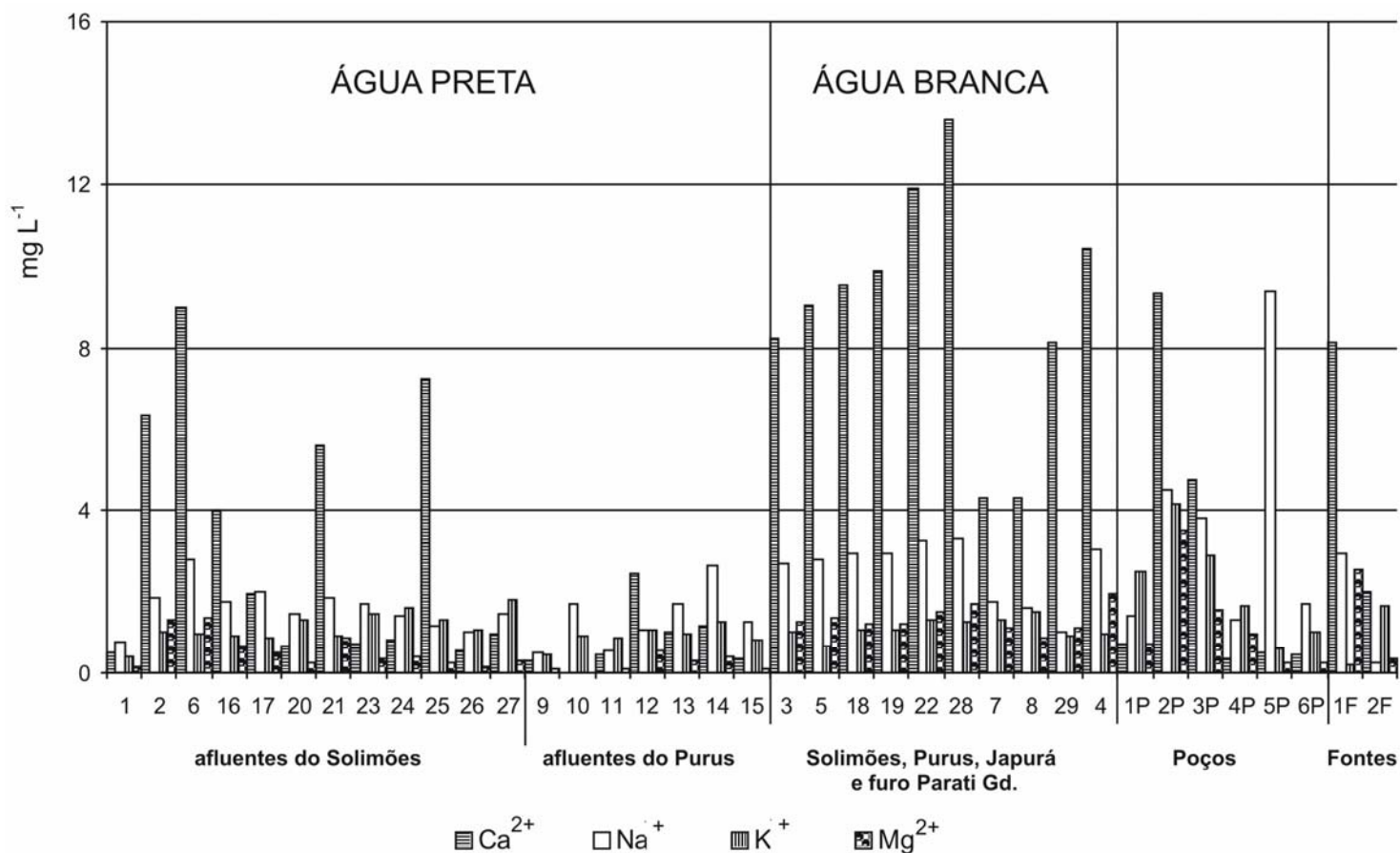


Figura 6 - Distribuição dos cátions; Ca²⁺, Na⁺, K⁺ e Mg²⁺ nas águas estudadas

Nos poços, constatou-se que o Ca²⁺ é mais elevado no Itapuru (9,33 mg L⁻¹) e Codajás (4,76 mg L⁻¹), enquanto o Na⁺ predomina em Tefé (9,36 mg L⁻¹) e Alvarães (1,69 mg L⁻¹) e Mg²⁺ no Beruri e Coari. Nos poços predomina a Ca²⁺ seguido de Na²⁺ e Mg²⁺, no de Itapuru e de K⁺ no Solimões (Tab. 5). Os teores de cátions observados nas águas de poços e fontes, em geral são mais elevados que as médias obtidas nas águas fluviais, por estarem em contato direto com as rochas.

A somatória dos cátions é maior nas águas brancas (13,85 mg L⁻¹) e se assemelha mais às águas dos poços e fontes, apesar de haver variações acentuadas

nestas últimas (Tab. 5). Nos igarapés de água preta, a somatória é um pouco maior nos afluentes do Solimões que nos do Purus.

8.2.2 Bicarbonato, Sulfato, Sílica, Fosfato e Cloreto

Na maioria das águas superficiais, o HCO_3^- é o ânion mais abundante exceto nos afluentes do Purus onde predomina o SO_4^{2-} e o HCO_3^- está abaixo do limite de detecção ($< 0,02 \text{ mg L}^{-1}$) (Tab. 6 e Fig. 7). Nos afluentes do Solimões também há exceções, no igarapé Manacapuru predomina o SO_4^{2-} seguido do SiO_2 e no Caiambé e Tefé ocorre o inverso. No Coari e Catuá predomina o SiO_2 seguido de HCO_3^- e SO_4^{2-} . Os teores anômalos de HCO_3^- , SiO_2 , PO_4^{3-} no Itapuru, pode ser atribuída à contaminação antrópica, visto que as amostras foram coletadas próximo ao município de Itapuru.

Em relação ao SiO_2 , as águas pretas ($3,57\text{-}10,30 \text{ mg L}^{-1}$) têm em geral teores mais elevados que as brancas ($3,64\text{-}5,20 \text{ mg L}^{-1}$) e o conteúdo desses elementos é maior no Solimões ($4,07\text{-}4,46 \text{ mg L}^{-1}$) que as dos seus afluentes ($3,87\text{-}10,30 \text{ mg L}^{-1}$). Nestes últimos observa-se, inclusive, tendência de aumento de SiO_2 para os mais a montante. Nos poços e fonte somente o SiO_2 é mais elevado que as águas superficiais.

O conteúdo de PO_4^{3-} é similar nas águas estudadas, contudo há variação mais acentuada nas águas pretas do Solimões ($0,50\text{-}1,65 \text{ mg L}^{-1}$) onde é em média mais elevado (até $1,00 \text{ mg L}^{-1}$) que nas do Purus ($0,70 \text{ mg L}^{-1}$). As maiores concentrações de SiO_2 estão nas águas de poços e fontes ($4,50\text{-}19,63 \text{ mg L}^{-1}$) por estarem em contato direto com as rochas (Tab. 6 e Fig. 7). O PO_4^{3-} apesar dos valores mais altos estarem nos poços e na fonte de Itapuru ($2,62 - 2,34 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente), não indicam associação direta com as rochas.

Tabela 6 - Parâmetros químicos dos elementos em mg L⁻¹

Pontos	Local da Coleta		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	Σ ⁻
1	ig. Manacapuru	ÁGUAS PRETAS	< 0,02	5,31	4,02	0,71	0,20	10,24
2	ig. Cabaliana		< 0,02	5,00	5,87	0,50	0,40	26,93
6	ig. Anamá		25,19	5,42	4,31	0,70	0,80	36,42
16	ig. Anori		10,07	8,79	5,48	1,33	0,50	26,17
17	ig. Badajós		6,30	5,00	4,33	0,55	0,70	16,88
20	ig. Coari		5,07	3,72	7,79	0,51	0,40	17,49
21	ig. Copeá		12,60	6,38	3,87	1,12	0,20	24,17
23	ig. Ipixuna		3,50	5,00	10,30	0,65	0,20	19,65
24	ig. Catuá		5,11	5,09	8,83	1,65	0,60	21,28
25	ig. Caiambé		0,02	3,82	7,21	1,45	0,50	13
26	ig. Tefé		0,02	5,10	6,38	1,44	0,70	13,64
27	ig. Alvarães		26,40	3,29	9,64	1,39	0,50	41,22
	Média			9,12	5,16	6,50	1,00	0,47
9	ig. Matias	A.Purus	< 0,02	3,93	3,57	0,55	0,50	8,55
10	ig. Itapuru		< 0,02	5,85	N.A	0,83	0,70	7,38
11	ig. Água Fria		< 0,02	7,12	5,54	0,66	0,40	13,72
12	ig. Paricatuba		< 0,02	6,91	5,41	0,54	1,40	14,26
13	lago Aiapuá I		< 0,02	7,91	6,18	0,88	0,30	15,27
14	lago Aiapuá II		< 0,02	6,59	5,77	0,96	0,30	13,62
15	lago Aiapuá III		< 0,02	15,78	4,39	0,50	0,70	21,37
	Média		0,02	7,72	5,14	0,70	0,61	13,45
3	rio Solimões I	ÁGUAS BRANCAS	20,16	5,74	4,07	0,90	0,50	31,37
5	rio Solimões II		18,78	6,80	4,25	0,83	0,30	30,96
18	rio Solimões III		21,37	8,35	4,20	0,90	0,20	35,02
19	rio Solimões IV		23,97	7,02	4,46	0,84	1,00	37,29
22	rio Solimões V		28,90	6,27	4,44	1,08	0,80	41,49
28	rio Solimões VI		36,51	8,57	4,07	1,72	0,50	51,37
	Média		24,94	7,12	4,28	1,04	0,55	37,91
7	rio Purus I	ÁGUAS BRANCAS	12,65	7,69	4,83	0,30	0,40	25,87
8	rio Purus II		13,82	4,04	4,91	1,52	0,40	24,69
29	rio Japurá		20,22	5,21	3,64	1,54	0,40	31,01
4	furo Parati Gd.		37,71	5,85	5,20	0,54	0,50	49,8
	Média		21,10	5,69	4,65	0,97	0,42	32,84
1P	Beruri	POÇO	< 0,02	5,42	12,65	1,30	0,20	19,57
2P	Itapuru		93,25	7,23	19,63	2,62	0,10	122,83
3P	Codajás		12,60	4,68	16,62	0,96	0,70	35,56
4P	Coari		< 0,02	5,42	8,59	0,86	0,80	15,67
5P	Tefé		< 0,02	5,74	4,50	0,90	2,00	13,14
6P	Alvarães		< 0,02	5,00	7,75	0,94	0,50	14,19
	Média		14,47	6,69	11,62	1,26	0,71	36,82
1F	Itapuru	F.	< 0,02	9,67	13,38	2,34	0,10	25,49
2F	Solimões		< 0,02	4,89	7,20	1,46	0,20	13,75
	Média		0,02	7,28	10,29	1,90	0,15	19,62

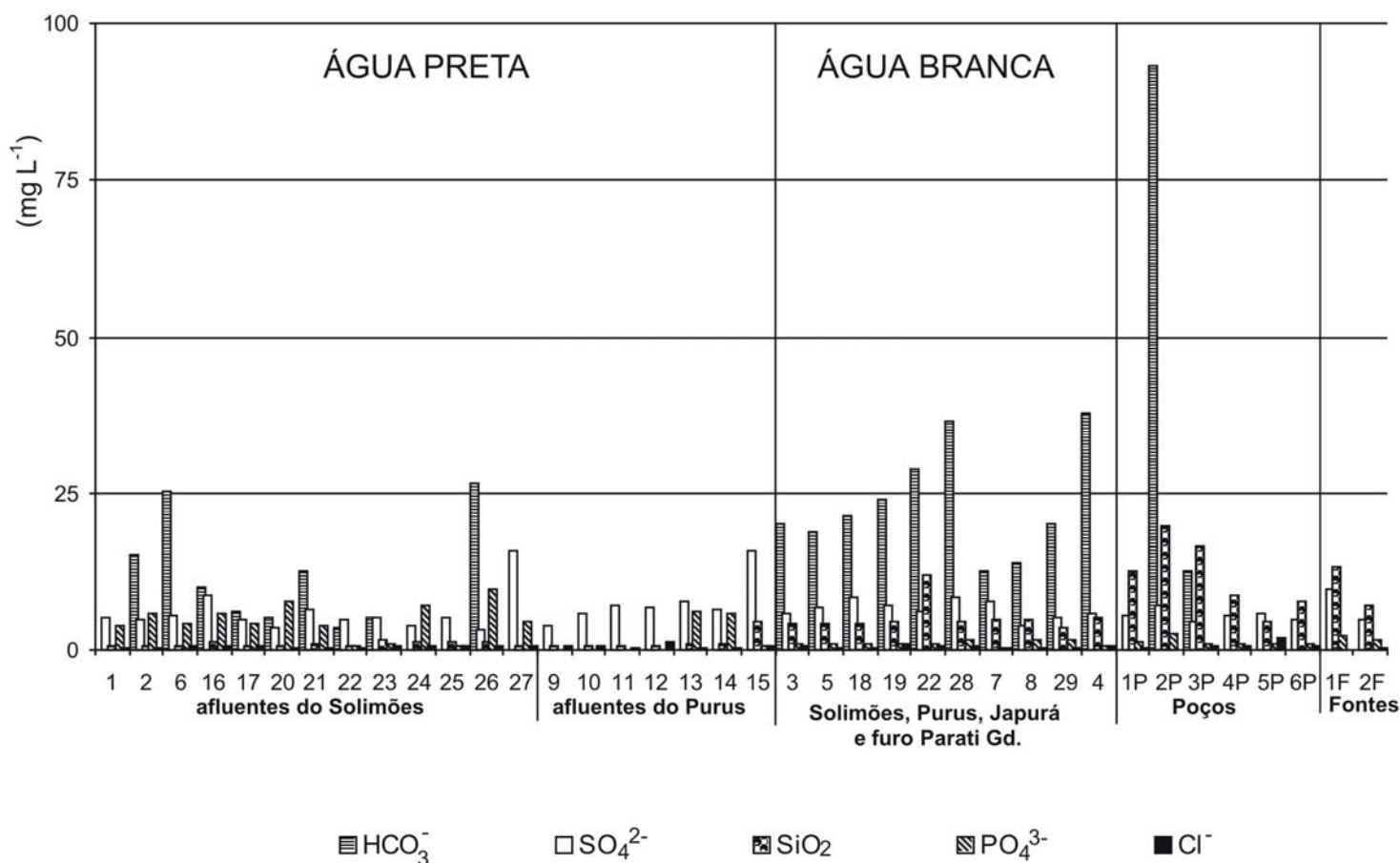


Figura 7 - Distribuição de ânions; HCO_3^- , SO_4^{2-} , SiO_2 , PO_4^{3-} e Cl^- nas águas estudadas

O Cl^- é o íon que apresentou a menor concentração dentre os ânions, sem variações entre águas pretas e brancas. A somatória dos ânions é maior nas águas brancas, enquanto os afluentes do Purus têm os menores e em ambos há tendência de aumento para montante (Tab. 6 e Fig. 7).

Na somatória da carga total dissolvida há predominância dos ânions sobre os cátions, especialmente nas águas brancas do rio Solimões, com somatória média de $37,91 \text{ mg L}^{-1}$. Essa diferença na carga química, que pode ser atribuída à falta de quantificação de NH_4^+ , DOC^- , HPO_4^{2-} , é natural nos rios de água clara e preta na Amazônia (Campos, 1994; Dupré *et al.* 1996; Silva *et al.* 1999 e Küchler *et al.* 2000).

A composição química das águas estudadas é similar a de Furch (1984), Gaillardet *et al.* (1997) e Külcher *et al.* (2000).

8.3 ELEMENTOS-TRAÇO

Dos elementos-traço analisados na fração dissolvida (Li, B, Al, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Cs, Ba, Pb, La, Ce e U), Fe, Al, Zn, Mn, Ba, Sr, Cu e B apresentaram teores mais elevados ($> 0,75 \mu\text{g L}^{-1}$), Li, Sc, V, Cr, Co, As, Se, Rb, Pb, Mo, Cd, Sb, Cs, La, Ce e U mais baixos $< 9,23 \mu\text{g L}^{-1}$ e somente o Ge ficou abaixo do limite de detecção ($< 0,03 \mu\text{g L}^{-1}$) (Tabs. 7 a 9).

Apesar das variações acentuadas, o Fe é o elemento mais abundante (entre 17,4 e 2061 $\mu\text{g L}^{-1}$) nas drenagens estudadas, seguido do Al (entre 7,0 e 861 $\mu\text{g L}^{-1}$) (Tab. 7).

Ambos representam pelo menos 68,12% das cargas dos elementos traço nas águas brancas e 81,68% nas águas pretas, contudo somente o Al, mais elevado no Solimões, permite diferenciá-la das demais drenagens analisadas. Nos poços e fontes os teores desses elementos são mais baixos, exceto no poço do Beruri onde o Fe atinge valor anômalo de 2061 $\mu\text{g L}^{-1}$ e na fonte de Itapuru o Fe alcança 1900 $\mu\text{g L}^{-1}$ e Al 861 $\mu\text{g L}^{-1}$. Os teores de Fe e Al encontrados neste estudo estão na mesma unidade de grandeza que os de Gaillardet *et al.* 1997; Elbaz-Poulichet *et al.* 1998 e Mortati & Probst 2003.

Dentre os afluentes de águas pretas, apesar das variações acentuadas Zn, Ba e Sr predominam em geral nos do rio Solimões, enquanto o Mn nos do Purus. Nas águas brancas a distribuição desses elementos é bem mais homogênea e Mn, Ba e Sr tendem a ser mais elevados que nas pretas, enquanto o Zn tem teores similares (Tab. 7).

Tabela 7 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em $\mu\text{g L}^{-1}$

Pontos	Local da Coleta		Fe	Al	Zn	Mn	Ba	Sr
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	84	58	49	7	4	6
2	ig. Cabaliana		408	N.A.	180	34	34	33
6	ig. Anamã		216	99	43	37	53	35
16	ig. Anori		356	82	27	45	24	29
17	ig. Badajós		189	27	11	24	19	17
20	ig. Coari		238	51	15	7	9	12
21	ig. Copeá		677	188	39	64	32	32
23	ig. Ipixuna		917	71	27	11	12	20
24	ig. Catuá		860	63	22	16	12	22
25	ig. Caiambé		293	52	29	9	9	18
26	ig. Tefé		134	52	27	14	5	12
27	ig. Alvarães		386	84	23	12	14	25
	Média		396	75	41	23	19	22
9	ig. Matias		A. Purus	108	51	32	12	2
10	ig. Itapuru	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
11	ig. Água Fria	667		128	25	15	2	10
12	ig. Paricatuba	532		96	25	64	15	30
13	Lago Aiapuá I	474		N.A.	29	43	8	18
14	Lago Aiapuá II	367		71	22	28	15	17
15	Lago Aiapuá III	429		N.A.	19	26	4	9
	Média	429	87	25	31	8	15	
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS	265	98	30	43	37	50
5	rio Solimões II		195	121	26	30	37	55
18	rio Solimões III		592	170	22	56	40	55
19	rio Solimões IV		547	156	25	74	45	57
22	rio Solimões V		758	258	43	98	55	69
28	rio Solimões VI		359	136	21	48	51	78
	Média		453	157	28	58	44	61
7	rio Purus I	AGUAS BRANCAS	53	26	32	14	35	27
8	Rio Purus II		152	54	29	24	34	24
29	rio Japurá		263	77	12	52	34	50
4	Furo Parati Gd		32	18	22	N.A.	38	66
	Média		125	43,75	24	30	35	42
1P	Beruri	POÇO	2061	21	25,35	N.A.	77,05	11,65
2P	Itapuru		N.A.	19	460	N.A.	143	152
3P	Codajás		239	7	50	62	138	116
4P	Coari		11,8	9	22	12	51	11
5P	Tefé		17,4	74	15	17	36	7
6P	Alvarães		134	34	49	33	51	14
	Média	493	27	104	31	83	52	
1F	Itapuru	F.	1900	861	68	153	118	66
2F	Solimões		172	13	11	172	29	12
	Média		1036	437	40	163	74	39

N.A.: Não Analisado.

Tabela 8 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em $\mu\text{g L}^{-1}$

Ptos	Local da Coleta		Cu	Li	B	Sc	V	Cr	Co	Ce	La	U
1	ig. Manacapuru	ÁGUAS PRETAS	2,14	0,50	2,60	1,30	0,57	0,31	0,11	0,31	0,19	0,02
2	ig. Cabaliana		12,73	0,79	4,91	1,94	1,82	1,3	0,27	1,3	2,28	0,11
6	ig. Anamá		3,17	1,07	6,77	1,41	1,84	0,54	0,24	0,54	0,30	0,08
16	ig. Anori		3,75	1,09	3,36	1,79	1,81	0,49	0,34	0,49	0,22	0,07
17	ig. Badajós		2,98	1,01	3,6	1,38	0,76	0,26	0,15	0,26	0,16	0,03
20	ig. Coari		1,02	1,46	3,23	2,4	0,6	0,49	0,13	0,49	0,25	0,02
21	ig. Copeá		6,44	0,83	4,63	1,28	1,95	1,46	0,57	1,46	0,63	0,11
23	ig. Ipixuna		1,37	2,09	3,55	3,46	1,07	1,03	0,21	1,03	0,47	0,02
24	ig. Catuá		0,87	1,98	2,63	2,88	0,61	0,88	0,17	0,88	0,41	0,02
25	ig. Caiambé		1,34	1,31	2,37	2,29	0,64	0,69	0,16	0,69	0,36	0,02
26	ig. Tefé		1,04	1,03	2,09	2,05	0,45	0,74	0,20	0,74	0,37	0,02
27	ig. Alvarães		2,3	1,32	3,93	3,00	0,91	0,77	0,40	0,77	0,68	0,02
	Média			3,26	1,20	3,63	2,09	1,08	1,55	0,24	0,74	0,52
9	ig. Matias	A. Purus	1,71	1,43	2,21	1,07	0,37	0,52	0,26	0,52	0,24	0,03
10	ig. Itapuru		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
11	ig. Água Fria		2,1	1,72	2,98	1,75	1,21	0,67	0,51	0,67	0,33	0,06
12	ig. Paricatuba		2,09	1,45	3,17	1,73	1,17	0,82	0,6	0,82	0,36	0,06
13	Lago Aiapuá I		3,1	1,48	5,15	1,84	1,23	0,59	0,52	0,59	0,28	0,03
14	Lago Aiapuá II		2,12	1,69	6,46	1,96	1,02	0,55	0,34	0,55	0,26	0,04
15	Lago Aiapuá III		1,66	1,25	3,30	1,43	0,83	0,27	0,4	0,27	0,14	0,02
	Média		2,13	1,50	3,87	1,63	0,97	1,58	0,43	0,57	0,26	0,04
3	Rio Solimões I	ÁGUAS BRANCAS	4	1,16	6,74	1,35	1,7	0,72	0,34	0,66	0,32	0,09
5	Rio Solimões II		3,92	1,07	9,51	1,31	1,68	0,65	0,29	0,58	0,28	0,09
18	Rio Solimões III		4,04	1,16	7,12	1,52	2,39	0,89	0,51	1,26	0,54	0,12
19	rio Solimões IV		5,12	1,37	7,24	1,51	2,38	1,6	0,15	1,26	0,86	0,14
22	Rio Solimões V		5,21	N.A.	8,23	1,76	2,97	1,37	0,82	2,01	0,86	0,17
28	rio Solimões VI		4,57	1,56	9,62	1,61	2,55	0,93	0,4	0,89	0,4	0,13
15			4,47	1,26	8,07	1,51	2,27	1,02	0,41	1,11	0,54	0,12
7	Rio Purus I	ÁGUAS BRANCAS	2,1	1,87	2,82	1,51	0,69	0,34	0,15	0,15	0,11	0,05
8	Rio Purus II		1,84	1,82	2,77	1,6	0,91	0,68	0,24	0,36	0,19	0,06
29	rio Japurá		2,64	0,91	5,41	1,22	1,43	0,93	0,23	0,69	0,31	0,08
4	ig. Parati Gd		1,9	1,21	6,18	1,68	0,67	1,19	0,19	0,07	0,05	0,04
	Média			2,12	1,45	4,29	1,5	0,92	0,78	0,2	0,31	0,16
1P	Beruri	POÇO	2,3	4,12	1,25	4,55	0,06	2,04	7,68	0,42	0,19	0,02
2P	Itapuru		10,65	4,07	16,22	6,61	0,13	2,49	0,67	0,1	0,06	0,01
3P	Codajás		9,34	2,64	1,58	4,78	0,94	2,57	0,44	0,04	0,07	0,01
4P	Coari		13,73	5,31	7,06	2,24	0,04	2,71	2,78	0,16	0,15	0,01
5P	Tefé		13,16	3,03	1,36	1,25	0,23	0,95	1,67	3,12	2,22	0,08
6P	Alvarães		44,42	1,28	5,1	2,08	0,14	2	2,41	1,24	0,55	0,03
	Média		15,6	3,4	5,42	3,58	0,25	2,12	2,6	0,84	0,54	0,02
1F	Itapuru	F.	29,24	4,66	13,55	3,9	8,41	2,16	6,08	6,08	2,45	0,38
2F	Solimões		1,21	1,15	1,03	1,82	0,11	2,19	0,3	0,3	0,15	0,01
	Média			15,22	2,90	7,29	2,86	4,26	2,17	3,19	3,19	1,3

Ge $\leq 0,03 \mu\text{g L}^{-1}$ exceto o ponto 2 dos poços com 0,11; N.A.: Não Analisado.

Tabela 9 - Composição dos elementos-traço das águas estudadas em $\mu\text{g L}^{-1}$

Pontos	Local da Coleta		As	Se	Rb	Mo	Cd	Sb	Cs	Pb	Σ
1	ig. Manacapuru	Afluentes do rio Solimões	0,23	0,14	1,34	0,06	0,07	0,03	0,01	0,23	2,11
2	ig. Cabaliana		1	0,22	2,67	1,12	0,16	0,5	0,03	1,32	7,02
6	ig. Anamá		1,03	0,44	1,85	0,04	0,07	0,27	0,02	0,53	4,25
16	ig. Anori		1,1	0,09	1,83	0,04	0,09	1,19	0,02	0,33	4,69
17	ig. Badajós		0,74	0,12	2,02	0,04	0,04	0,37	0,02	0,16	3,51
20	ig. Coari		0,24	N.A.	3,36	0,01	0,02	0,38	0,02	0,22	4,25
21	ig. Copeá		0,98	N.A.	2,14	0,09	0,08	0,28	0,04	0,63	4,24
23	ig. Ipixuna		0,34	0,12	4,22	0,05	0,03	0,65	0,03	0,25	5,69
24	ig. Catuá		0,28	0,04	4,51	0,02	0,02	0,22	0,03	0,18	5,3
25	ig. Caiambé		0,18	0,05	4,11	0,03	0,17	0,34	0,03	0,45	5,36
26	ig. Tefé		0,17	0,03	2,82	0,02	0,1	0,51	0,02	0,53	4,2
27	ig. Alvarães		0,16	0,1	4,59	0,03	0,04	0,33	0,04	0,33	5,62
	Média			0,53	0,13	2,95	0,12	0,07	0,42	0,02	0,43
9	ig. Matias	A. Purus	0,23	0,08	2,04	0,04	0,14	0,19	0,02	0,75	3,49
10	ig. Itapuru		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
11	ig. Água Fria		0,28	N.A.	2,82	0,04	0,24	0,91	0,04	1,24	5,57
12	ig. Paricatuba		0,7	N.A.	2,95	0,1	0,03	2,31	0,04	0,25	6,38
13	Lago Aiapuá I		0,63	0,72	2,77	0,05	0,06	0,46	0,04	0,4	5,13
14	Lago Aiapuá II		0,55	0,2	3,44	0,06	0,07	0,44	0,02	0,37	5,15
15	Lago Aiapuá III		0,2	0,05	2,44	0,12	0,03	2,23	0,02	0,15	5,24
	Média		0,43	0,26	2,74	0,06	0,09	1,09	0,03	0,52	5,22
3	rio Solimões I	ÁGUAS BRANCAS	0,93	0,34	2,09	0,05	0,08	0,2	0,02	0,48	4,19
5	rio Solimões II		1	0,45	1,86	0,09	0,07	0,17	0,02	0,42	4,08
18	rio Solimões III		1,16	0,04	2,04	0,06	0,05	0,38	0,03	0,45	4,21
19	rio Solimões IV		1,16	0,1	2,16	0,05	0,07	0,83	0,03	0,47	4,87
22	rio Solimões V		1,51	0,25	2,4	0,06	0,08	0,88	0,05	0,57	5,8
28	rio Solimões VI		1,37	0,37	2,19	0,06	0,09	1,25	0,03	0,5	5,86
	Média			1,18	0,25	2,12	0,06	0,07	0,61	0,03	0,48
7	rio Purus I	POÇO	0,55	0,23	3,17	0,05	0,05	0,17	0,02	0,32	4,56
8	rio Purus II		0,64	0,07	3,02	0,03	0,05	0,84	0,03	0,25	4,93
29	rio Japurá		1,28	0,1	1,83	0,05	0,03	0,81	0,03	0,27	4,4
4	furo Parati Gd.		3,3	0,23	2,25	0,09	0,05	0,11	0,01	0,11	6,15
	Média		1,44	0,15	2,56	0,05	0,04	0,48	0,02	0,23	4,97
1P	Beruri	F.	0,87	N.A.	9,23	0,19	0,15	0,55	0,13	0,29	11,41
2P	Itapuru		1,68	0,05	6,54	0,13	0,06	1,2	0,04	4,82	14,52
3P	Codajás		0,19	N.A.	6,05	0,1	0,25	0,44	< 0,01	0,16	7,19
4P	Coari		0,01	N.A.	8,71	0,11	0,12	0,15	0,16	0,24	9,5
5P	Tefé		0,09	0,52	2,82	0,03	0,14	1,19	0,1	0,59	5,48
6P	Alvarães		0,04	0,07	5,34	0,04	0,09	1,4	0,21	1,99	9,18
	Média		0,48	0,21	6,44	0,1	0,13	0,82	0,1	1,34	9,62
1F	Itapuru	F.	0,52	0,26	1,63	0,15	0,54	0,61	0,04	0,84	4,59
2F	Solimões		0,69	N.A.	6,09	0,04	0,05	3,12	0,07	0,06	10,12
	Média		0,6	0,26	3,86	0,09	0,29	1,86	0,05	0,45	7,46

N.A.: Não Analisado.

O Cu, B, V, As e U também com variações acentuadas, especialmente o primeiro, predominam nas águas do Solimões, contudo valores similares a estes ou mais altos de Cu são encontrados no igarapé Cabaliana ($12,73 \mu\text{g L}^{-1}$) e no Copeá ($6,44 \mu\text{g L}^{-1}$) (Tab. 8).

Os rios Purus, Japurá e furo Parati Grande, a concentração desses elementos se assemelha as águas pretas. Li, Sc, Cr, Co, Se, Rb, Pb, Mo Cd, Sb e Cs quase não tem variações entre as águas estudadas (Tabs. 8 e 9). Os poços e fontes têm variações acentuadas de teores de elementos-traço, mas de modo geral, eles têm teores mais elevados que nas águas das drenagens. Os poços Beruri, Itapuru e Codajás em geral têm os teores mais elevados, assim como a fonte do Itapuru (Tabs. 8 a 10).

8.4 ISÓTOPOS DE ESTRÔNCIO

Os resultados obtidos da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $\delta^{87}\text{Sr}$ para as amostras de água superficiais analisadas variaram, em geral respectivamente de 0,708674 a 0,714461 e -0,025 a 7,418 ‰, os valores mais elevados estão nas águas brancas do rio Solimões (0,708861 a 0,714461 e -0,369 a 7,418 ‰) e os mais baixos nos rios Purus e Japurá (0,711135 a 0,713150 e -0,143 a 5,569 ‰). Os afluentes do rio Purus tem razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $\delta^{87}\text{Sr}$ entre 0,708685 a 0,713293 e -0,726 a 5,771 ‰, enquanto os do rio Solimões são um pouco mais baixas (0,708674 a 0,710980 e -0,025 a 2,509 ‰) (Tab. 10 e Fig. 8).

Os valores encontrados para $\delta^{87}\text{Sr}$, foram calculados com auxílio da seguinte formula: $\delta^{87}\text{Sr} = \{[(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_a / (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{am}] - 1\} \times 1000$

Onde $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_a$ é a razão isotópica da amostra e $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{am}$ é a razão isotópica da água recente do mar (0,70920).

Tabela 10 - Razão isotópica de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nas águas fluviais amostradas

Pontos	Local da Coleta	Razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\delta^{87}\text{Sr}$ (‰)	Sr ($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	ig. Manacapuru (E)	0,709153±34	-0,066	5,51
2	ig. Cabaliana (E)	0,709013±16	-0,263	32,52
6	ig. Anamá (E)	0,709053±19	-0,207	35,05
16	ig. Anori (E)	N.A.	N.A.	29,2
17	ig. Badajós (E)	0,709399±41	0,28	16,63
20	ig. Coari (D)	0,710980±15	2,509	11,94
21	ig. Copeá (E)	0,709182±68	-0,025	32,46
23	ig. Ipixuna (D)	0,708961±01	-0,336	20,14
24	ig. Catuá (D)	0,710691±09	2,102	22,32
25	ig. Caiambé (D)	0,708674±09	-0,741	17,94
26	ig. Tefé (D)	0,710493±01	1,823	11,89
27	ig. Alvarães (D)	0,709067±19	-0,187	24,72
	Média	0,709515±21	0,444	21,69
9	ig. Matias (D)	0,711244±58	2,882	7,4
10	ig. Itapuru (D)	0,710894±46	2,388	N.A.
11	ig. Água Fria (D)	0,713118±62	5,524	9,85
12	ig. Paricatuba (D)	0,708685±63	-0,726	30,32
13	lago Aiapuí I (D)	0,713293±43	5,771	18,27
14	lago Aiapuí II (D)	0,711426±14	3,138	17,49
15	lago Aiapuí III (D)	0,711347±60	3,027	8,77
	Média	0,711429±49	3,142	15,35
3	rio Solimões I	0,708938±26	-0,369	50,2
5	rio Solimões II	0,710659±38	1,93	55,15
18	rio Solimões III	0,708861±64	-0,478	55,37
19	rio Solimões IV	0,710698±67	2,112	56,61
22	rio Solimões V	0,709219±19	0,026	69,32
28	rio Solimões VI	0,714461±81	7,418	78,04
	Média	0,710275±50	1,770	61,48
7	rio Purus I (D)	N.A.	N.A.	27,29
8	rio Purus II (D)	0,711135±96	2,728	24,39
29	rio Japurá (E)	0,713150±56	5,569	49,99
4	furo Parati Gd. (D)	0,709098±60	-0,143	65,73
	Média	0,7121425±76	2,718	33,89

D.:direita; E.:Esquerda; N.A.: Não Analisado.

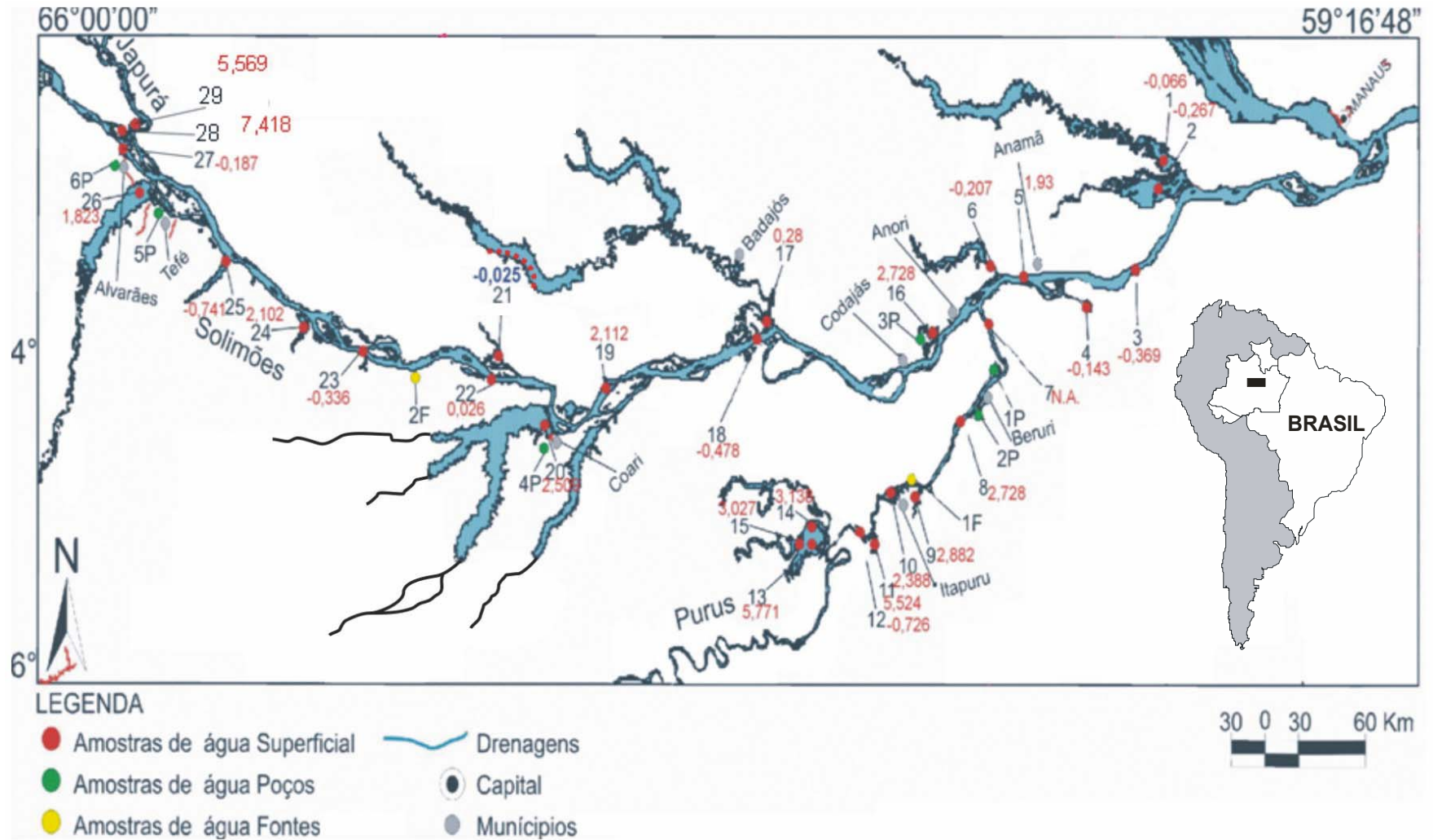


Figura 8 – Mapa de localização das amostras com valores de $\delta^{87}\text{Sr}$

Os afluentes que se localizam a margem esquerda do rio Solimões possuem $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais baixas, enquanto os igarapés da margem direita, exceto Ipixuna e Caiambé são maiores. Os afluentes da margem esquerda e direita do rio Purus não apresentam variação significativa na razão isotópica, exceto o igarapé Paricatuba que junto com o Caiambé apresentam as menores razões. Considerando-se a direção de escoamento do rio Solimões, as amostras VI, IV e II, indicam uma tendência de redução da razão isotópica (de 0,714461 para 0,709098) em direção a jusante. O rio Japurá (0,713150) tem razão isotópica mais elevada que a do Purus (0,711135) e aproxima-se da amostra Solimões VI (0,714461), o que reforça a tendência das águas terem razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais elevadas a montante. Essa razão isotópica do rio Purus é menor que dos seus afluentes, exceto em relação ao Itapuru (0,710894) (Tab. 10).

Com relação à figura 9, que normalmente é usada para avaliar a mistura de águas que percolam regiões geologicamente distintas (Faure, 1986) em geral as amostras estudadas estão acima da razão isotópica dos Andes (0,707 - Allègre *et al.* 1996) e abaixo da média crustal (0,7123 - Allègre *et al.* 1996). Em relação à água do mar (0,709211 a 0,709241) as amostras analisadas têm razões mais elevadas, exceto nos igarapés Manacapuru, Cabaliana, Anamã, Copeá, Ipixuna, Caiambé, Alvarães, Paricatuba, furo Parati Grande e rio Solimões I,II e V, que estão concentradas sobre e/ou próximas da razão isotópicas dos calcários (0,7082 - Allègre *et al.* 1996). Destaca-se que todas as amostras estão abaixo da razão isotópica dos rios Solimões (0,71319 - Allègre *et al.*, 1996) e Negro (0,71698 - Allègre *et al.* 1996).

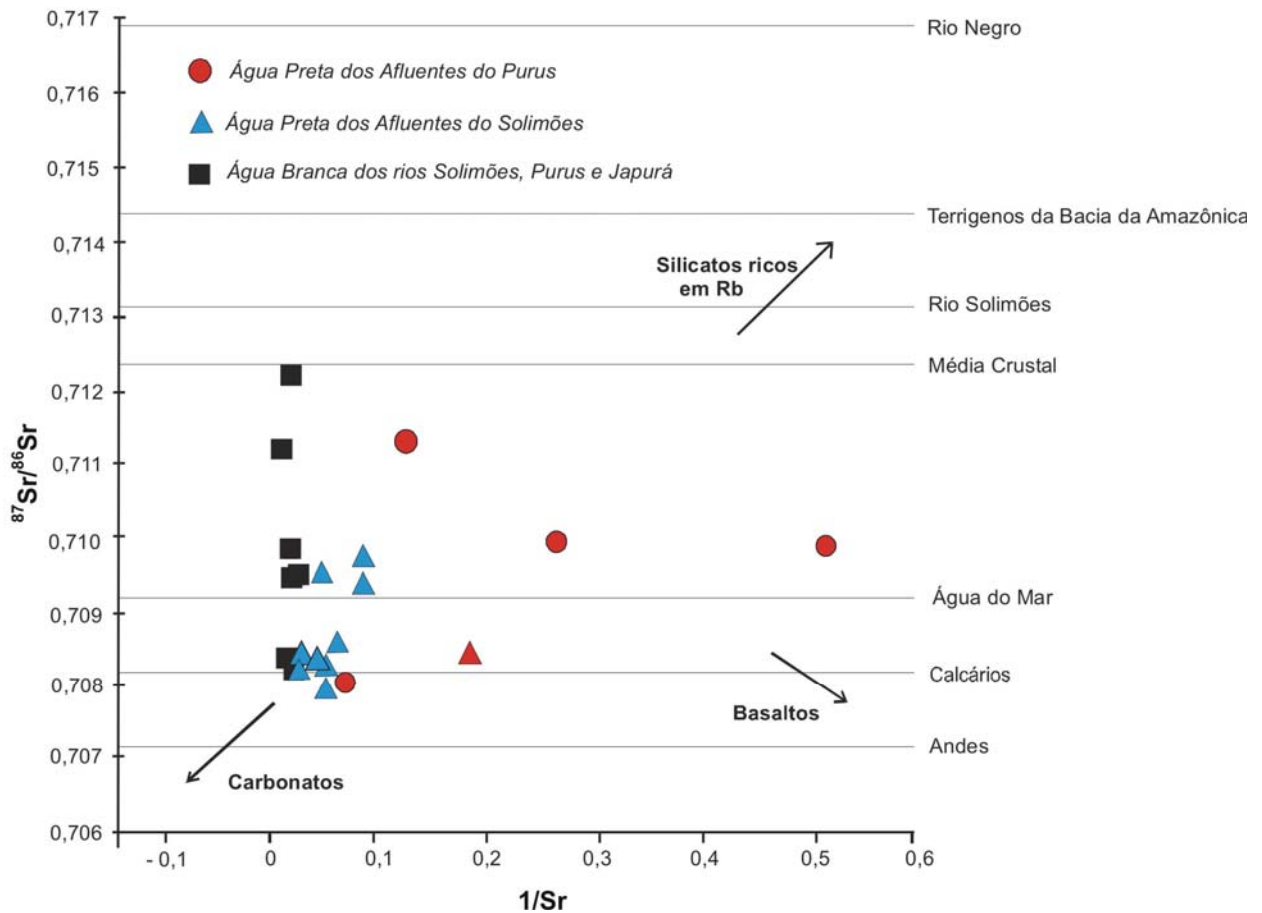


Figura 9 – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ vs $1/\text{Sr}$ de amostras de água pretas e brancas dos afluentes dos Solimões e Purus e rios Solimões, Purus e Japurá em relação a rochas e sedimentos (Henderson, 1984; Faure, 1988 e Allègre *et al.* 1996).

8.5 MATERIAIS EM SUSPENSÃO

8.5.1 Composição Mineralógica

Os minerais encontrados nos sedimento em suspensão da área de estudo foram quartzo, caulinita, illita e muscovita, sendo que os dois primeiros são os predominantes (Tab. 11). Nas análises mineralógicas o quartzo apresenta reflexões mais intensas devido este ser o mineral mais abundante, favorecido por sua natureza cristalina. Por esta razão as reflexões dos argilominerais apresentam intensidade intermediária a fraca

(caulinita, illita e muscovita) (Fig. 10). Esses minerais são os normalmente encontrados nos rios e nos sedimentos da região (Gaillardet *et al.* 1997).

Tabela 11 – Composição mineralógica dos sedimentos em suspensão

Pontos	Local da Coleta		Quartzo	Caulinita	Illita	Muscovita
1	ig. Manacapuru	Afluentes do Solimões		xxx		
2	ig. Cabaliana		xxx	xx		
6	ig. Anamá		xxx	xx	x	
16	ig. Anori			xxx		
17	ig. Badajós		M.I	M.I	M.I	M.I
20	ig. Coari		xx	xxx	x	
21	ig. Copeá		xxx	xx	x	
23	ig. Ipixuna		xxx	xx		
24	ig. Catuá		xxx	xx	x	
25	ig. Caiambé			xxx		
26	ig. Tefé			xxx		
27	ig. Alvarães		xxx	xx		
9	ig. Matias		A. Purus		xxx	xx
10	ig. Itapuru	xxx		xx		
11	ig. Água Fria	xxx		xx	x	
12	ig. Paricatuba	xxx		xx		
13	lago Aiapuá I	xxx		xx	x	
14	lago Aiapuá II	M.I		M.I	M.I	M.I
15	lago Aiapuá III	xx	xxx	x		
3	rio Solimões I	AGUA BRANCA	xxx	xx	x	
5	rio Solimões II			xxx	xx	x
18	rio Solimões III		xxx	xx	x	
19	rio Solimões IV		xxx	xx	x	
22	rio Solimões V		xxx	xx	x	
28	rio Solimões VI		xxx	xx		
7	rio Purus I		xxx	xx	x	
8	rio Purus II			xxx		
29	rio Japurá			xxx	xx	
4	furo Parati Gd.		xxx	xx	x	

xxx: Reflexão intensa; xx: intermediária; x: fraca; M.I.: Material Insuficiente.

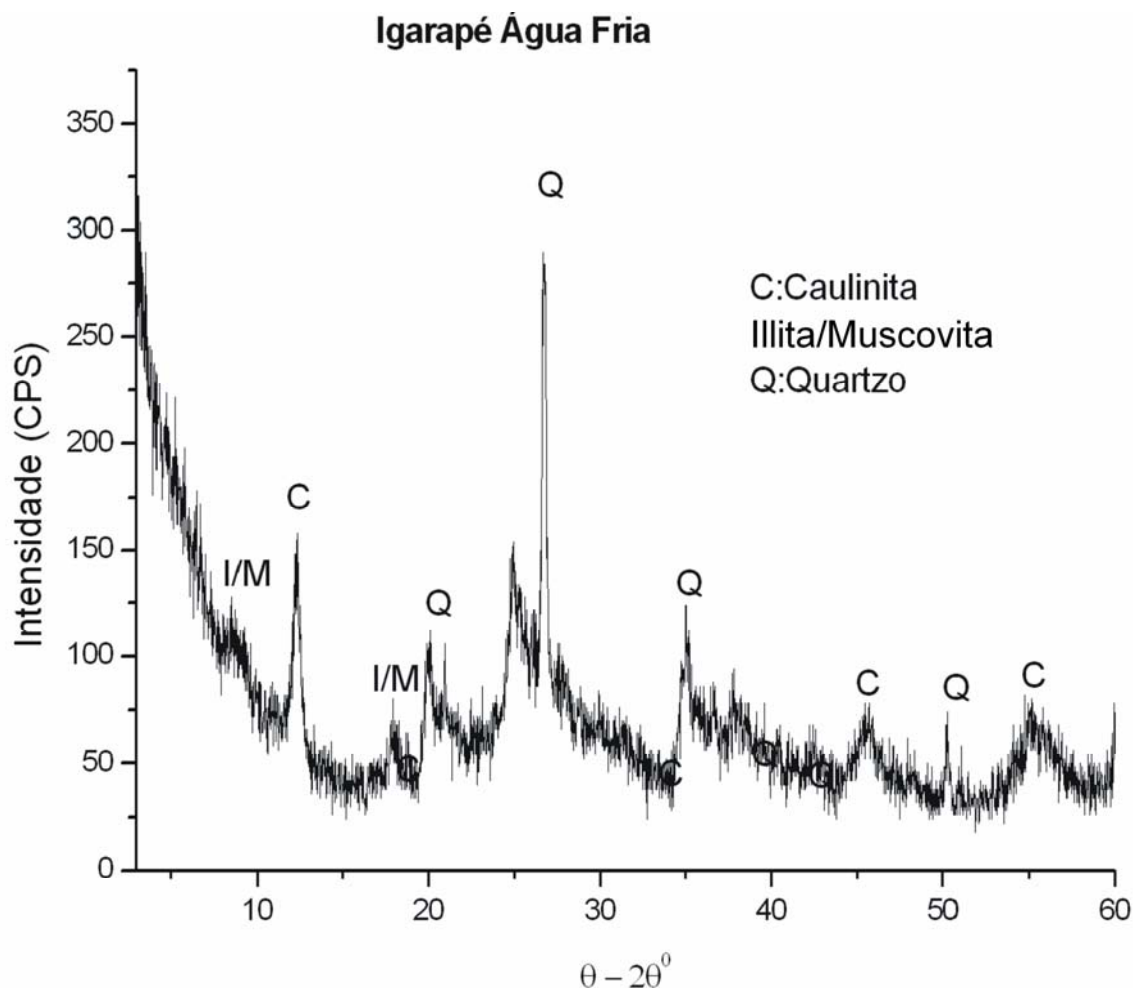


Figura 10– Difratoograma de Caulinita, Illita, Muscovita e Quartzo da amostra de sedimento em suspensão do igarapé Água Fria

8.5.2 Elementos-traço nos sedimentos em suspensão

O Ti, Zn, Ba e V apresentaram os teores mais elevados (até 8040 μg) e representam 98% do total da composição química desse material. São seguidos do Zr, Sr, Rb, Cr, Cu, Ni, Pb e Ga (até 573 μg) (Tabs. 12 e 13). O Sc, Co, Y, Nb, Th, Sn, Cs tem teores menores (até 73 μg) e Tl, U, Hf, Cd, Bi e Ge são os mais baixos (até 36 μg) todos, em geral, estão abaixo da média crustal, com exceção do Zn (Tab. 13 e 14).

Tabela 12 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em μg

Pontos	Local da Coleta		Ti	Zn	Ba	V	Zr	Sr	Rb	Cr	Cu	
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	Afluentes do rio Solimões	3882	656	249	334	106	77	65	135	109
2	ig. Cabaliana			3599	557	423	405	107	97	83	86	151
6	ig. Anamá			6203	635	899	545	162	229	184	127	132
16	ig. Anori			4829	674	471	407	142	125	141	113	147
17	ig. Badajós			1169	544	140	288	41	53	29	61	110
20	ig. Coari			1565	607	141	187	45	46	32	80	76
21	ig. Copeá			7875	842	918	404	196	269	197	142	131
23	ig. Ipixuna			4156	742	376	296	118	88	98	109	90
24	ig. Catuá			4385	639	432	367	102	88	105	121	75
25	ig. Caiambé			1587	635	120	260	50	36	29	67	92
26	ig. Tefé			5432	969	399	323	139	82	117	141	97
27	ig. Alvarães			3553	644	183	404	89	58	41	158	86
	Média					4020	679	396	352	108	104	93
9	ig. Matias	AGUAS PRETAS	A. Purus	2693	N.A.	263	422	78	64	79	102	71
10	ig. Itapuru			4266	1160	438	318	143	92	145	120	148
11	ig. Água Fria			6559	674	696	486	172	124	207	169	111
12	ig. Paricatuba			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
13	Lago Aiapuá I			4675	832	408	426	153	97	143	129	131
14	Lago Aiapuá II			N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapuá III			7227	936	1799	418	208	139	196	174	141
	Média			5084	901	721	414	151	103	154	139	120
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS		7021	706	804	386	182	243	180	130	132
5	rio Solimões II			7502	661	N.A.	573	186	254	196	146	130
18	rio Solimões III			7472	677	863	509	190	250	193	140	131
19	rio Solimões IV			8040	637	962	470	199	288	199	138	114
22	rio Solimões V			6466	843	784	373	189	211	161	121	158
28	rio Solimões VI			6987	791	856	442	202	248	216	145	129
	Média					7248	719	854	459	191	249	191
7	rio Purus I	AGUAS BRANCAS		5969	841	607	450	290	121	171	138	108
8	rio Purus II			5574	937	629	422	156	131	206	136	124
	Média					5772	889	618	436	223	126	188
28	rio Japurá	AGUAS BRANCAS		7047	693	945	381	194	271	216	142	134
4	furo Parati Gd.			6955	730	806	544	183	203	191	144	127
	Média					7001	712	876	463	189	237	204
Média Crustal				Ti	Zn	Ba	V	Zr	Sr	Rb	Cr	Cu
				44×10^5	8×10^4	58×10^4	15×10^4	15×10^4	3×10^5	15×10^4	1×10^5	5×10^4

N.A.: Não Analisado; Unidade da Média Crustal: mg L^{-1} .

Tabela 13 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em μg

Pontos	Local da Coleta		Ni	Pb	Ga	Sc	Co	Y	Nb	Th	Sn	Cs
1	ig. Manacapuru	ÁGUAS PRETAS	58	51	49	22	11	11	13	14	14	9
2	ig. Cabaliana		54	97	31	19	15	19	12	14	12	8
6	ig. Anamá		70	67	42	31	22	32	21	23	78	16
16	ig. Anori		49	59	52	23	17	23	17	18	14	14
17	ig. Badajós		22	28	20	8	8	9	4	6	9	3
20	ig. Coari		36	41	22	8	9	8	6	7	10	3
21	ig. Copeá		66	56	50	30	29	32	27	23	15	16
23	ig. Ipixuna		45	54	61	19	17	17	15	14	15	12
24	ig. Catuá		46	46	46	19	16	17	16	15	16	13
25	ig. Caiambé		20	32	29	9	9	9	5	8	10	4
26	ig. Tefé		45	63	59	24	22	19	21	19	10	17
27	ig. Alvarães		51	38	35	13	17	10	11	8	10	6
	Média		47	47	53	41	19	16	17	14	14	18
9	ig. Matias		A. Purus	37	56	63	14	7	7	10	11	13
10	ig. Itapuru	60		81	57	24	23	21	15	17	15	18
11	ig. Água Fria	60		66	60	32	16	18	29	20	20	25
12	ig. Paricatuba	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
13	Lago Aiapuá I	58		65	80	27	26	19	16	19	17	17
14	Lago Aiapuá II	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapuá III	77		69	73	38	39	25	26	23	21	22
	Média	58	67	67	27	22	18	19	18	17	19	
3	rio Solimões I	ÁGUAS BRANCAS	63	74	48	32	27	30	23	22	8	15
5	rio Solimões II		77	68	50	33	28	32	25	25	16	17
18	rio Solimões III		78	59	45	31	28	32	25	23	14	15
19	rio Solimões IV		63	54	43	31	29	32	27	23	15	15
22	rio Solimões V		61	55	42	28	25	24	22	19	15	12
28	rio Solimões VI		75	58	50	31	26	31	25	24	16	17
	Média		80	61	46	31	27	30	25	23	14	15
7	rio Purus I	ÁGUAS BRANCAS	68	71	53	33	28	24	21	19	19	19
8	rio Purus II		60	54	59	28	28	26	21	20	16	22
	Média		64	63	56	30	28	25	21	19	17	20
29	rio Japurá	ÁGUAS BRANCAS	71	59	49	32	29	32	25	24	17	17
4	furo Parati Gd		75	74	52	32	30	33	24	24	17	18
	Média		73	66	50	32	30	32	24	24	17	17
Média Crustal			Ni	Pb	Ga	Sc	Co	Y	Nb	Th	Sn	Cs
			75×10^3	1×10^4	26×10^3	13×10^3	25×10^3	3×10^4	2×10^3	1×10^4	2×10^3	3×10^3

N.A.: Não Analisado; Unidade da Média Crustal: mg L^{-1} .

Tabela 14 - Composição dos elementos-traço dos sedimentos em suspensão em μg

Pontos	Local da Coleta		Ti	U	Hf	Cd	Bi	Ge
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	1,2	2,9	3,2	1,9	1,2	0,7
2	ig. Cabaliana		3,5	4,5	2,7	1,6	1,8	0,7
6	ig. Anamá		2,6	5,2	3,7	1,3	1,5	2
16	ig. Anori		1,2	4,9	3,1	0,9	1,7	1,2
17	ig. Badajós		0,4	2,2	1	1	1,4	0,5
20	ig. Coari		0,4	1,8	1,1	0,7	1	0,4
21	ig. Copeá		1,9	5,5	4,3	1,4	1,7	1,2
23	ig. Ipixuna		1,2	3,2	2,8	1,1	1,5	1,1
24	ig. Catuá		1,4	2,9	2,6	1,1	1,2	1,6
25	ig. Caiambé		0,4	1,9	1,2	0,9	1,6	0,4
26	ig. Tefé		23,1	3,8	3,2	0,9	1,3	0,3
27	ig. Alvarães		0,7	2,3	2	0,9	1,3	0,8
	Média		3,1	3,4	2,5	1,1	1,4	0,9
9	ig. Matias		A Purus	1,3	2,1	2,1	7,2	1,1
10	ig. Itapuru	1,2		4,6	3,5	1,8	2,2	1,4
11	ig. Água Fria	29,9		3,9	4	1,1	1,8	2
12	ig. Paricatuba	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
13	Lago Aiapuá I	1,4		4,3	4	3,7	1,7	1,1
14	Lago Aiapuá II	N.A.		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapuá III	15,5		5	5,1	0,9	1,6	1,7
	Média	9,8	3,9	3,7	2,9	1,6	1,4	
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS	3,2	5,5	4,3	1,2	1,6	0,4
5	rio Solimões II		2	6	4,4	1,3	2,1	2,2
18	rio Solimões III		35,5	5,6	4,2	1,3	1,6	1,6
19	rio Solimões IV		2,1	5,3	4,4	1,4	1,5	1,7
22	rio Solimões V		2,1	4,9	4,1	1,2	1,4	1,2
28	rio Solimões VI		4	5,5	4,4	1,2	1,6	2,1
	Média		8,1	5,4	4,3	1,2	1,6	1,5
7	rio Purus I	AGUAS BRANCAS	1,8	5	6,3	4,8	1,5	1,8
8	rio Purus II		1,6	4,6	3,7	1,1	1,8	2,4
	Média		1,7	4,8	5	2,9	1,6	2,1
29	rio Japurá		2,1	5,4	4,2	1,3	1,6	1,7
4	furo Parati Gd.	AGUAS BRANCAS	1,9	6	4,4	1,7	1,8	1,8
	Média		1	5,7	4,3	1,5	1,7	1,7
Média Crustal			Ti	U	Hf	Cd	Bi	Ge
			$0,45 \times 10^3$	$2,5 \times 10^3$	3×10^3	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	2×10^3

N.A.: Não Analisado; Unidade da Média Crustal: mg L^{-1} .

Dentre os tipos de água, a distribuição dos elementos-traço em suspensão é em geral mais homogênea e elevada nas brancas. O Ti (5574 e 8040 μg), Zn (637 e 937 μg), Ba (607 e 962 μg) e V (373 e 573 μg) apresentam neste grupo proporção muito mais elevada que nas águas pretas que variam entre Ti (1169 e 7875 μg), Zn (544 e 1160 μg), Ba (120 e 1799 μg) e V (187 e 545 μg) (Tab.12). Uma característica marcante é que o material em suspensão dos afluentes de água preta do Solimões tem teores de elementos-traço menores que os afluentes do Purus. Em relação ao Solimões, o Purus tem em geral teores menores de Ba, Sr, Nb e Tl, enquanto Ga, Cs e Hf são maiores, os demais elementos têm teores variáveis entre os dois. O rio Japurá e o furo Parati Grande possuem composição química variável entre o Solimões e Purus (Tabs. 12 a 14). Os teores de Zn, Ba, V, Cr, Co, Ni, Cu, Rb, Sr e U encontrados por Seyler *et al.* (2003) nos rios Solimões, Purus e Japurá são inferiores aos obtidos neste trabalho.

O resultado das razões entre a composição química do sedimento em suspensão em relação ao material dissolvido (Zn, Ba, V, Sr, Cr, Cu, Sc, Co, Cs e Cd) (Tab. 15), mostram que as razões foram mais elevadas para V, Cr e Cs (> 66) e mais baixas para Sr (< 14) e Sc (< 27). Os afluentes do rio Purus tem em geral as razões de Zn, Ba, V, Sr e Cr mais elevadas, enquanto nos do rio Solimões são mais baixas, exceto Co. O rio Solimões, dentre os de água branca, é o que apresentou menores razões, enquanto o Purus as mais altas, especialmente em V, Cr, Co e Cs. Essas razões tendem a aumentar para jusante, exceto Zn, Ba, Sr e Sc (Tab. 15).

Tabela 15 - Razões de sedimentos em suspensão e material dissolvido analisados

Pontos	Local da Coleta	Razões									
		Zn	Ba	V	Sr	Cr	Cu	Sc	Co	Cs	Cd
1	ig. Manacapuru	13	65	586	14	435	51	17	100	900	27
2	ig. Cabaliana	3	13	223	3	66	12	10	56	267	10
6	ig. Anamá	15	17	296	7	235	42	22	92	800	19
16	ig. Anori	25	19	225	4	231	39	13	50	700	10
17	ig. Badajós	48	8	379	3	235	37	6	53	150	25
20	ig. Coari	41	17	312	4	163	75	3	69	150	35
21	ig. Copeá	22	29	207	8	97	20	23	51	400	18
23	ig. Ipixuna	28	31	277	4	106	66	5	81	400	37
24	ig. Catuá	29	35	602	4	138	86	7	94	433	55
25	ig. Calambé	22	14	406	2	97	69	4	56	133	5
26	ig. Tefé	36	78	718	7	191	93	12	110	850	9
27	ig. Alvarães	29	14	444	2	205	37	4	43	150	23
	Média	26	28	390	5	183	52	11	71	444	23
9	ig. Matias I	N.A.	135	1141	9	196	42	13	27	N.A.	51
10	ig. Itapuru	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	218	N.A.	N.A.	68	N.A.	N.A.
11	ig. Água Fria	27	309	402	13	252	53	18	31	625	5
12	ig. Paricatuba	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
13	Lago Aiapuá I	29	50	346	5	219	42	15	50	425	62
14	Lago Aiapuá II	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapuá II	50	472	504	16	644	85	27	98	N.A.	30
	Média	35,3	242	598	11	306	56	18	55	525	37
3	rio Solimões I	24	21	227	5	181	33	24	79	750	15
5	rio Solimões II	25	N.A.	341	5	225	33	25	97	850	19
18	rio Solimões III	31	21	213	5	157	32	20	55	500	26
19	rio Solimões IV	25	21	197	5	86	22	21	193	500	20
22	rio Solimões V	19	14	126	3	88	30	16	30	240	15
28	rio Solimões VI	37	17	173	3	156	28	19	65	567	13
	Média	27	19	213	4	149	30	21	87	568	18
7	rio Purus I	26	17	652	4	406	51	22	187	950	96
8	rio Purus II	33	19	464	5	200	67	18	117	733	22
	Média	30	18	558	5	303	59	20	152	842	59
29	rio Japurá	58	28	266	5	153	51	26	126	567	43
4	furo Parati Gd.	34	21	812	3	121	67	19	158	1800	34
	Média	46	25	539	4	137	59	23	142	1184	39

N.A.: Não Analisado.

8.5.3 Elementos terras raras

Dos ETR determinados nos sedimentos em suspensão La, Ce e Nd apresentaram as concentrações mais elevadas (até 140,3 $\mu\text{g/L}$) que representam aproximadamente 81% do total desse material. São seguidos de Pr e Sm (até 16,6 $\mu\text{g/L}$). O Eu, Gd, Tb Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu tem teores mais baixos (até 9,8 $\mu\text{g L}^{-1}$) (Tab. 16).

Os sedimentos em suspensão nas águas brancas têm teores mais elevados e homogêneos que as pretas em ETR. O rio Purus dentre os de água branca é o que apresentou menor média de teor (Σ 253,6 $\mu\text{g/L}$) e dentre os afluentes de águas pretas os do Solimões tem menor. Isto sugere que os afluentes não influenciam o conteúdo de ETR no rio principal.

A normalização dos ETR em relação aos condritos, (Evensen *et al.* 1978 *apud* Henderson 1984) (Tab. 20 e Fig. 10), resultou em curvas paralelas com discreta concavidade para cima, suave anomalia negativa em Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* \sim 0,14$) e evidente fracionamento com enriquecimento de leves em relação aos pesados. Em relação à média crustal (Tab. 21 e Fig. 11), aos padrões NASC (Tab. 22 e Fig. 12), o fracionamento é menos significativo com leve tendência de anomalia positiva de Er no primeiro e de Pr e Sm no segundo.

Tabela 16 - Concentrações dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)

Pontos	Local da Coleta	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Σ
1	ig. Manacapuru	30,9	55,8	6,3	23,2	4,6	0,7	3,1	0,5	2,9	0,6	1,6	0,2	1,5	0,2	132,1
2	ig. Cabaliana	40,5	76,2	9,2	35,4	7,1	1,5	5,8	0,9	4,8	1	2,8	0,4	2,4	0,4	188,4
6	ig. Anamá	69,5	131,3	16,3	60,6	11,7	2,4	9	1,3	7,5	1,5	4,1	0,6	3,9	0,6	320,3
16	ig. Anori	47,6	88,8	11	40,9	7,9	1,6	6,3	0,9	5,3	1,1	2,9	0,4	2,7	0,4	217,8
17	ig. Badajós	15,9	29,2	3,8	15,2	3,2	0,8	2,7	0,4	2,3	0,5	1,2	0,2	1,1	0,2	76,7
20	ig. Coari	17,8	35,7	4,5	17,6	3,5	0,7	2,8	0,4	2,3	0,4	1,2	0,2	1	0,1	88,2
21	ig. Copeá	70,8	140,3	16,6	63,7	12,2	2,4	8,9	1,3	7,5	1,5	4,2	0,6	3,9	0,6	334,5
23	ig. Ipixuna	43,5	86,5	10	37,4	7,1	1,5	5,4	0,8	4,4	0,9	2,3	0,3	2	0,3	202,4
24	ig. Catuá	42,5	81,8	9,3	34,2	6,6	1,4	4,9	0,7	3,9	0,8	2,1	0,3	1,9	0,3	190,7
25	ig. Caiambé	72,2	40,4	5,1	19,6	4	0,9	3,1	0,5	2,6	0,5	1,3	0,2	1,1	0,1	151,6
26	ig. Tefé	51,7	94,4	10,8	39,8	7,6	1,7	5,7	0,8	4,7	0,9	2,5	0,4	2,2	0,3	223,5
27	ig. Alvarães	24,9	47,7	5,8	21,1	4	0,9	3,1	0,5	2,6	0,5	1,4	0,2	1,3	0,2	114,2
	Média	43,9	75,6	9	34	6,6	1,3	5	0,7	4,2	0,8	2,3	0,3	2	0,3	186
9	ig. Matias	27,3	49,6	5,6	19,9	3,8	0,6	2,5	0,4	2	0,4	1,1	0,2	1,1	0,2	114,7
10	ig. Itapuru	45,1	81,3	10,2	38,7	7,7	1,8	6,2	0,9	5,3	1,1	3	0,4	2,8	0,4	204,9
11	ig. Água Fria	57,7	102,8	11,9	42,4	7,8	1,5	5,2	0,8	4,4	0,9	2,6	0,4	2,6	0,4	241,4
12	ig. Paricatuba	54	104,3	12,8	48,6	10	1,8	7,5	1,1	6,5	1,3	3,6	0,5	3,4	0,5	255,9
13	Lago Aiapua I	46,1	88,8	10,6	40,1	8	1,7	6,2	0,9	5,2	1	2,8	0,4	2,5	0,4	214,7
14	Lago Aiapua II	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapua III	54	104,3	12,8	48,7	10	1,9	7,5	1,1	6,5	1,3	3,6	0,5	3,4	0,5	256,1
	Média	47,3	88,5	10,6	39,7	7,8	1,5	5,8	0,8	4,9	1	2,7	0,4	2,6	0,4	214
3	rio Solimões I	65,1	126,8	15,2	58,1	11,3	2,4	8,9	1,3	7,4	1,5	4,1	0,6	3,7	0,6	307
5	rio Solimões II	72,5	140,2	17	63,2	12,5	2,6	9,8	1,4	7,8	1,6	4,4	0,6	4	0,6	338,2
18	rio Solimões III	66,8	129,8	16	60,2	11,7	2,4	9,3	1,3	7,5	1,5	4,2	0,6	3,8	0,6	315,7
19	rio Solimões IV	69	134,6	16,2	61,5	12	2,2	9,2	1,3	7,6	1,5	4,2	0,6	3,9	0,6	324,4
22	rio Solimões V	48,1	97,3	12,3	46,6	9,5	1,8	7,1	1,1	6,1	1,2	3,4	0,5	3,2	0,5	238,7
28	rio Solimões VI	67,1	126,7	15,4	58,1	11,2	1,9	8,3	1,2	6,9	1,4	3,8	0,6	3,7	0,5	306,8
	Média	64,7	125,9	15,3	57,9	11,3	2,2	8,7	1,2	7,2	1,4	4	0,5	3,7	0,5	304,5
7	rio Purus I	52,2	99,8	12,4	46,8	9,7	1,7	7,5	1,1	6,2	1,2	3,4	0,5	3,1	0,5	246,1
8	rio Purus II	57,8	106,3	13,2	49,8	9,6	2	7,5	1,1	6	1,2	3,2	0,5	2,9	0,4	261,5
	Média	55	103	12,8	48,3	9,6	1,8	7,5	1,1	6,1	1,2	3,3	0,5	3	0,4	253,6
29	rio Japurá	67,2	128,8	15,7	59,2	11,3	2,5	8,8	1,2	7,2	1,5	4	0,6	3,7	0,6	312,3
4	furo Parati Gd	71,3	137,3	16,6	62,9	12,2	2,6	9,7	1,4	7,9	1,6	4,5	0,6	4	0,6	333,2
	Média	69,2	133	16,1	61	11,7	2,5	9,2	1,3	7,5	1,5	4,2	0,6	3,8	0,6	322,2

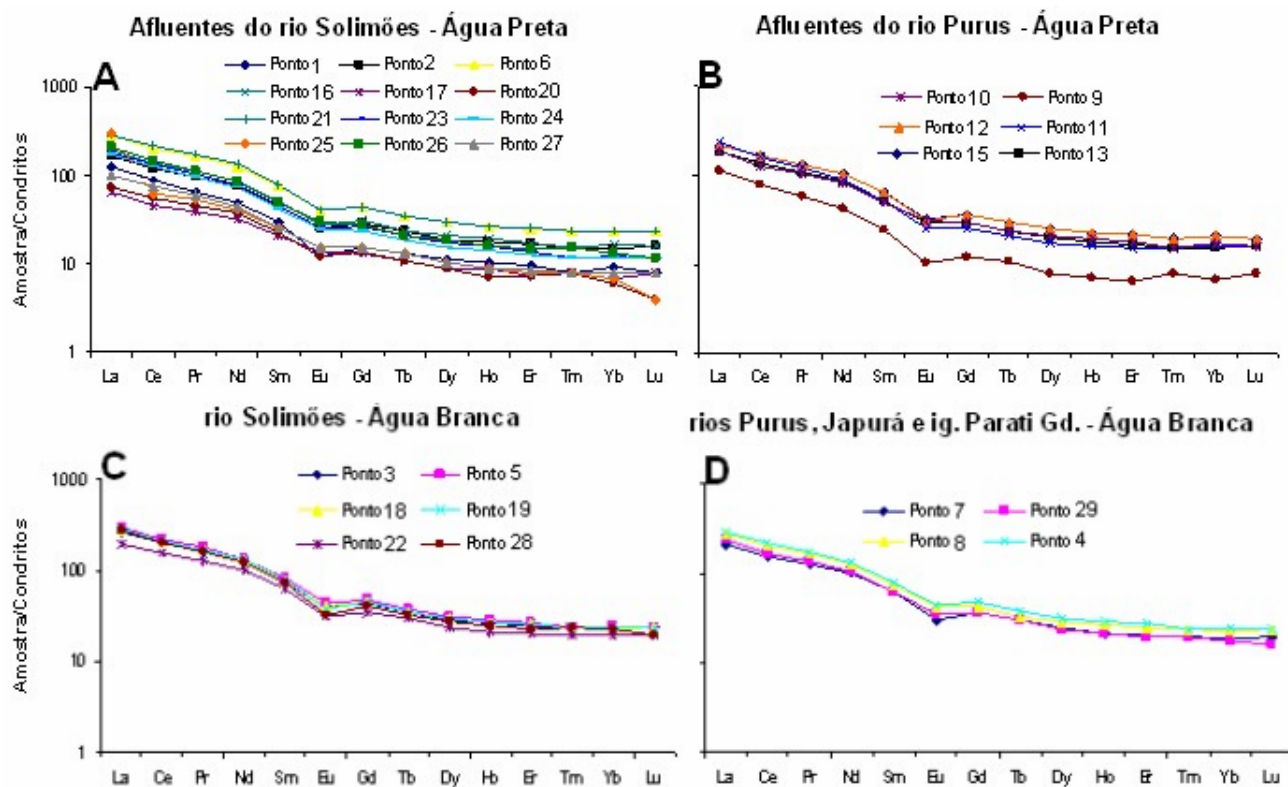


Figura 11 - Fracionamento dos ETR em relação aos condritos no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D)

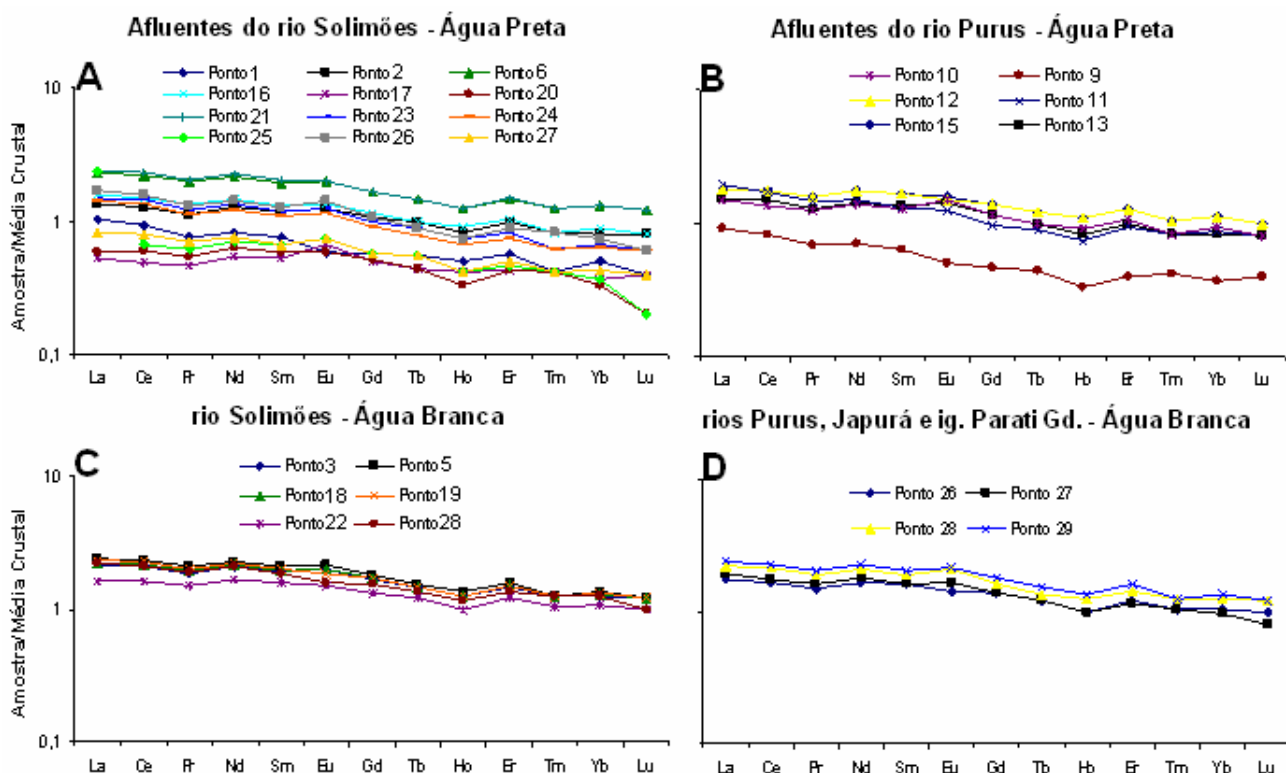


Figura 12- Fracionamento dos ETR em relação à média crustal no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D)

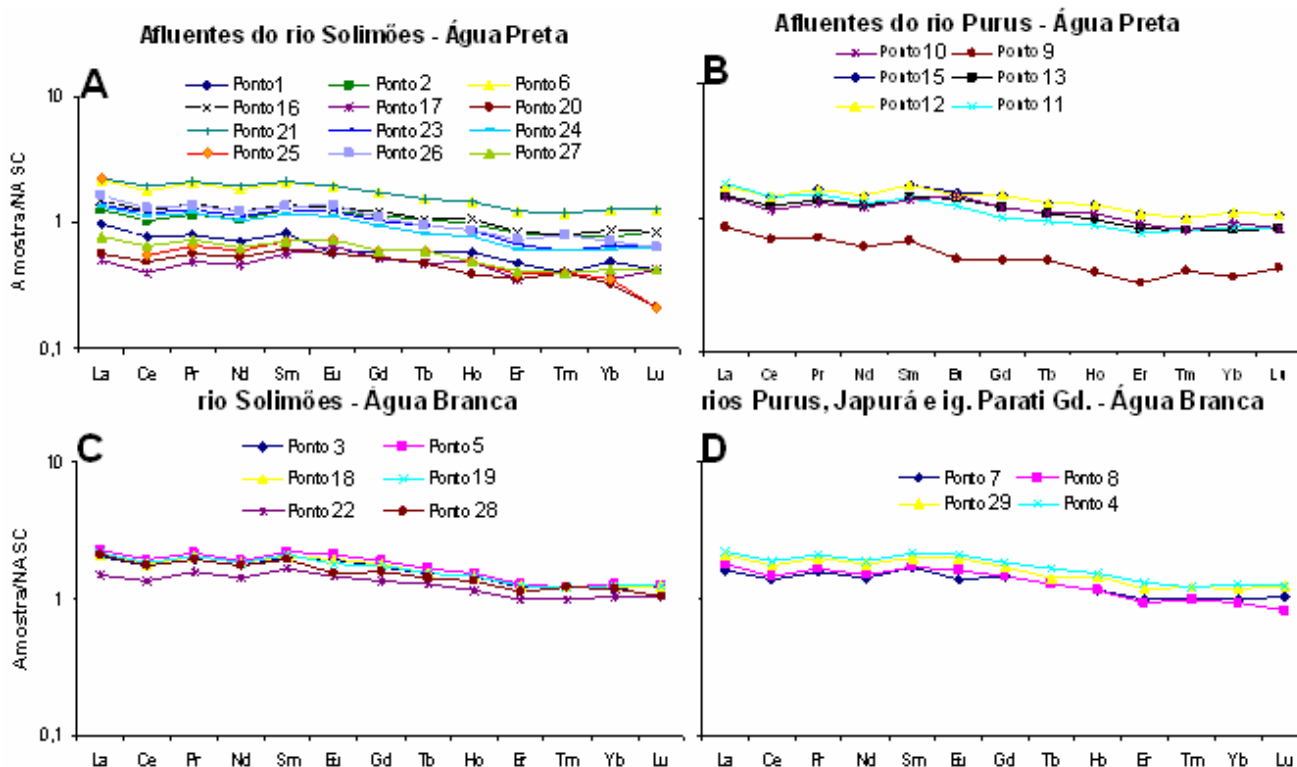


Figura 13 - Fracionamentos dos ETR em relação a NASC no sedimento em suspensão em $\mu\text{g L}^{-1}$ (A), (B), (C) e (D)

Os fracionamentos dos ETRL em relação aos ETRP e entre os La/Eu e Gd/Lu são mais acentuados entre os afluentes do rio Solimões em $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 4,71$ a $46,48$, $\text{Gd}_n/\text{Yb}_n = 1,68$ a $3,9$ e $\text{La}_n/\text{Yb}_n = 9,76$ a $44,30$, respectivamente (Tab. 17). Essas relações indicam maior enriquecimento dos mais leves em relação aos mais pesados em todos os rios e afluentes, especialmente nos afluentes do Solimões.

As características mencionadas acima mostram similaridade nos padrões de ETR entre as amostras de águas brancas e pretas.

Tabela 17 - Razões dos ETR Normalizados

Pontos	Local da Coleta		CONDRIOTOS			MÉDIA CRUSTAL			NASC		
			LaN/YbN	LaN/EuN	GdN/LuN	LaN/YbN	LaN/EuN	GdN/LuN	LaN/YbN	LaN/EuN	GdN/LuN
1	ig. Manacapuru	Afluentes do Solimões	1,93	2,06	1,77	2,06	1,77	1,44	2,00	1,71	1,43
2	ig. Cabaliana		1,80	1,69	1,08	1,69	1,08	1,34	1,63	1,05	1,34
6	ig. Anamá		1,86	1,78	1,16	1,78	1,16	1,39	1,73	1,12	1,38
16	ig. Anori		1,96	1,76	1,19	1,76	1,19	1,46	1,71	1,15	1,45
17	ig. Badajós		1,68	1,45	0,80	1,45	0,80	1,25	1,40	0,77	1,25
20	ig. Coari		3,48	1,78	1,02	1,78	1,02	2,59	1,72	0,99	2,58
21	ig. Copeá		1,84	1,82	1,18	1,82	1,18	1,37	1,76	1,14	1,37
23	ig. Ipixuna		2,24	2,18	1,16	2,18	1,16	1,67	2,11	1,12	1,66
24	ig. Catuá		2,03	2,24	1,21	2,24	1,21	1,51	2,17	1,18	1,51
25	ig. Caiambé		3,85	6,56	3,21	6,56	3,21	2,87	6,36	3,11	2,86
26	ig. Tefé		2,36	2,35	1,22	2,35	1,22	1,76	2,28	1,18	1,75
27	ig. Alvarães		1,93	1,92	1,11	1,92	1,11	1,44	1,86	1,07	1,43
9	ig. Matias		1,86	1,59	1,14	1,59	1,14	1,39	1,54	1,10	1,38
10	ig. Itapuru		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
11	ig. Água Fria		A. Purus	1,93	1,84	1,08	1,84	1,08	1,44	1,79	1,05
12	ig. Paricatuba	1,86		1,59	1,20	1,59	1,20	1,39	1,54	1,16	1,38
13	lago Aiapuá I	1,62		2,22	1,54	2,22	1,54	1,20	2,15	1,49	1,20
14	lago Aiapuá II	1,93		1,61	1,00	1,61	1,00	1,44	1,56	0,97	1,43
15	lago Aiapuá III	1,55		2,48	1,82	2,48	1,82	1,16	2,40	1,76	1,15
3	rio Solimões I	ÁGUA BRANCA	1,84	1,76	1,09	1,76	1,09	1,37	1,70	1,05	1,37
5	rio Solimões II		2,03	1,81	1,12	1,81	1,12	1,51	1,76	1,08	1,51
18	rio Solimões III		1,93	1,76	1,11	1,76	1,11	1,44	1,70	1,08	1,43
19	rio Solimões IV		1,91	1,77	1,25	1,77	1,25	1,42	1,71	1,22	1,42
22	rio Solimões V		1,76	1,50	1,07	1,50	1,07	1,31	1,46	1,04	1,31
28	rio Solimões VI		2,06	1,81	1,41	1,81	1,41	1,54	1,76	1,37	1,53
7	rio Purus I		1,86	1,68	1,23	1,68	1,23	1,39	1,63	1,19	1,38
8	rio Purus II		2,33	1,99	1,16	1,99	1,16	1,74	1,93	1,12	1,73
29	rio Japurá		1,82	1,82	1,08	1,82	1,08	1,36	1,76	1,04	1,35
4	furo Parati Gd.		2,01	1,78	1,10	1,78	1,10	1,50	1,73	1,06	1,49

N.A.: Não Analisado.

8.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

8.6.1 Águas

A análise estatística multivariada é uma ferramenta essencial que auxilia a avaliar, organizar, interpretar e analisar um grande número de dados. Esse método reduz a complexidade do problema em questão, sem acarretar perda relevante de informação, ao mesmo tempo em que evidencia as relações entre as variáveis constituintes da base de dados (Neto & Moita, 1987). Um dos métodos estatísticos muito utilizados é a análise multivariada por componentes principais (ACP), que tem como objetivo principal reduzir a dimensão dos dados originais permitindo a fácil visualização das informações mais importantes em um número menor de fatores ou componentes (Neto & Moita, 1997).

De todas as variáveis analisadas nas amostras de água (pH, C.E., transparência, Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , Zn, Ba, Sr, Cu, B, Sc, V, Cr, Co, Ce, La, U, As, Rb, Mo, Cd, Cs, Sb e Pb) foram consideradas somente pH, C.E., Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , Ba, Sr, Cu, Sc, V, Co, Mo e Sb (Tab. 21). Essas variáveis foram as que apresentaram autovalores $\geq \pm 0,6$ por serem as que têm maior número de correlações significativas entre si e, assim são as mais representativas das características das águas. Essas variáveis estão agrupadas em dois componentes principais que representaram entre 47% e 24% da variância total (Tab.21).

Tabela 18 - Análise de componentes principais das amostras de água

Variáveis	CP1	CP2	Variáveis	CP1	CP2
pH	-0,148	0,669	B	-0,398	-0,225
C.E	-0,694	0,384	Sc	-0,792	0,316
Transp.	0,018	0,487	V	-0,684	-0,569
Ca ²⁺	-0,610	0,646	Cr	-0,400	0,573
Na ⁺	-0,465	0,158	Co	-0,656	-0,496
K ⁺	-0,575	-0,594	Ce	-0,318	-0,356
Mg	-0,928	0,258	La	-0,322	0,293
HCO ₃ ⁻	-0,929	0,259	U	-0,249	0,243
SO ₄ ²⁻	-0,758	0,180	As	-0,384	0,582
SiO ₂	-0,137	0,313	Rb	-0,430	0,454
PO ₄ ³⁻	-0,655	-0,620	Mo	-0,231	-0,887
Cl ⁻	-0,646	-0,136	Cd	-0,191	0,099
Zn	0,216	0,045	Cs	-0,001	-0,104
Ba	-0,746	-0,195	Sb	-0,065	-0,604
Sr	-0,898	-0,170	Pb	-0,011	-0,190
Cu	-0,880	0,177	Prp.Totl	47%	24%

Com base nessas variáveis mais significativas das águas foram obtidos os escores das amostras nos dois primeiros componentes principais. Esses escores indicaram que as amostras se agrupam de acordo com o tipo de água e local de ocorrência (Fig. 13). O CP1 separa as amostras de poços e fontes, com cargas negativas das do sistema fluvial (Fig. 14). Logo, a separação dos poços e fontes ao longo do CP1 é influenciada pela condutividade elétrica, Ca²⁺, Mg, HCO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, Ba, Sr, Cu, Sc, V e Co todos com cargas negativas. No geral todas essas variáveis aumentam da direita para esquerda exceto SO₄²⁻ e V. No CP2, é possível observar que as amostras de água branca dos rios Solimões, Purus, Japurá e furo Parati Grande, localizadas na parte inferior da figura 13 em consequência das cargas do CP2 ser negativa, formam um grupo separado em relação às águas pretas. Essa separação é influenciada pelas variáveis pH, Ca²⁺, PO₄³⁻, Mo e Ba onde o valor dos dois primeiros é inversamente proporcional a carga do componente principal, enquanto os demais aumentam juntamente com a carga, ou seja, estes são mais elevados nas águas brancas. As águas pretas são as mais dispersas e se entendem entre o

segundo, terceiro e quarto quadrante (Tab. 21) ou seja, tem carga positiva no CP1 e negativas e positivas no CP2. Essa dispersão pode estar relacionada à grande distância geográfica (300 Km) entre elas e, conseqüentemente a maior variedade de ambientes percolados (Fig. 1). As águas brancas são quimicamente mais homogêneas e estão restritas aos terceiro e quarto quadrante. A homogeneidade delas pode ser conseqüência de representarem apenas 3 rios, o Solimões (6 amostras), Purus (2 amostras), Japurá (1 amostra) o Parati Grande que é um furo do primeiro (1 amostra).

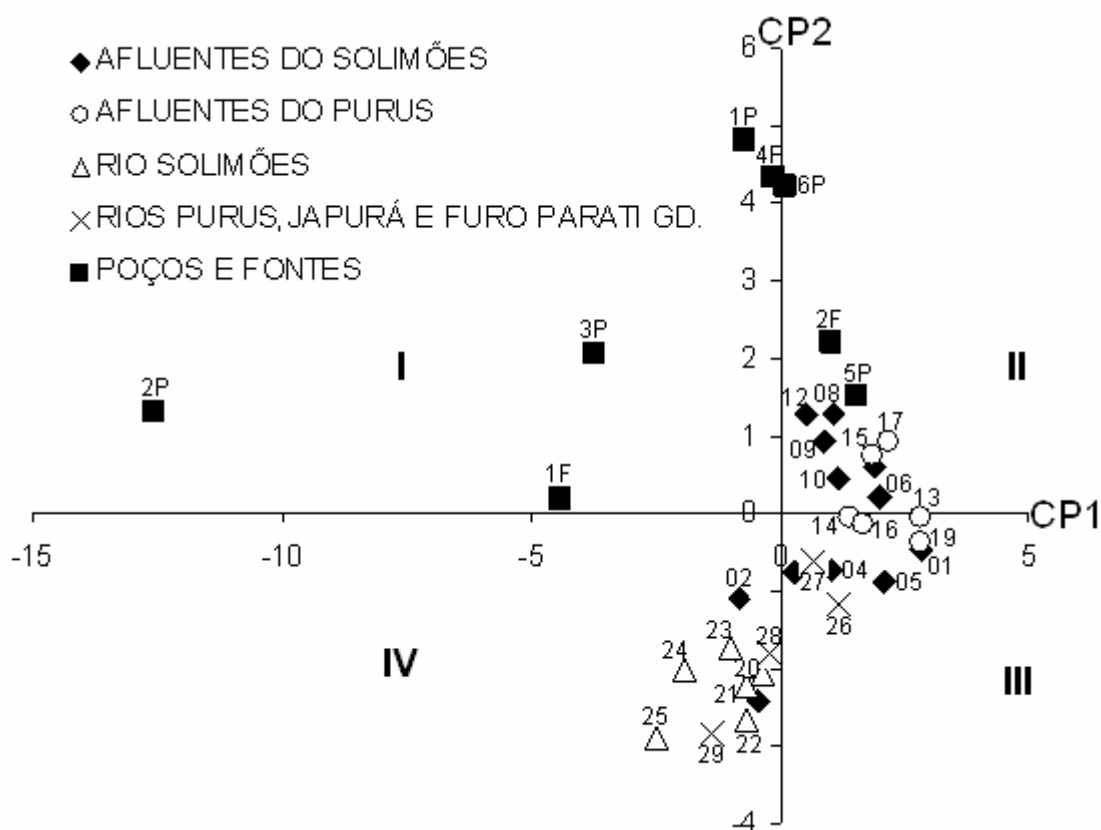


Figura 14 - PC1 versus PC2 das amostras de águas estudadas

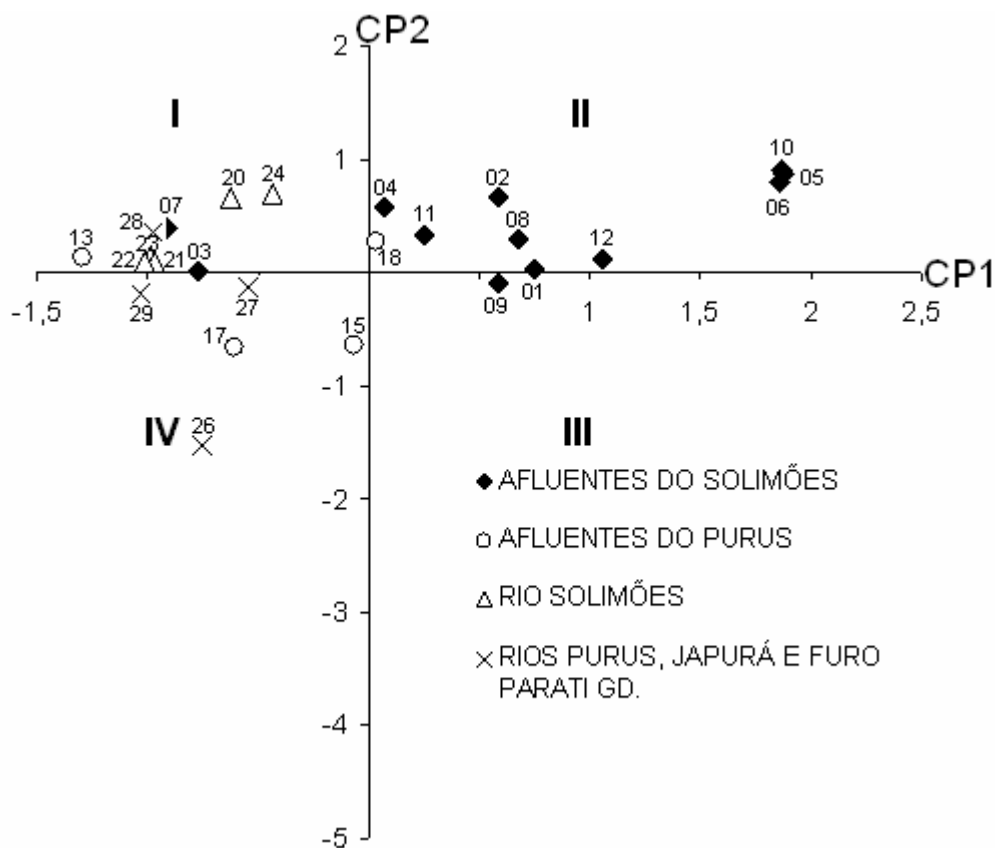
8.6.2 Sedimentos

Nos sedimentos em suspensão foi aplicado o mesmo procedimento. As variáveis mais significativas foram Ti, Zn, V, Zr, Sr, Rb, Cr, Cu, Ni, Sc, Co, Y, Nb, Th, Cs, Tl, U, Hf, Cd e Ge, todas com cargas negativas $>0,6$ dispostas nos dois primeiros componentes principais que representam 70% e 10%, respectivamente da variância total (Tab. 22). Os escores das amostras, também nos dois primeiros componentes principais, separaram os sedimentos em suspensão dos afluentes do rio Solimões em relação aos demais em função do CP1 (Fig. 14) que representa o Ti, V, Zr, Sr, Rb, Cr, Cu, Ni, Sc, Co, Y, Nb, Th, Cs, Tl, U, Hf e Ge cujos teores são inversamente proporcionais às cargas ou seja, este grupo de amostras é o que tem a menor concentração desses elementos-traço.

As demais amostras (afluentes do Purus e as águas brancas) que correspondem as que tiveram cargas negativas no CP1 e conseqüentemente as maiores concentrações em Ti, V, Zr, Sr, Rb, Cr, Cu, Ni, Sc, Co, Y, Nb, Th, Cs, Tl, U, Hf e Ge não têm no sedimento em suspensão características químicas que permitam diferenciá-las em grupos separados. O CP2 representado pelo Zn e Cd apesar de terem cargas elevadas (-0,81 e -0,87) não foram capazes de influenciar significativamente na separação de grupos de amostras em função da composição química dos sedimentos em suspensão. Pode-se concluir, ainda que os sedimentos em suspensão nos afluentes do Purus e nas águas brancas são quimicamente similares.

Tabela 19 - Análise de componentes principais das amostras de sedimentos

Parâmetros	CP1	CP2	Parâmetros	CP1	CP2
Ti	-0,956	0,052	Co	-0,898	0,105
Zn	0,258	-0,806	Y	-0,911	0,247
Ba	-0,850	0,064	Nb	-0,946	-0,008
V	-0,745	-0,266	Th	-0,972	0,020
Zr	-0,917	-0,076	Sn	-0,331	-0,039
Sr	-0,796	0,242	Cs	-0,852	-0,307
Rb	-0,966	-0,020	Tl	-0,343	-0,076
Cr	-0,768	-0,208	U	-0,935	0,187
Cu	-0,639	0,394	Hf	-0,922	-0,140
Ni	-0,929	0,000	Cd	0,060	-0,870
Pb	-0,594	-0,131	Bi	-0,531	0,238
Ga	-0,528	-0,593	Ge	-0,721	-0,172
Sc	-0,983	-0,050	Prp.Totl	70%	10%

**Figura 15** - PC1 versus PC2 das amostras de sedimentos em suspensão

9 CONCLUSÃO

As águas estudadas, de modo geral, podem ser divididas em dois grupos. O primeiro constituindo as águas pretas (afluentes dos rios Solimões e Purus) e o segundo as brancas (rios Solimões, Purus, Japurá e furo Parati Grande). No primeiro grupo as águas têm maior concentração SiO_2 , Fe e Al. No segundo, há maior concentração em Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , Mn, Ba, Sr, B, Ce e As já eram esperados por serem águas brancas e ricas em sedimentos em suspensão.

O furo Parati grande é equivalente ao rio Solimões, por ser um canal deste. O rio Solimões à medida que recebe tributários de águas pretas dilui suas águas, diminuindo as concentrações pH, Na^+ e Mg^{2+} .

Nos elementos-traço, o Fe e Al predominam em todas as drenagens investigadas, com maior concentração nas águas pretas. De modo geral, os afluentes do Solimões têm maior carga química que os do Purus.

Os resultados obtidos nas razões isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ evidenciaram razões mais elevadas nas águas brancas do rio Solimões que os demais rios, enquanto nos seus afluentes ocorreu o inverso.

Os resultados obtidos a partir das análises mineralógica, químicas e interpretações de trabalhos sobre sedimentos em suspensão na Amazônia, conclui-se que a caulinita predomina em todas as drenagens investigadas, com maior proporção nos afluentes do rio Solimões e em menor nos do Purus e nos rios Solimões, Purus, Japurá e furo Parati Grande. O material em suspensão apresentou grande variação na concentração dos elementos-traço, especialmente em Ti, Zn, Ba e V, que representam 98% do total da composição química desse material, já o Ge é inexpressivo em todas as águas estudadas.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLÉGRE, C.J.; DUPRÉ, B.; NÉGREL, P.; GAILLARDET, J. 1996. Sr-Nd-Pb isotopes systematics in Amazon and Congo river systems: Constrains about erosion processes, *Chemical Geology*, 131: 93-112

ALMEIDA, L. F. G. 1975. Implicações tectônicas do Cráton Guianense na Bacia do Alto Amazonas – Conferência Geológica. Interguianas – Belém PA.

ARAI, M.; NOGUEIRA, A.C.R.; SILVEIRA, R.R.; HORBE, A.M. 2003. Considerações cronoestratigráficas e paleoambientais da Formação Solimões com base em palinófitos, região de Coari, estado do Amazonas. In: 8º Simpósio de Geologia da Amazônia. Resumos expandidos e CD.

APHA, AWWA, WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater including bottom sediments and sludges, 14ed., New York, 936p.

BANNER, J.L.; MUSGROVE, M.; CAPO, .C. 1994. Tracing groundwater evolution in a limestone aquifer using Sr isotopes: Effect of multiple sources of dissolved ions and mineral – solution reactions, *Geology*, 22: 687-690.

BULLEN, T.D.; KRABBENHOFT, D.P.; K da ENDALL, C. 1996. Kinetic and mineralogic controls of the evolution of groundwater chemistry and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in a sandy silicate aquifer, northern Wisconsin, *Geochemistry et Cosm. Acta*, 60: 1807-1821.

CAMPOS, Z. E. S. 1994. Parâmetros Físico-químicos em igarapés de água clara e preta ao longo da rodovia BR 174 entre Manaus e Presidente Figueiredo – AM. INPA

CAMPOS, J. N. P., MURAKAMI, C. Y., MAURO FILHO, A, BARBOSA, C. M. 1991. Evolução tectono-sedimentar, habitat do petróleo e exploração da Bacia do Solimões. Manaus: Petrobras/Denoc. Relatório N° 131-08015.

CAPUTO, M. V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Santa Barbara. 583 p. (Doctor of Philosophy Thesis, University of California)

COLLERSON, K.D.; ULLMAN, W.J.; JORGENSEN, T. 1988. Groundwaters with unradiogenic $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios in the Great Artesian Basin, Austrália, *Geology*, 16: 59-63.

CORNU, S.; LUCAS, Y.; AMBROSI, J. P. e DESJARDINS, T. 1999. Transfer of dissolved Al, Fe and Si in two Amazonian Forest environments in Brazil. *European Journal of Soil Scienc*, September, 49, 377-384.

DAEMON R.F. & CONTREIRAS C. J. A. 1971. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas. In: SBG, Cong. Brás. Geol., 25, São Paulo, *Anais*, 3:79-88.

DUPRÉ, B.; GAILLARDET, J.; ROUSSEAU, D.; ALLÉGRE, J. 1996. Major and trace elements of river-borne material: The Congo Basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60:1301-1321.

EIRAS, J. F., BECKER C. R., SOUZA. E. M, GONZAGA. F. G. DA SILVA. J. G. F, DANIEL. L. M. F.; 1994. Bacia do Solimões. B. Geoci. Petrobrás, rio de janeiro, 8 (1): 17-45, jan./mar.

EIRAS, J.F. 2000. Tectônica sedimentação e sistemas petrolíferos da bacia do Solimões estado do Amazonas, Cenário geológico nas bacias sedimentares no Brasil em: Apostila sobre prospecção e desenvolvimento de campos de petróleo e gás (Shlumberger), Cap. 2. Segunda Parte.

ESTEVES, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2º ed., vol 1, editora Interciências LTDA, Rio de Janeiro – RJ. 39p.

EVENSEN, N.M.; HAMILTON, P.J.; O'NIONS, R. K. 1978. Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42: 1199-1212.

FAURE, G. 1986. Principles of Isotope Geology, 2ª Ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 589p.

FRANZINELLI, E. & POTTER, P. E. 1985. Areias recentes dos rios da bacia amazônica: Composições petrográfica, textural e química. *Revista Brasileira de Geociências*. nº 15. v 3. p 213 – 220.

FORTI, M. C.; MELFI, A. J. e AMORIN, P.R.N. 1997. Hidroquímica das águas de drenagem de uma pequena bacia hidrográfica no nordeste da Amazônia (Estado Amapá, Brasil): efeitos da sazonalidade. *Geochimica Brasiliensis*, vol. 3, 11, 311-340

FURCH, K, 1984. Water chemistry of the Amazon Basin: the distribution of chemical elements among freshwaters. In: Sioli, H. (ed.). *The Amazon Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Junk, Dordrecht: p.167-169.

GAILLARDET, J.; DUPRÉ, B.; ALLÈGRE, C.; NÉGREL, P. 1997. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. *Chemical Geology* 142:141-173.

GERAD M., SEYLER P., BENEDETTI M.F., ALVES V.P., BOAVENTURA G.R., SONDAG F. 2003 Rare Earth Elements in the Amazon Basin 2002 Hydrological Processes 17, 1379-1392

GIBBS, R. J. 1967. Geochemistry of the Amazon River system, parte I. The factor that control the salinity and composition and contraction of the suspended solids. Geol. Soc. Am. Bull. 78: 1203 a 1232.

GINGRAS, M. K. RÄSÄNEN. M, RANZI. A. 2002. The significance of bioturbated Inclined Heterolithic Stratification in the Southern Part of the Miocene Solimões Formation, Rio Acre, Amazônia Brasil . Palaios 17:591-601

GIBBS, R. J. 1972. Water chemistry of Amazon river. Geochim. Cosmochimica Acta 36: 1061 a 1066.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. e OHNSTAD, M. A. M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh water. IBP handbook n. 8, Blackwell Scientific publications, 213p.

HEM, J.D. 1970. Study and interpretation of the chemistry characteristics od natural waters, 363 p. (U. S. Geol. Surv. Water-Supply Paper 1473).

HENDERSON, P. 1984. *Rare earth element geochemistry*. Amsterdam, Elsevier. p. 510.

HERUT, B.; STARINSKY, A.; KATZ, A. 1993. Strontium in rainwater from Israel: Sources, isotopes and chemistry, Earth and planet. Sci. Lett., 120: 77-84.

HOORN, C. 1994. Miocene palynostratigraphy and paleoenvironments of Northwestern Amazônia. Evidence for marine incursions and the influence of Andean tectonics. PhD thesis, Univ. of Amsterdam, p. 156

HUTCHINSON, G. E. 1975. A treatise on limnology. New York: John Wiley & Sons. 2v.

IRION, G. 1984. Sedimentation and sediments of amazonian rivers and evolution of Amazonian landscape since Pliocene times. The Amazon. K. Academic publishers Goup – Dordrecht, Boston. Lancaster.

JUNK, W.J. 1980. Áreas inundáveis – um desafio para a Limnologia. Acta Amazônica, 10 (4): 775-795.

JUNK, W.J.; FURCH, K. 1985. Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na bacia Amazônica e nas áreas adjacentes. Acta amazônica, 10 (3): 611-633.

KAWASHITA, K.; MARQUES, F.; SOARES, E.; PINTO, M.S. 1997. Propostas para valores de consenso para $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$ em carbonatos de strôncio NBS-987 e SrN (E&A), In: acta X Semana de Geoquímica / IV Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, Braga, Portugal: 397-400.

KULCHER, I.L.; MIEKELEY, N.; FORSBERG, B. 2000. A contribution to the chemical characterization of rivers in the rio Negro basin, *Brazil. J. Braz. Chem. Soc.*, 11:286-292.

LEVINSON, A.A. 1974. Introduction to exploration geochemistry. Illinois, Applied. Publ. 614p.

LYONS, W.B.; TYLER, S.W.; GAUDETTE, H.E.; LONDG, T. 1995. The use of strontium isotopes in determining groundwater mixing and brine fingering in playa spring zone, Lake Tyrrell, Austrália, *Journal of Hydrology*, 187: 225-239.

LOPES, U.B. 1992. Aspectos Físicos, Químicos e Ecológicos das misturas naturais de águas físico-quimicamente diferentes, na Amazônia. INPA – Pós- Graduação em Ciências Biológicas. Tese de Doutorado, 49p.

MACÊDO, J.A.B.2003. Piscinas - Água & Tratamento & Química. Belo Horizonte: CRQ-MG, 235p.

MAIA, R. G. N.; GODOY, H. K.; YAMAGUTI, H. S.; MOURA, P. A.; COSTA, F. S. F.; HOLANDA, M. A.; COSTA, J. A. 1977. Projeto Carvão no alto Solimões. Relatório Final, CPRM-DNPM, 137p.

MATHESS, G.; HAVEY, A. 1982. The properties of Groundwater. 1 ed.

MORTATTI, J.; PROBST, J. L. 2003. Silicate rock weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Amazon Basin estimated from river water geochemistry: seasonal and spatial variations. *Chemical Geology*, Estados Unidos, v. 197, p. 177-196.

NETO, J. M. M.; MOITA, G. C. 1998. Uma introdução á Análise Exploratória de Dados Multivariados. *Química Nova*, 21 (4).

NORDSTROM, K.F. 1977. The use of grain-size statistics to distinguish between high- and-moderate-energy beach environments. *7. Sed. Petrol.*,47:1287-1294

NOGUEIRA, A. C. R.; ARAI, M.; HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SILVEIRA, R. R.; SILVA, J. S.; MOTTA M. B. 2003. A Influência Marinha nos Depósitos da Formação Solimões na Região de Coari (AM.): Registro da Transgressão Miocênica na Amazônia Ocidental. VIII Simpósio de Geologia da Amazônia, sessão temática: Sedimentologia e Estratigrafia.

PALMER, M.R.; EDMOND, J.M. 1992. Controls over the strontium isotope composition of river water. *Geochemistry Et Cosm. Acta*., 56: 2099-2111.

ROSSETTI, D. de F., TOLEDO, P. M., GÓES, A. M. 2004. New geological framework for Western Amazônia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, p. 1-10.

SANTOS, U. M. ; RIBEIRO, M. N. G. 1988. A Hidroquímica do rio Solimões – Amazonas. *Acta Amazônica*, 18 (3-4): 145 – 172.

SEYLER, P., BOAVENTURA, G. R. 2003. Distribution and partition of trace Metals in the Amazon Basin. *Hydrological Processes*, England, v. 17, p. 1345-1361.

SILVA, M.S.R.; RAMOS, J.P.; PINTO, A.G.N. 1999. Metais de transição nos sedimentos de igarapés de Manaus-AM. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 11:89-100.

SILVEIRA, R.R. 2005. Cronoestratigrafia e Paleoecologia da Formação Solimões (Mioceno) na Região de Coari, Bacia do Solimões. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Amazonas.

SIOLI, H. 1960. Pesquisas limnológicas na região da Estrada de Ferro de Bragança, Estado do Pará– Brasil. *Bol. Tec. Inst. Agron. Norte*, (37):1-73.

SIOLI, H. 1967. Studies in Amazonian waters. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA. Belém, 1966. Atas. Rio de Janeiro, CNPq, 1967. v.3, p.9-50.

SIOLI, H. 1968 Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. *Amazoniana Bd. I H. 3*:267–277.

SIOLI, H. 1985. Amazônia. Fundamentos de ecologia da maior região de florestas tropicais. Rio de Janeiro: Ed. Vozes.

SIOLI, H.; KLINGE, H. 1962. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Avulsa Belém*, (1):27-41.

SIPPEL, S.J.; HAMILTON, S.K.; MELACK, J.M. 1992. Inundation area and morphometry of lakes on the Amazon river floodplain, Brazil. *Arch. Hydrobiol.*, 123(4):385-400.

THOMAS FILHO, A, MIZUSAKI, A.M.P, KAWASHITA, K.; TORQUATO, J.R.1995. Geocronologia Nuclear, *Revista de Geologia*, 8: 213-219.

VILLAS BOAS, P. F.; MELO, A. F. F. 1994. Caracterização e distribuição da Formação Içá na porção noroeste do Estado do Amazonas. *Simpósio de Geologia da Amazônia*, 4. *Boletim de Resumos Expandidos. Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Norte*, 210 – 211.

WALKER, I. 1987. The biology of streams as part of Amazonian forest ecology. *Experientiae*, (73): 279-287.

YABE, M. J. S e OLIVEIRA, E. 1998. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. *Química Nova*, v.21, p.551-556.

11 ANEXOS

Tabela 20 - Normalização (CONDRITOS) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)

Ptos.	Local da Coleta														
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	ig. Manacapuru	126,3286	87,4745	65,3730	48,9658	29,8701	12,0648	15,1737	13,3511	11,4128	10,5820	9,6385	7,8094	9,0854	7,8771
2	ig. Cabaliana	165,5764	119,4545	95,4653	74,7150	46,1039	25,8531	28,3896	24,0320	18,8902	17,6366	16,8674	15,6189	14,5366	15,7542
6	ig. Anamá	284,1373	205,8316	169,1398	127,9021	75,97403	41,3650	44,0528	34,7129	29,5159	26,4550	24,698	23,4283	23,6220	23,6313
16	ig. Anori	194,6034	139,2068	114,1434	86,3233	51,2987	27,5767	30,8370	24,0320	20,8579	19,4003	17,4698	15,6180	16,3537	15,7542
17	ig. Badajós	65,0040	45,7752	39,4313	32,0810	20,7792	13,7883	13,2158	10,6809	9,0515	8,8183	7,2289	7,8094	6,6626	7,8771
20	ig. Coari	72,7718	55,9648	46,6950	37,1464	22,7272	12,0648	13,7053	10,6809	9,0515	7,0546	7,2289	7,8094	6,0569	3,9385
21	ig. Copeá	289,4521	219,9404	172,2528	134,4449	79,2207	41,3650	43,5633	34,7129	29,5159	26,4550	25,301	23,4283	23,6220	23,6313
23	ig. Ipixuna	177,8413	135,6012	103,7667	78,9362	46,1039	25,8531	26,4317	21,3618	17,3160	15,8730	13,8554	11,7141	12,1138	11,8156
24	ig. Catuá	173,7530	128,2333	96,5030	72,1823	42,8571	24,1296	23,9843	18,6915	15,3482	14,1093	12,6506	11,7141	11,5081	11,8156
25	ig. Caiambé	295,1757	63,3328	52,9210	41,3676	25,9740	15,5118	15,1737	13,3511	10,2321	8,8183	7,8313	7,8094	6,6626	3,9385
26	ig. Tefé	211,3649	147,9856	112,0681	84,0016	49,3506	29,3002	27,9001	21,3618	18,4966	15,8730	15,0602	15,6180	13,3252	11,8156
27	ig. Alvarães	101,7989	74,7766	60,1847	44,5335	25,9740	15,5118	15,1737	13,3511	10,2321	8,8183	8,4337	7,8094	7,8740	7,8771
	Média	179,8173	118,6314	93,9953	71,8833	43,0194	23,6987	24,8001	20,0267	16,6601	14,9911	13,8554	13,0157	12,6186	12,1438
9	ig. Matias	111,6108	77,7551	58,1093	42,0008	24,6753	10,34126	12,2369	10,6809	7,8709	7,0546	6,6265	7,8094	6,6626	7,8771
10	ig. Itapuru	184,3827	127,4494	105,8421	81,6800	50,0000	31,0237	30,3475	24,0320	20,8579	19,4003	18,0722	15,6189	16,9594	15,7542
11	ig. Água Fria	235,8953	161,1538	123,4824	89,4892	50,6493	25,8531	25,4527	21,3618	17,3160	15,8730	15,6626	15,6189	15,7480	15,7542
12	ig. Paricatuba	220,7686	163,5053	132,8214	102,5749	64,9350	31,0237	36,7107	29,3724	25,5804	22,9276	21,6867	19,5236	20,5935	19,6927
13	Lago Aiapuá I	188,4710	139,2068	109,9927	84,6348	51,9480	29,3002	30,3475	24,0320	20,4643	17,6366	16,8674	15,6189	15,1423	15,7542
14	Lago Aiapuá II	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
15	Lago Aiapuá III	220,7686	163,5053	132,8214	102,7860	64,9350	32,7473	36,7107	29,3724	25,5804	22,9276	21,6867	19,5236	20,5935	19,6927
	Média	193,6495	138,7626	110,5116	83,8609	51,1904	26,7149	28,6343	23,1419	19,6117	17,6366	16,7670	15,6189	15,9499	15,7542
3	rio Solimões I	266,1488	198,7772	157,7254	122,6256	73,3766	41,3650	43,5633	34,7129	29,1223	26,4550	24,6988	23,4283	22,4106	23,6313
5	rio Solimões II	296,4022	219,7837	176,4034	133,3896	81,1688	44,8121	47,9686	37,3831	30,6965	28,2186	26,5060	23,4283	24,2277	23,6313
18	rio Solimões III	273,0989	203,4802	166,0268	127,0578	75,9740	41,3650	45,5212	34,7129	29,5159	26,4550	25,3012	23,4283	23,0163	23,6313
19	rio Solimões IV	282,0932	211,0049	168,1021	129,8016	77,9220	37,9179	45,0318	34,7129	29,9094	26,4550	25,3012	23,4283	23,6220	23,6313
22	rio Solimões V	196,6475	152,5317	127,6331	98,3537	61,6883	31,0237	34,7528	29,3724	24,0063	21,1640	20,4819	19,5236	19,3821	19,6927
28	rio Solimões VI	274,3254	198,6205	159,8008	122,6256	72,7272	32,7473	40,6265	32,0427	27,1546	24,6913	22,8915	23,4283	22,4106	19,6927
	Média	264,7860	197,3664	159,2819	122,3090	73,8095	38,2052	42,9107	33,8228	28,4008	25,5731	24,1967	22,7775	22,5116	22,3185
7	rio Purus I	213,4096	156,4509	128,6707	98,7758	62,9870	29,3002	36,7107	29,3724	24,3998	21,1640	20,4819	19,5236	18,7765	19,6927
8	rio Purus II	236,3041	166,6405	136,9721	105,1076	62,3376	34,4708	36,7107	29,3724	23,6127	21,1640	19,2771	19,5236	17,5651	15,7542
29	rio Japurá	274,7342	201,9125	162,9138	124,9472	73,3766	43,0885	43,0739	32,0427	28,3353	26,4550	24,0963	23,4283	22,4106	23,6313
4	furoParati Gd.	291,4963	215,2375	172,2528	132,7564	79,2207	44,8121	47,4792	37,3831	31,0901	28,2186	27,1084	23,4283	24,2277	23,6313
	Média	253,9861	185,0604	150,2023	115,3968	69,4805	37,9179	40,9936	32,0427	26,8595	24,2504	22,7409	21,4759	20,7450	20,6774

Tabela 21 - Normalização (MÉDIA CRUSTAL) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)

Pontos	Local da Coleta	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	ig. Manacapuru	1,030	0,930	0,768	0,829	0,767	0,583	0,574	0,556	0,500	0,571	0,417	0,500	0,400
2	ig. Cabaliana	1,350	1,270	1,122	1,264	1,183	1,250	1,074	1,000	0,833	1,000	0,833	0,800	0,800
6	ig. Anamá	2,317	2,188	1,988	2,164	1,950	2,000	1,667	1,444	1,250	1,464	1,250	1,300	1,200
16	ig. Anori	1,587	1,480	1,341	1,461	1,317	1,333	1,167	1,000	0,917	1,036	0,833	0,900	0,800
17	ig. Badajós	0,530	0,487	0,463	0,543	0,533	0,667	0,500	0,444	0,417	0,429	0,417	0,367	0,400
20	ig. Coari	0,593	0,595	0,549	0,629	0,583	0,583	0,519	0,444	0,333	0,429	0,417	0,333	0,200
21	ig. Copeá	2,360	2,338	2,024	2,275	2,033	2,000	1,648	1,444	1,250	1,500	1,250	1,300	1,200
23	ig. Ipixuna	1,450	1,442	1,220	1,336	1,183	1,250	1,000	0,889	0,750	0,821	0,625	0,667	0,600
24	ig. Catuá	1,417	1,363	1,134	1,221	1,100	1,167	0,907	0,778	0,667	0,750	0,625	0,633	0,600
25	ig. Caiambé	2,407	0,673	0,622	0,700	0,667	0,750	0,574	0,556	0,417	0,464	0,417	0,367	0,200
26	ig. Tefé	1,723	1,573	1,317	1,421	1,267	1,417	1,056	0,889	0,750	0,893	0,833	0,733	0,600
27	ig. Alvarães	0,830	0,795	0,707	0,754	0,667	0,750	0,574	0,556	0,417	0,500	0,417	0,433	0,400
	Média	1,466	1,261	1,105	1,216	1,104	1,146	0,938	0,833	0,708	0,821	0,694	0,694	0,617
15	Lago Aiapuá III	1,800	1,738	1,561	1,739	1,667	1,583	1,389	1,222	1,083	1,286	1,042	1,133	1,000
13	Lago Aiapuá I	1,537	1,480	1,293	1,432	1,333	1,417	1,148	1,000	0,833	1,000	0,833	0,833	0,800
12	ig. Paricatuba	1,800	1,738	1,561	1,736	1,667	1,500	1,389	1,222	1,083	1,286	1,042	1,133	1,000
11	ig. Água Fria	1,923	1,713	1,451	1,514	1,300	1,250	0,963	0,889	0,750	0,929	0,833	0,867	0,800
10	ig. Itapuru	1,503	1,355	1,244	1,382	1,283	1,500	1,148	1,000	0,917	1,071	0,833	0,933	0,800
9	ig. Matias	0,910	0,827	0,683	0,711	0,633	0,500	0,463	0,444	0,333	0,393	0,417	0,367	0,400
	Média	1,579	1,475	1,299	1,419	1,314	1,292	1,083	0,963	0,833	0,994	0,833	0,878	0,800
3	rio Solimões I	2,170	2,113	1,854	2,075	1,883	2,000	1,648	1,444	1,250	1,464	1,250	1,233	1,200
5	rio Solimões II	2,417	2,337	2,073	2,257	2,083	2,167	1,815	1,556	1,333	1,571	1,250	1,333	1,200
18	rio Solimões III	2,227	2,163	1,951	2,150	1,950	2,000	1,722	1,444	1,250	1,500	1,250	1,267	1,200
19	rio Solimões IV	2,300	2,243	1,976	2,196	2,000	1,833	1,704	1,444	1,250	1,500	1,250	1,300	1,200
22	rio Solimões V	1,603	1,622	1,500	1,664	1,583	1,500	1,315	1,222	1,000	1,214	1,042	1,067	1,000
28	rio Solimões VI	2,237	2,112	1,878	2,075	1,867	1,583	1,537	1,333	1,167	1,357	1,250	1,233	1,000
	Média	2,159	2,098	1,872	2,070	1,894	1,847	1,623	1,407	1,208	1,435	1,215	1,239	1,133
7	rio Purus I	1,740	1,663	1,512	1,671	1,617	1,417	1,389	1,222	1,000	1,214	1,042	1,033	1,000
8	rio Purus II	1,927	1,772	1,610	1,779	1,600	1,667	1,389	1,222	1,000	1,143	1,042	0,967	0,800
29	rio Japurá	2,240	2,147	1,915	2,114	1,883	2,083	1,630	1,333	1,250	1,429	1,250	1,233	1,200
4	furo Parati Gd.	2,377	2,288	2,024	2,246	2,033	2,167	1,796	1,556	1,333	1,607	1,250	1,333	1,200
	Média	2,071	1,968	1,765	1,953	1,783	1,833	1,551	1,333	1,146	1,348	1,146	1,142	1,050

Tabela 22 - Normalização (NASC) dos ETR em sedimentos em suspensão em µg (N.A.: Não Analisado)

Ptos.	Local da Coleta		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
1	ig. Manacapuru	AGUAS PRETAS	126,329	87,475	65,373	48,966	29,870	12,065	15,174	405,174	11,413	10,582	9,639	7,809	9,085	7,877
2	ig. Cabaliana		165,576	119,455	95,465	74,715	46,104	25,853	28,390	758,067	18,890	17,637	16,867	15,619	14,537	15,754
6	ig. Anamá		284,137	205,832	169,140	127,902	75,974	41,365	44,053	1176,311	29,516	26,455	24,699	23,428	23,622	23,631
16	ig. Anori		194,603	139,207	114,143	86,323	51,299	27,577	30,837	823,418	20,858	19,400	17,470	15,619	16,354	15,754
17	ig. Badajós		65,004	45,775	39,431	32,081	20,779	13,788	13,216	352,893	9,052	8,818	7,229	7,809	6,663	7,877
20	ig. Coari		72,772	55,965	46,695	37,146	22,727	12,065	13,705	365,964	9,052	7,055	7,229	7,809	6,057	3,939
21	ig. Copeá		289,452	219,940	172,253	134,445	79,221	41,365	43,563	1163,241	29,516	26,455	25,301	23,428	23,622	23,631
23	ig. Ipixuna		177,841	135,601	103,767	78,936	46,104	25,853	26,432	705,787	17,316	15,873	13,855	11,714	12,114	11,816
24	ig. Catuá		173,753	128,233	96,503	72,182	42,857	24,130	23,984	640,436	15,348	14,109	12,651	11,714	11,508	11,816
25	ig. Caiambé		295,176	63,333	52,921	41,368	25,974	15,512	15,174	405,174	10,232	8,818	7,831	7,809	6,663	3,939
26	ig. Tefé		211,365	147,986	112,068	84,002	49,351	29,300	27,900	744,997	18,497	15,873	15,060	15,619	13,325	11,816
27	ig. Alvarães		101,799	74,777	60,185	44,534	25,974	15,512	15,174	405,174	10,232	8,818	8,434	7,809	7,874	7,877
	Média		179,817	118,631	93,995	71,883	43,019	23,699	24,800	662,220	16,660	14,991	13,855	13,016	12,619	12,144
15	Lago Aiapuá III	AGUAS PRETAS	220,769	163,505	132,821	102,786	64,935	32,747	36,711	980,260	25,580	22,928	21,687	19,524	20,594	19,693
14	Lago Aiapuá II		N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
13	Lago Aiapuá I		188,471	139,207	109,993	84,635	51,948	29,300	30,348	810,348	20,464	17,637	16,867	15,619	15,142	15,754
12	ig. Paricatuba		220,769	163,505	132,821	102,575	64,935	31,024	36,711	980,260	25,580	22,928	21,687	19,524	20,594	19,693
11	ig. Água Fria		235,895	161,154	123,482	89,489	50,649	25,853	25,453	679,647	17,316	15,873	15,663	15,619	15,748	15,754
10	ig. Itapuru		184,383	127,449	105,842	81,680	50,000	31,024	30,348	810,348	20,858	19,400	18,072	15,619	16,959	15,754
9	ig. Matias		111,611	77,755	58,109	42,001	24,675	10,341	12,237	326,753	7,871	7,055	6,627	7,809	6,663	7,877
	Média		193,650	138,763	110,512	83,861	51,190	26,715	28,634	764,602	19,612	17,637	16,767	15,619	15,950	15,754
3	rio Solimões I	AGUAS BRANCAS	266,149	198,777	157,725	122,626	73,377	41,365	43,563	1163,241	29,122	26,455	24,699	23,428	22,411	23,631
5	rio Solimões II		296,402	219,784	176,403	133,390	81,169	44,812	47,969	1280,872	30,697	28,219	26,506	23,428	24,228	23,631
18	rio Solimões III		273,099	203,480	166,027	127,058	75,974	41,365	45,521	1215,522	29,516	26,455	25,301	23,428	23,016	23,631
19	rio Solimões IV		282,093	211,005	168,102	129,802	77,922	37,918	45,032	1202,452	29,909	26,455	25,301	23,428	23,622	23,631
22	rio Solimões V		196,648	152,532	127,633	98,354	61,688	31,024	34,753	927,979	24,006	21,164	20,482	19,524	19,382	19,693
28	rio Solimões VI		274,325	198,621	159,801	122,626	72,727	32,747	40,627	1084,821	27,155	24,691	22,892	23,428	22,411	19,693
	Média		264,786	197,366	159,282	122,309	73,810	38,205	42,911	1145,814	28,401	25,573	24,197	22,778	22,512	22,319
7	rio Purus I	AGUAS BRANCAS	213,410	156,451	128,671	98,776	62,987	29,300	36,711	980,260	24,400	21,164	20,482	19,524	18,777	19,693
8	rio Purus II		236,304	166,641	136,972	105,108	62,338	34,471	36,711	980,260	23,613	21,164	19,277	19,524	17,565	15,754
29	rio Japurá		274,734	201,913	162,914	124,947	73,377	43,089	43,074	1150,171	28,335	26,455	24,096	23,428	22,411	23,631
4	ig. Parati Gd		291,496	215,238	172,253	132,756	79,221	44,812	47,479	1267,802	31,090	28,219	27,108	23,428	24,228	23,631
	Média		253,986	185,060	150,202	115,397	69,481	37,918	40,994	1094,623	26,860	24,250	22,741	21,476	20,745	20,677

