

III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
(SILUBESA)

TEMA 5  
QUALIDADE DA ÁGUA

BACIA DO RIO TROMBETAS. ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA - ASPECTOS  
FÍSICO-QUÍMICOS

MÁRCIA BAHIA SANTOS  
Engenheira Civil e Sanitarista

JÚLIO ALEJANDRO MACARI HERNANDES  
Engenheiro Civil e Sanitarista  
Departamento de Recursos Naturais e Meio Ambiente da  
ENGE-RIO Engenharia e Consultoria S.A.

ANASTÁCIO JURAS  
Biólogo, PhD, ELETRONORTE, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.

JOEL M. BRANSKI  
PhD, Engenheiro Civil do Departamento de Recursos Naturais  
Meio Ambiente da ENGE-RIO Engenharia e Consultoria S.A.

R E S U M O

A bacia do rio Trombetas situa-se na região Norte do Brasil, na chamada Região Periférica Norte da bacia amazônica e seus rios pertencem ao grande grupo das águas claras.

Este trabalho teve como objetivo a escolha de parâmetros indicadores para caracterização limnológica e diferenciação entre sistemas (fluviais, igarapés e lacustres).

Foram realizadas campanhas de coleta de amostra para obtenção de parâmetros físico-químicos e biológicos de água e realizada uma análise espacial e estacional dos resultados obtidos.

Í N D I C E

<u>ITEM</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	3
2.	ÁGUAS DA AMAZÔNIA - TIPOLOGIA	3
3.	BACIA DO RIO TROMBETAS - ASPECTOS GERAIS	8
4.	ESTUDOS REALIZADOS NA BACIA	11
5 .	ANÁLISE DOS RESULTADOS ÓBTIDOS	12
6.	CONCLUSÕES	19
	BIBLIOGRAFIA	25
	AGRADECIMENTOS	25

## 1. INTRODUÇÃO

A ocupação progressiva da bacia Amazônica tem provocado a necessidade da utilização de seus recursos hídricos de forma expressiva, através da implantação de reservatórios para geração de energia.

Tais atividades provocam impactos ambientais diretos e indiretos que, para sua identificação, avaliação e controle, necessitam de trabalhos prévios de caracterização dos ecossistemas aquáticos existentes quanto aos aspectos físico-químicos e biológicos.

Este trabalho tem por objetivo a proposição de uma metodologia para caracterização limnológica dos rios da Amazônia e de parâmetros indicadores de qualidade da água a serem utilizados em rios de águas claras.

São confirmadas, também, observações realizadas por vários pesquisadores que atuaram na região, ressaltadas as particularidades da bacia do Trombetas em estudo.

A bacia do rio Trombetas e a rede de coleta utilizada são apresentas na figura 1.

## 2. ÁGUAS DA AMAZÔNIA - TIPOLOGIA

Uma característica geral para todos os rios tropicais é a elevada temperatura permanente, anual, acima de 27°C, associada a reduzidas amplitudes térmicas diárias.

A alta temperatura acelera todos os processos biológicos e químicos, a uma velocidade cinco vezes maior que nas regiões temperadas.

As altas taxas de metabolismo provocam a rápida circulação de nutrientes, ocasionam uma relativa pobreza dos mesmos na água.

Teores de nutrientes, que representariam uma situação de extrema pobreza, aqui representam uma situação de disponibilidade relativa, devido à intensificação e à maior eficiência do aproveitamento dos mesmos.

Os lagos inundados sazonalmente são utilizados para aumentar a produtividade primária.

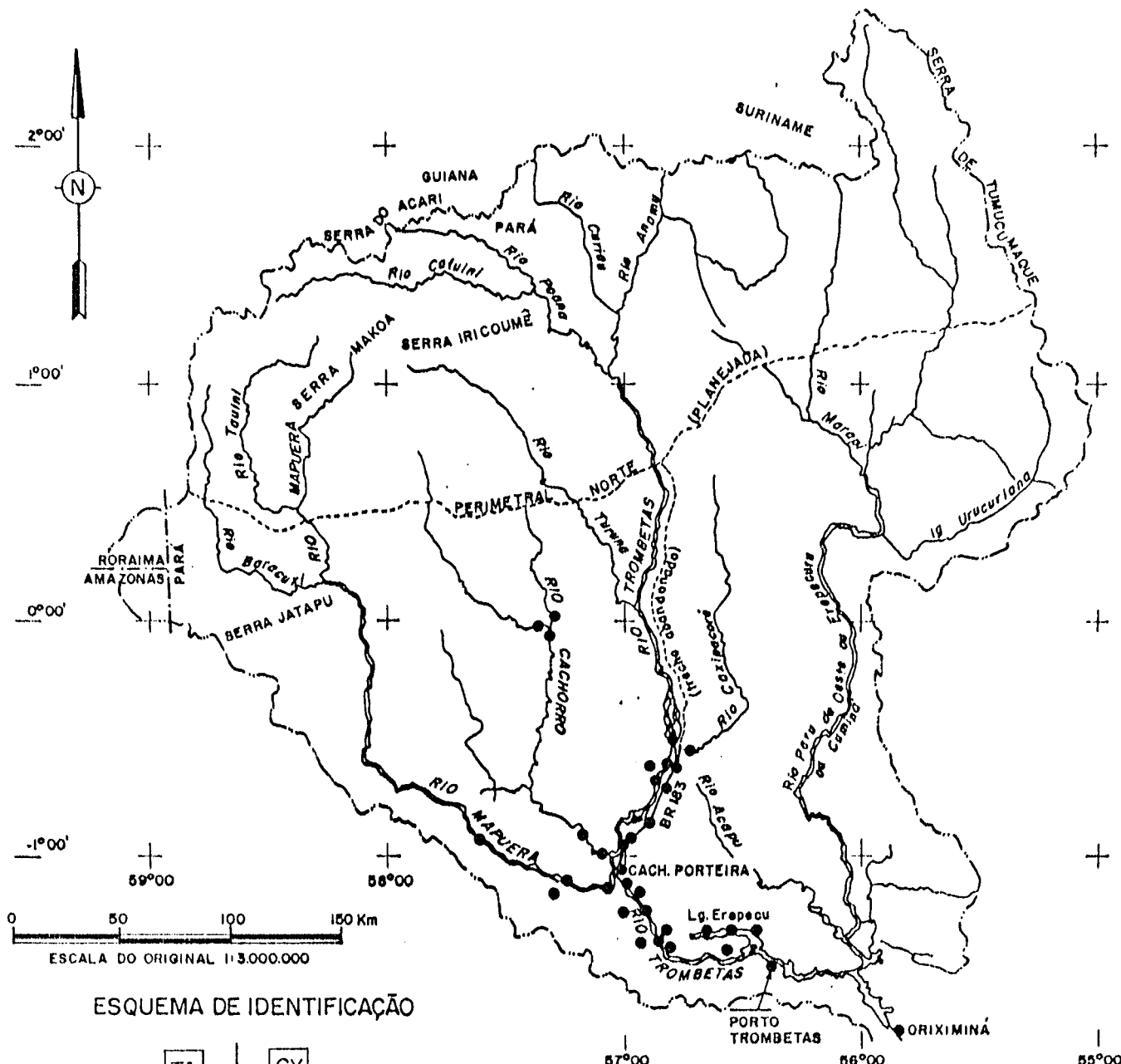
Assim, os teores observados em forma livre na água da região são em geral bastante reduzidos.

Podem-se diferenciar, em função das condições físico-químicas e, principalmente, pelo transporte de sedimentos (material em suspensão ou dissolvido), três tipos de águas (Sioli, 1984):

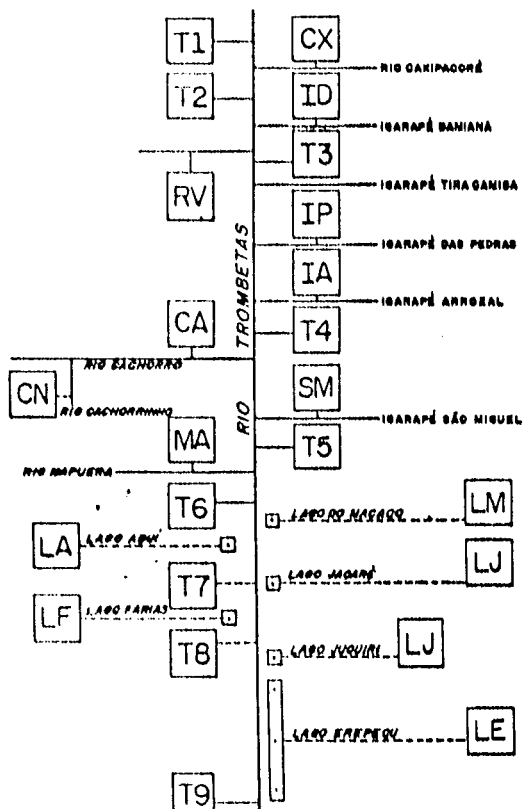
- águas com muito material em suspensão, coloração marrom-amarelada, denominadas águas brancas, representadas pelos rios Solimões, Madeira e Purus;
- águas transparentes e esverdeadas, com reduzidos teores de substâncias em suspensão, denominadas águas claras, representadas pelos rios Tapajós, Xingu e Trombetas;

FIGURA 1

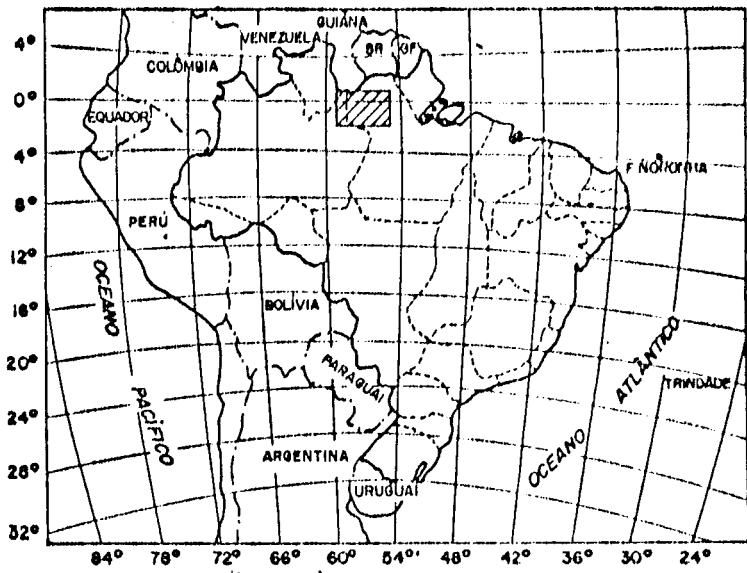
BACIA DO RIO TROMBETAS LOCALIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS ESTAÇÕES DE COLETA



ESQUEMA DE IDENTIFICAÇÃO



LOCALIZAÇÃO DO MAPA



- águas transparentes, com coloração marrom e reduzidos teores de material em suspensão, denominadas águas pretas, representadas pelos rios Negro, Uatumã e Tarumã-Açu.

Segundo Sioli, 1984, os diferentes tipos de águas ocorrem em função de processos interativos entre fatores geológicos, pedológicos, climáticos, relevo e cobertura vegetal.

Os rios de águas brancas são raros na Amazônia brasileira, sendo encontrados principalmente no estado do Acre e em zonas pré-andinas em geral.

Os rios de águas claras são os mais comuns na região Amazônica, nos escudos arqueanos e nas áreas da formação Barreiras. São típicos da região de florestas de terra firme e de certos campos comuns na Amazônia, semelhantes ao cerrado ou à caatinga.

Os rios de águas pretas ocorrem em regiões de solo arenoso, especialmente nas áreas cobertas pela chamada "caatinga amazônica".

O relevo, o tipo de solo e a vegetação desempenham papel importante ocorrência dos três tipos de águas citados.

O Quadro 2.1 apresenta a combinação básica entre estes fatores e o tipo de água encontrado.

QUADRO 2.1

TIPO DE ÁGUA	GEOMORFOLOGIA		SOLOS		COBERTURA VEGETAL		
	ENCOSTAS MONTANHOSAS	RELEVO SUAVE	PODZOLS	OUTROS	FLORESTA	CAATINGA	CAMPOS CERRADOS
ÁGUAS BRANCAS	(+)	(-) (+)	(-)	(+)	(-) (+)	(-)	(-)
ÁGUAS CLARAS	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)
ÁGUAS PRETAS	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)

FONTE: Sioli (1984) (-) - Fator desfavorável  
(+) - Fator favorável

Os diferentes fatores citados interligados explicam por que as águas pretas são mais quimicamente homogêneas do que as outras. Os podzols ocorrem em áreas planas das quais já foram removidas pela erosão as partículas finas, deixando praticamente só areia, e os íons que formam bases devem ter sido lixiviados (um pré-requisito para a podzolização).

As águas brancas e as águas claras possuem maior diversidade de composição química, pois sua ocorrência se define em função de um relevo mais acidentado (águas brancas) ou mais suave (águas claras), ou seja, da quantidade de energia e capacidade de transporte de sedimentos.

Os rios podem variar bastante entre estes dois tipos de água, apresentando águas claras na seca e brancas no período chuvoso.

O Desenho 2.1 apresenta as características gerais dos tipos de águas citados quanto aos principais cátions, comparando-os à água média mundial.

O Quadro 2.2 apresenta as faixas típicas de pH para os três tipos de água. Segundo Sioli (1984), para a classificação dos diferentes tipos de água são suficientes os parâmetros fósforo total, pH e condutividade.

Em caso de sistemas lacustres, contudo, estes parâmetros não são suficientes, sendo necessários parâmetros adicionais que não foram propostos de forma definitiva em seu trabalho.

Furch (1976) separa eficientemente as águas da Região Periférica Norte (águas claras e pretas) através da utilização dos seguintes parâmetros: alcalinidade, bicarbonato, Na, K, Mg, Ca, Sr e Ba.

Contudo, a diferenciação entre águas claras e pretas nem sempre é possível no caso de sistemas de igarapés, onde ocorre extrema pobreza de eletrólitos.

O Quadro 2.3 apresenta valores típicos coletados por vários autores para rios da região Amazônica.

Os lagos da Amazônia não são lagos verdadeiros, são apenas lagos de várzea, refletindo as condições dos rios que os formam, experimentando três diferentes períodos, segundo o ciclo hidrológico (SIOLI, 1984):

- período lótico ascendente;
- período lótico descendente;
- período lântico.

Neste trabalho, os lagos da Amazônia Central apresentaram os seguintes tipos de águas:

- águas pretas;
- águas misturadas;
- águas brancas.

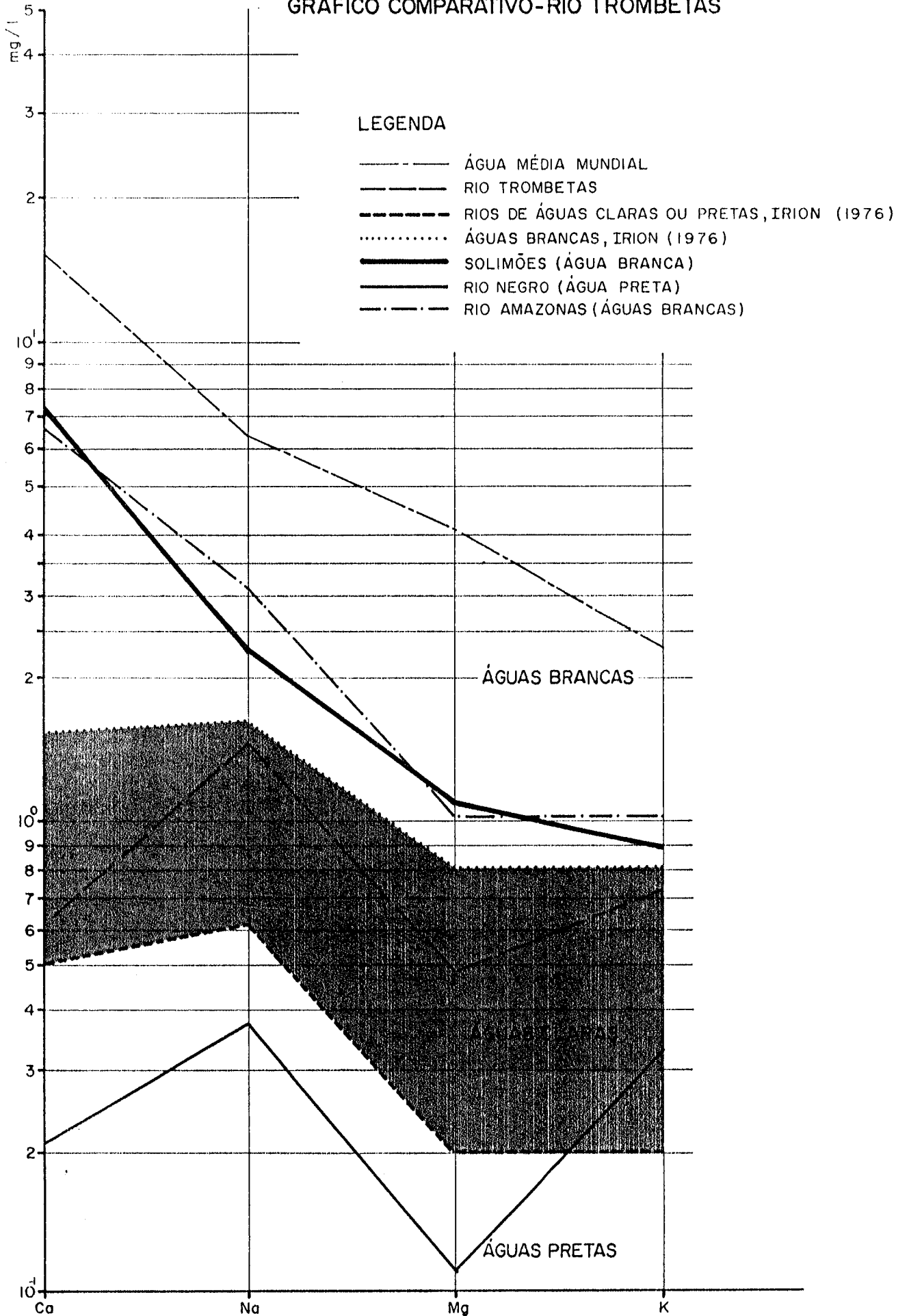
Para pH, oxigênio dissolvido, bactérias totais, ferro, sílica e fosfato, as águas brancas são as mais ricas, seguindo-se as águas misturadas e as águas pretas.

QUADRO 2.2  
FAIXAS TÍPICAS DE pH  
AMAZÔNIA

TIPOS BÁSICOS	pH
Águas Pretas	3,8 - 4,9
Águas Brancas	6,2 - 7,2
Águas Claras	4,5 - 7,8

FIGURA 2.1

TEOR DE ELETRÓLITOS NA ÁGUA  
GRÁFICO COMPARATIVO-RIO TROMBETAS



QUADRO 2.3  
PRINCIPAIS CÁTIONS (mg/l)  
VALORES TÍPICOS OBSERVADOS POR VÁRIOS AUTORES

CURSO D'ÁGUA	Ca	Mg	Na	K	TIPO DE ÁGUA
Rio Solimões -	12	1,7	3,4	1,0	Branca
Rio Amazonas *	6,5	1,0	3,1	1,0	Branca
Rio Madeira -	6,8	2,1	2,3	1,4	Branca
Rio Uatumã x	0,6	0,5	-	-	Preta
Rio Negro *	0,2	1,1	0,4	0,9	Preta
Rio Tapajós *	1,17	0,4	-	-	Clara
Rio Urubu *	0,031	0,031	0,170	0,057	Preta

Fontes: \* SIOLI (1984)  
x Branski et al (1988)  
- IRION (1976)

### 3. BACIA DO RIO TROMBETAS - ASPECTOS GERAIS

A bacia do rio Trombetas situa-se na região Norte do Brasil, entre os paralelos 2°N e 2°S, e na região equatorial.

O clima da região é fundamentalmente do tipo Am da Classificação de Köppen, ou seja, tropical chuvoso, megatérmico, sendo a precipitação média anual superior a 750 mm e a temperatura do mês mais frio superior a 18°C.

A temperatura média do mês mais frio registrada é de 26,5°C, com precipitação média anual da ordem de 2.000 mm (dados da estação Porto Trombetas).

Existem basicamente duas estações:

- seca no trimestre setembro, outubro e novembro;
- chuvosa no quadrimestre fevereiro, março, abril e maio.

O rio Trombetas nasce no planalto das Guianas, nas serras de Acaraí e Tumucumaque, a uma altitude de cerca de 500 m acima do nível do mar.

A maior parte da bacia do rio Trombetas se desenvolve dentro de áreas de relevo arrasado, pertencentes à Depressão do Sul das Guianas e à Depressão Periférica do Norte da Amazônia.

O relevo é, portanto, bastante acidentado, com altitude variando na faixa de 200 m a cerca de 800 m, criando várias cachoeiras e corredeiras no curso dos rios da bacia.

Após transpor essas áreas, o rio Trombetas, na confluência com o rio Mapuera, penetra na área do planalto sedimentar, entrando em seguida numa região de relevos tabulares, onde forma vários lagos e bancos arenosos.



Os solos da bacia são em geral ácidos, extremamente pobres em nutrientes, álicos (saturação de alumínio), com grandes teores de matéria orgânica no seu horizonte superficial.

O rio Trombetas possui um comprimento total de cerca de 700 km, recebendo em sua foz a contribuição de uma área de 126.900 km<sup>2</sup>.

As descargas máximas observadas nos períodos considerados neste trabalho são apresentadas no quadro abaixo.

QUADRO 3.1  
BACIA DO RIO TROMBETAS  
DESCARGAS MÁXIMAS OBSERVADAS (m<sup>3</sup>/s)

RIO	PERÍODO	DESCARGAS MÁXIMAS (m <sup>3</sup> /s)
MAPUERA	1971/1986	3.731
TROMBETAS	1971/1986	9.272*
TROMBETAS	1971/1986	12.556
EREPECURU	1971/1975	3.683

\* Valor estimado através de correlação com o posto Cachoeira Porteira

A Figura 2 apresenta as alturas de chuva observadas nos anos de 1985 e 1986 nas estações de Porto Trombetas, Cachoeira Porteira e Waiwai (rio Mapuera) e as vazões associadas nos postos Cachoeira Porteira e Caramujo (imediatamente a montante e, imediatamente a jusante da confluência entre o rio Trombetas e o Mapuera).

Ocorrem na região os seguintes tipos de vegetação:

- Mata de Terra Firme;
- Mata de Igapó ou vegetação inundável;
- Mata de Baixio;
- Mata de Bambu;
- Mata de Campina ou Campinarana; e
- Capoeira ou Mata Secundária.

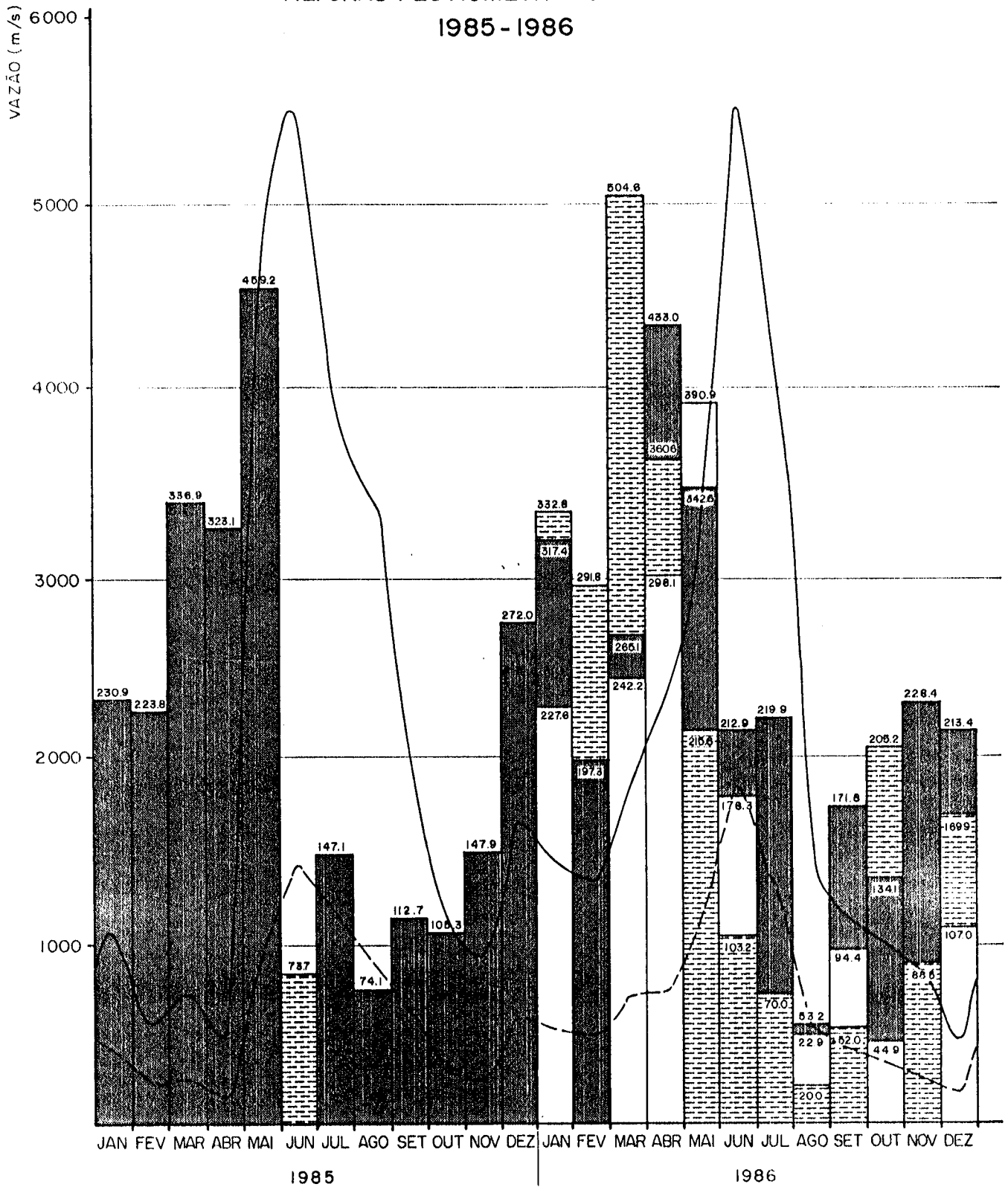
Os quatro primeiros tipos correspondem à chamada Floresta Tropical (Equatorial) Densa, que predomina em toda a região.

A Mata de Campina ou Campinarana ocorre em áreas de solos arenosos que sofreram processo de podzolização, observadas nas cabeceiras de alguns rios da bacia.

A Capoeira ocorre em áreas onde já houve ação antrópica.

FIGURA 2

ALTURAS PLUVIOMÉTRICAS E VAZÕES  
1985 - 1986



ALTURAS DE CHUVA

- ESTAÇÃO PORTO TROMBETAS
- ESTAÇÃO CACHOEIRA PORTEIRA
- ESTAÇÃO WAI-WAI

VAZÕES

- RIO TROMBETAS (CACHOEIRA PORTEIRA)
- RIO MAPUERA (ESTIRÃO DA ANGÉLICA)

Os fatores do meio físico e o tipo de cobertura vegetal irão condicionar as características da água dos rios estudados, como será visto no item 6.

#### 4. ESTUDOS REALIZADOS NA BACIA

Há grande abundância de dados físico-químicos da água, obtidos para vários fins. O rio Erepecuru e seus afluentes, contudo, ainda não foram objeto de nenhum estudo de qualidade da água.

##### 4.1 DETERMINAÇÕES DE CAMPO DO DNAEE

Algumas determinações de campo efetuadas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e incorporadas ao Sistema de Informações Hidrológicas (SIH) referem-se aos seguintes parâmetros:

- condutividade elétrica ( $\mu\text{s/cm}$ );
- oxigênio dissolvido ( $\text{mg/l}$ );
- pH; e
- temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ).

##### 4.2 CAMPANHAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA COMPANHIA DE SANEAMENTO DO AMAZONAS (COSAMA)

Estas campanhas tiveram como objetivo estabelecer a qualidade da água para abastecimento na área de influência do futuro reservatório da UHE Porteira (em Cachoeira Porteira).

Foram obtidos valores dispersos, ao longo do período de 1984 a 1985, dos seguintes parâmetros de qualidade da água: cor (p.p.m.); turbidez (p.p.m.); pH;  $\text{CO}_2$  (p.p.m.); hidroxila (p.p.m.); carbonatos (p.p.m.); bicarbonatos (p.p.m.); dureza (p.p.m. de  $\text{CaCO}_3$ ); cálcio (p.p.m.); magnésio (p.p.m.); oxigênio consumido (p.p.m.); cloreto (p.p.m.); ferro (p.p.m.); coliformes totais (NMP/100 ml).

##### 4.3 CAMPANHAS LIMNOLÓGICAS REALIZADAS PELA ELETRONORTE

Foram realizadas análises de água na área de influência do futuro reservatório da UHE Porteira, nos rios e igarapês que drenam para o eixo da futura barragem, no rio Trombetas a jusante da mesma e em importantes ecossistemas aquáticos, como os diversos lagos desta região.

Estes estudos visaram:

- à caracterização dos ecossistemas aquáticos na área de inundação na área da futura UHE Porteira quanto às características físico-químicas e biológicas de suas águas;

- à caracterização de presença ou tendência à proliferação de macrófitas aquáticas.

A área de estudo foi definida, ao longo do rio Trombetas, na faixa compreendida entre 80 km a montante do eixo da futura barragem e 135 km a jusante do local da futura Vila Residencial de Cachoeira Porteira.

A rede de amostragem compreende 34 estações, distribuídas nos seguintes corpos d'água, segundo o esquema apresentado no mapa:

- . rios : Trombetas, Cachorro, Cachorrinho, Caxipacoré, Velho e Mapuera;
- . igarapés: Damiana, Tira-Camisa, das Pedras, Arrozal, São Miguel e Água-Fria;
- . lagos : do Macaco, Abuí, Jacaré, Farias, Leonardo, Juquiri e Erepecu.

Os seguintes parâmetros foram analisados: transparência pelo disco de Secchi (m); cor (mg Pt/l); sólidos em suspensão (mg/l); temperatura (°C); condutividade elétrica ( $\mu\text{s/cm}$ ); pH; alcalinidade total (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ); dióxido de carbono (mg/l); dureza de Ca e Mg (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ); oxigênio dissolvido (mg/l); demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ -mg  $\text{O}_2/\text{l}$ ); demanda química de oxigênio (DQO - mg  $\text{O}_2/\text{l}$ ); amônia ( $\mu\text{g N/l}$ ); nitrito ( $\mu\text{g N/l}$ ); nitrato ( $\mu\text{g N/l}$ ); fosfato total ( $\mu\text{g PO}_4^{3-}/\text{l}$ ); ortofosfato ( $\mu\text{g PO}_4^{3-}/\text{l}$ ); silicato (mg  $\text{SiO}_2/\text{l}$ ); sulfato (mg  $\text{SO}_4^{2-}/\text{l}$ ); cloreto (mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ ); sódio (mg/l); magnésio (mg/l); cálcio (mg/l); potássio (mg/l); ferro total (mg/l); ferro dissolvido (mg/l); manganês (mg/l); pigmentos totais (mg/l); análise de fitoplâncton qualitativa a nível de espécie; identificação de macrófitas aquáticas a nível de espécie.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

### 5.1 INTRODUÇÃO

Os resultados obtidos são apresentados resumidamente nos quadros 5.1 e 5.2.

As águas do rio Trombetas e de seus afluentes pertencem ao grande grupo das águas claras, que se caracterizam por baixos teores de material em suspensão, baixa condutividade elétrica e pH entre 4,5 e 7,8.

O principal fator que poderia interferir nos tipos e na qualidade da água destes rios é a existência de areais (podzols) e florestas inundáveis nas áreas de captação (Sioli, 1984).

Os dados disponíveis do projeto RADAMBRASIL (1975, 1976) não apresentam detalhamento suficiente para permitir correlações que confirmem as afirmativas acima.

Será realizada somente uma análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos, buscando a confirmação das observações realizadas por vários autores, bem como uma análise de variação sazonal dos parâmetros obtidos.

### 5.2 SISTEMAS OBSERVADOS

Através da análise preliminar dos resultados obtidos foram escolhidos os seguintes indicadores de qualidade da água:

- média da relação percentual, em mEq/‰, Ca + Mg/Na + K;
- média dos principais cátions Ca + Mg + Na + K (mg/‰);

- média da condutividade ( $\mu\text{s/cm}$ );
- valores médios de alcalinidade ( $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ ),  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg/l}$ ), e pH;
- média do teor de pigmentos totais ( $\text{mg/l}$ );
- espécies predominantes de macrófitas aquáticas e intensidade de ocorrência;
- espécies de cianofícias cuja proliferação pode causar danos à qualidade da água.

Inicialmente, foi realizado um balanço entre os principais cátions e ânions.

Trata-se de águas ácidas ou levemente ácidas, mal tamponadas, com extrema pobreza em eletrólitos.

A média da relação percentual  $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{Na} + \text{K}$  e pH indicou uma marcante diferença entre os sistemas de igarapés e os sistemas fluviais (Quadro 5.3).

Os sistemas lacustres apresentaram grandes variações quanto aos cátions predominantes. Porém, quanto aos demais indicadores físico-químicos, são bastante semelhantes aos sistemas fluviais, já que não se trata de lagos verdadeiros mas, sim, de lagos de várzea diretamente alimentados pelos rios (Quadro 5.3).

Os indicadores biológicos mostram também uma clara diferenciação entre estes três sistemas (Quadro 5.4).

A produtividade primária é bastante reduzida, sendo mínima nos sistemas de igarapés e fluviais, em função de extrema pobreza de nutrientes (quadros 5.4 e 5.5).

Os parâmetros biológicos evidenciam também a diferença entre os três sistemas, função das características físico-químicas de água e das características físicas dos sistemas, tais como velocidade decorrente, transparência da água, etc.

Os três sistemas serão examinados mais detalhadamente a seguir.

### 5.3 SISTEMAS FLUVIAIS

Uma análise das médias estacionais, para os dados agrupados nos diferentes períodos (seca, pré-cheia, cheia e pré-estiagem), mostrou que existem diferenças significativas entre os sistemas estudados (fluviais, lacustres e igarapés). Em cada um dos sistemas também ocorreram variações entre os períodos do ciclo hidrológico.

Os rios Trombetas, Cachorro e Caxipacoré apresentaram, durante todo o ano, altos níveis de oxigênio dissolvido, sendo os valores mínimos observados no período mais seco (nov/dez), em geral.

A penetração de luz foi relativamente elevada durante todo o ano hidrológico (boa transparência da água), com níveis máximos no mês de agosto e mínimos em maio.

Os valores encontrados para os nutrientes foram relativamente baixos durante todo o ano hidrológico.

Os valores mínimos obtidos para o fosfato coincidem com o período de estiagem.

QUADRO 5.1

COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA  
BACIA DO RIO TROMBETAS  
RIOS E IGARAPÉS

PARÂMETROS	UNIDADES	R I O S							I G A R A P É S							
		IB(9)	CA(4)	CH(1)	CX(1)	RV(1)	MA(3)	ID(1)	TC(1)	IP(1)	IA(1)	SM(1)	AF(1)			
Cor	mg Pt/l	31,04	17,21	0,00	-	50,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	UI	27,65	28,35	21,30	-	34,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prof. Secchi	m	1,54	1,47	1,46	1,53	1,25	1,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Condutividade	µs/cm	11,68	9,25	3,26	16,48	12,19	10,81	10,87	9,78	8,51	11,39	8,72	8,36	8,36	8,36	8,36
pH	-	6,29	6,13	5,56	6,44	5,95	6,14	5,22	4,97	4,79	5,90	4,78	4,71	4,71	4,71	4,71
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /l	2,08	3,00	1,67	3,43	3,78	2,54	8,35	4,78	6,32	5,57	3,74	0,71	0,71	0,71	0,71
O <sub>2</sub> dissolvido	mg O <sub>2</sub> /l	7,00	7,89	6,88	6,69	6,15	6,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	µg N/l	0,53	2,06	0,33	0,65	0,50	2,84	0,54	0,34	0,34	0,26	0,20	1,0	1,0	1,0	1,0
Nitrato	µg N/l	71,5	67,3	38,3	88,0	70,2	57,2	48,2	72,4	44,6	76,8	87,4	31,5	31,5	31,5	31,5
Fosfato	µg P/l	17,4	10,0	12,0	12,0	21,7	26,7	20,3	12,3	15,7	15,7	8,0	10,5	10,5	10,5	10,5
Potássio	µg /l	720	610	513	1010	720	960	1000	970	860	980	750	255	255	255	255
Sódio	µg /l	1440	1390	1125	2550	1500	1150	1030	970	970	1130	850	200	200	200	200
Magnésio	µg /l	480	350	203	770	570	500	780	340	260	440	440	115	115	115	115
Cálcio	µg /l	610	490	115	800	540	410	870	1010	1040	1120	1080	255	255	255	255
Ferro dissolvido	µg /l	40	150	78	60	58	150	50	170	220	140	50	45	45	45	45
Manganês	µg /l	50	50	33	13	10	30	15	15	15	25	0	0	0	0	0

FONTE: ENGE-RIO (1987)

LEGENDA:

- (n) - Número de estações de coleta
- (-) - Valor não registrado
- IB - Rio Trombetas
- CA - Rio Cachorro
- CH - Rio Cachorrinho
- CX - Rio Caxipacoré
- RV - Rio Velho
- MA - Rio Mapuera
- ID - Igarapé Damiana
- IC - Igarapé Lira-Camisa
- IP - Igarapé das Pedras
- IA - Igarapé Arrozal
- SM - Igarapé São Miguel
- AF - Igarapé Água-Fria

QUADRO 5.2  
COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA  
BACIA DO RIO TROMBETAS  
LAGOS

PARÂMETROS	UNIDADES	LAGOS						
		LAGO EREPECU (3)	LAGO JUQUIRI (1)	LAGO DO MACACO (1)	LAGO ABUI (1)	LAGO JACARÉ (1)	LAGO FARIAS (1)	LAGO LENARDO (1)
Cor	mg Pt/l	52,61	38,90	-	-	-	-	-
Turbidez	UT	-	-	-	-	-	-	-
Prof. Secchi	m	1,83	1,82	1,78	1,88	2,18	1,78	-
Cond. específica	$\mu\text{S/cm}$	16,10	12,25	12,25	11,91	10,33	12,52	11,91
pH	-	6,09	5,99	5,64	5,83	5,97	6,00	5,83
Dureza	mg $\text{CaCO}_3/\text{l}$	7,62	3,95	5,34	3,01	2,10	2,45	3,01
$\text{O}_2$	mg $\text{O}_2/\text{l}$	6,24	6,80	4,42	6,00	4,98	4,93	-
Nitrito	$\mu\text{g N/l}$	0,73	1,23	0,15	1,60	0,67	1,15	3,00
Nitrato	$\mu\text{g N/l}$	39,4	38,3	9,5	25,0	30,3	60,0	38,5
Fosfato	$\mu\text{g P/l}$	6,7	11,5	15,0	10,7	14,3	14,0	20,0
Potássio	$\mu\text{g/l}$	660	880	630	750	640	800	960
Sódio	$\mu\text{g/l}$	670	1170	730	1070	1130	1050	970
Magnésio	$\mu\text{g/l}$	730	640	680	840	570	350	380
Cálcio	$\mu\text{g/l}$	1850	890	930	800	1010	910	900
Ferro dissolvido	$\mu\text{g/l}$	20	60	50	250	50	120	110
Manganês	$\mu\text{g/l}$	18	0	15	55	20	0	0

Fonte: ENGE-RIO (1987)

LEGENDA: (n) Número de estações de coleta  
(-) Valor não registrado

QUADRO 5.3  
CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁGUAS DO SISTEMA TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS

INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS	SISTEMAS TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS		
	SISTEMAS DE IGARAPÉS	SISTEMAS FLUVIAIS	SISTEMAS LACUSTRES
Média da relação percentual $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{Na} + \text{K}$	$\% (\text{Ca} + \text{Mg}) > \% (\text{Na} + \text{K})$	$\% (\text{Ca} + \text{Mg}) > \% (\text{Na} + \text{K})$	$\% (\text{Ca} + \text{Mg}) > \% (\text{Na} + \text{K})$
Média dos principais cátions $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$ (mg/l)	3,0 pobreza em eletrólitos	3,0 pobreza em eletrólitos	3,0 pobreza em eletrólitos
Média da condutividade elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	11 pobreza em metais baixa condutividade	11 pobreza em metais baixa condutividade	12 pobreza em metais baixa condutividade
Valores médios de alcalinidade (mg/l $\text{CaCO}_3$ ; $\text{CO}_2$ ) e pH respectivamente	7,0; 1,3 e 5,3 águas ácidas e mal tamponadas	6,0; 3,6 e 6,0 águas levemente ácidas e mal tamponadas	7,0; 3,5 e 5,9 águas levemente ácidas e mal tamponadas

Fonte: interpretação dos dados do convênio do INPA - ENGE-RIO (1986 - 1987)

QUADRO 5.4  
 CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁGUAS DO SISTEMA TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS

INDICADORES BIOLÓGICOS	SISTEMAS TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS		
	SISTEMA DE IGARAPÉS	SISTEMAS FLUVIAIS	SISTEMAS LACUSTRES
Média do teor de pigmento total (mg/l)	0,5 atividade celular extremamente baixa	0,7 atividade celular extremamente baixa	4,4 atividade celular relativamente baixa
Macrófitas Aquáticas: Espécies predominantes e intensidade da ocorrência.	<u>Mourera woddoliana</u> <u>Montrichardia arborescens</u>  -maior velocidade de corrente -muito escassas	<u>Mourera woddoliana</u> <u>Montrichardia arborescens</u> <u>Mourera s.p.</u>  -menores velocidades de corrente -relativamente abundantes	<u>Salvinia auriculata</u> <u>Utricularia foliosa</u> <u>Oriza prennius</u> <u>Echinohloa polystachya</u>  -relativamente escassas
Fitoplâncton: Espécies de cyanofitas ocorrentes cuja proliferação pode causar danos à qualidade da água	-	<u>Anabaena circinalis</u>	<u>Anabaena circinalis</u> <u>A. spiroides</u> <u>Microcstis aerouginosa</u>

QUADRO 5.5  
 CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁGUAS DO SISTEMA TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS

INDICADORES BIOLÓGICOS	SISTEMA TROMBETAS/TRIBUTÁRIOS		
	SISTEMA DE IGARAPÉS	SISTEMAS FLUVIAIS	SISTEMAS LACUSTRES
Média do teor de fosfato inorgânico (µg/l P)	1,2 baixa disponibilidade de alimento	1,2 baixa disponibilidade de alimento	2,3 disponibilidade relativamente baixa de alimento
Média do teor de fosfato total (µg/l P)	13,5 8,9% de fosfato disponível	16,6 7,2% de fosfato disponível	13,5 17,0% de fosfato disponível
Média do teor de nitritos (µg/l N)	64,1 predomina N na forma de nitratos	60,9 predomina N na forma de nitratos	35,9 predomina N na forma amoniacal



Os valores máximos para silicatos e nitratos coincidem com o período de pré-estiagem, sendo este o período de maior concentração geral de nutrientes na água.

Os valores máximos para o potássio, contudo, coincidem com os períodos de pré-cheia, por influência das características dos sedimentos da bacia.

Os teores de pigmentos totais, indicadores da população de fitoplâncton, atingem valores máximos no período de estiagem.

Assim, conclui-se que o fosfato é provavelmente o fator limitante à produção primária.

Os valores máximos de amônia e DQO correspondem ao período de pré-cheia nos sistemas de igarapés, devido à degradação de matéria vegetal nas margens que é conduzida, em taxas crescentes neste período, sendo mínimas no período de estiagem.

Os rios possuem leito bem encaixado, havendo inundação menos expressiva da vegetação marginal no período de cheia e, conseqüentemente, menor variação no aporte de matéria orgânica de origem vegetal ao longo do ciclo hidrológico. Assim, os valores máximos de amônia correspondem ao período de estiagem, estando associados a valores mínimos de oxigênio dissolvido e, provavelmente, oriundos de processos de decomposição vegetal no leito do rio Trombetas.

É importante destacar que os pontos de coleta do rio Trombetas situam-se em um trecho onde ocorre escoamento das águas, no período de estiagem sobre os efeitos do represamento pelo rio Amazonas, formando áreas estagnadas.

Os afluentes do rio Trombetas (Cachorro, Cachorrinho, Mapuera, Caxipacoré e Velho) possuem leito bastante irregular, formando várias áreas estagnadas em função dos efeitos de remanso no período de pré-estiagem, quando o nível d'água do rio principal encontra-se ainda muito elevado em relação ao dos afluentes.

O cálcio e o magnésio apresentam expressiva variação estacional. Seus valores mínimos ocorreram no período de águas baixas, o que já era esperado.

Observa-se que os íons  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  dependem mais da influência do regime hidrológico do que os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , já que em condições úmidas há maior tendência a hidratação dos cátions  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ .

Foi constatada relativa pobreza das águas em sais dissolvidos através das medições de condutividade elétrica, que acusaram valores moderados a baixos para estes parâmetros.

As águas da bacia podem ser consideradas na faixa de ácidas a levemente ácidas, com base nos resultados obtidos para dióxido de carbono, alcalinidade e pH.

Os valores encontrados para  $\text{DBO}_5$ , bastante reduzidos, e os para a DQO, relativamente altos para águas naturais, indicam que o caráter ácido dessas águas deve-se basicamente à presença de ácidos húmicos, provenientes de solos ricos em matéria orgânica vegetal decomposta por bactérias que sintetizam esses ácidos de elevado peso molecular.

#### 5.4 SISTEMAS LACUSTRES

As relações entre os rios da bacia do rio Trombetas e os lagos refletem a profunda relação que existe entre os mesmos, pois nesta região não existem lagos verdadeiros, apenas os chamados "lagos de várzea".

Assim, os lagos experimentam os 3 diferentes períodos já citados no item 2:

- lótico descendente;
- lântico; e
- lótico ascendente.

Cada período se caracteriza pelos seguintes eventos descritos a seguir.

No período lótico descendente, a precipitação e os níveis d'água decrescem, reduzindo-se o coeficiente de "run-off", e aumenta a transparência da água. Os nutrientes carregados pelos rios são reduzidos e o metabolismo depende dos detritos acumulados nos lagos.

A condutividade elétrica apresenta valores altos com tendência a decrescer.

A produtividade primária e o oxigênio dissolvido são baixos devido à alta atividade heterotrófica.

Na bacia do rio Trombetas, este período corresponde aos meses de julho, agosto e setembro.

O período lântico, chamado de fase produtiva, inicia-se com níveis d'água baixos nos meses de novembro ou dezembro. As condições hidráulicas estão estáticas e as chuvas começam a cair. Os rios ainda estão um pouco turbulentos, ocasionando aumento da zona lótica e pode ocorrer estratificação durante o dia.

Como os níveis d'água estão baixos, existem baixas concentrações de sólidos dissolvidos totais e a condutividade elétrica apresenta-se baixa.

A produção primária é elevada e consome o fosfato da água. Os pigmentos totais e o oxigênio dissolvido chegam ao seu valor máximo.

O período lótico ascendente caracteriza-se por um decréscimo de transparência das águas à medida que o "run-off" aumenta.

À medida que o nível d'água se eleva, a condutividade elétrica tenderia a se elevar e o oxigênio dissolvido a diminuir em virtude do decréscimo da produtividade primária.

Segundo Sioli, cada fase e os eventos que nelas ocorrem combinam-se para criar um sistema que pode ser pensado como multitrófico:

- oligotrófico em águas altas; e
- eutrófico em águas baixas.

O nível trófico, portanto, seria função do ciclo hidrológico.

Os parâmetros DQO e amônia apresentam valores altos nos períodos lântico e lótico ascendente em função de decomposição de matéria vegetal das margens e do fundo dos lagos.

Os lagos da Amazônia Central estudados por Sioli (1984) foram divididos nas seguintes classes segundo aspectos físico-químicos e biológicos de suas águas em:

- águas pretas (P);
- águas misturadas (M);
- águas brancas.

Os lagos da bacia do rio Trombetas no grupo das águas pretas, divergindo dos rios que os alimentam em alguns parâmetros como pH, cor elevada, condutividade elétrica, maiores teores de fosfato inorgânico e predomínio de nitrogênio na forma amoniacal.

A produtividade primária é, logicamente, mais elevada.

Não foram coletadas amostras que permitam estabelecer as condições de estratificação ou mesmo a variação vertical dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

## 6. CONCLUSÕES

As águas da bacia do rio Trombetas caracterizam-se pela extrema pobreza em eletrólitos, típica da região periférica Norte da Amazônia, como mostra o Quadro 6.1 onde o rio Trombetas é comparado aos teores de eletrólitos da chamada "água média mundial".

Os principais cátions foram plotados nos quadros 6.2 e 6.3 para os sistemas fluviais, de igarapês e lacustres respectivamente.

As curvas obtidas se comparadas aos resultados obtidos por IRION (1976) indicam que estas se encontram numa faixa intermediária entre águas brancas, claras ou pretas. Contudo, em função dos valores observados para transparência e dos valores reduzidos para condutividade e eletrólitos, as águas das bacias podem ser incluídas no grupo das águas claras.

Observa-se também que os sistemas lacustres apresentam maiores teores de cálcio enquanto os sistemas fluviais apresentam os valores mais baixos (Quadro 6.4).

Os valores de sódio apresentam-se mais elevados nos sistemas fluviais e mínimos nos sistemas lacustres.

Os teores de magnésio e potássio nos três sistemas são muito semelhantes (Quadro 6.5).

Os fatores vegetação e regime hidrológico são predominantes na determinação das variações de qualidade da água devido à escassez de íons trocáveis no solo.

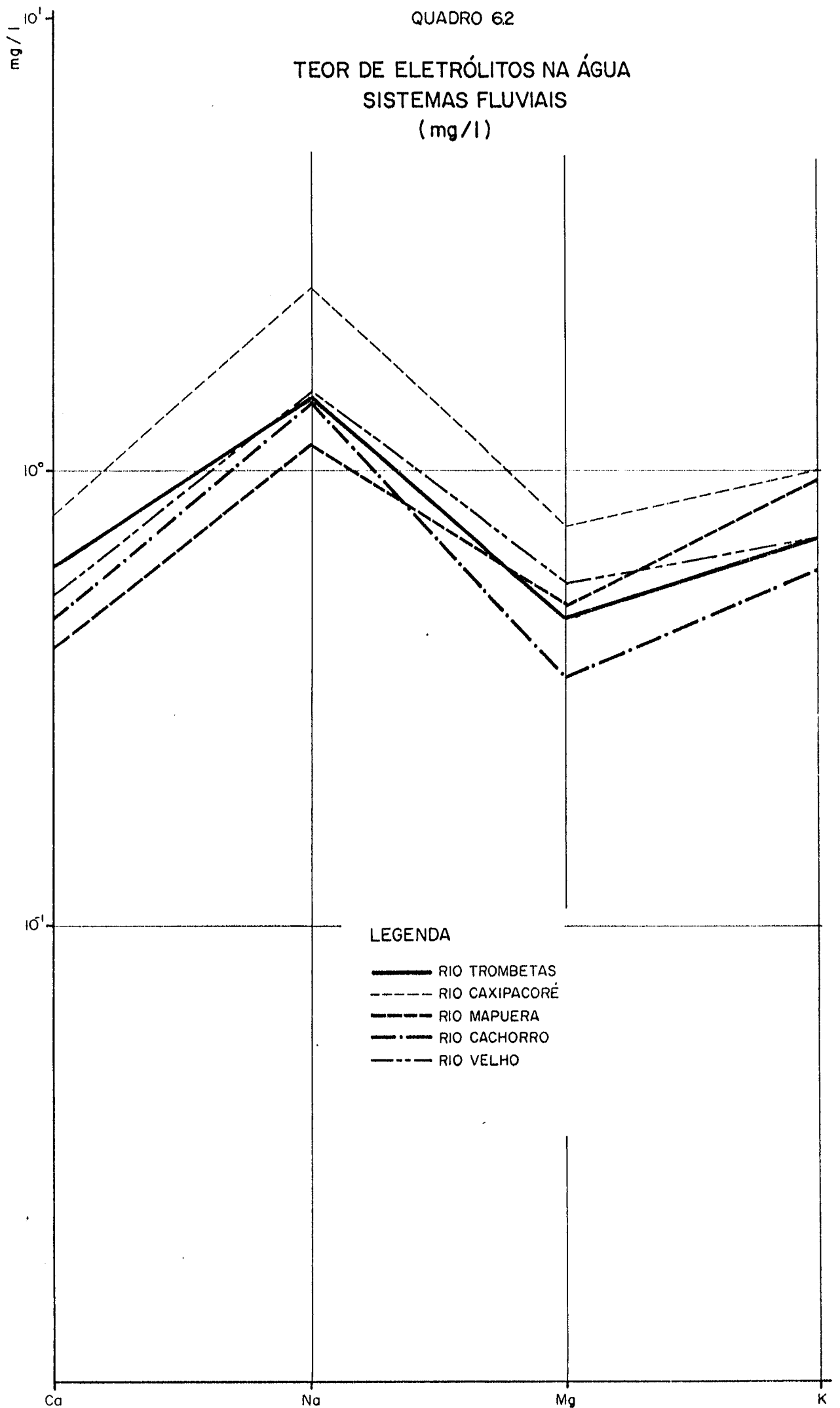
A ocupação humana da bacia, portanto, pode alterar consideravelmente as características físico-químicas da água em função de desmatamentos e modificação do tempo de resposta da bacia às chuvas intensas da região.

QUADRO 6.1  
 COMPOSIÇÃO QUÍMICA MÉDIA DO RIO TROMBETAS  
 E COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RIOS DO MUNDO

PRINCIPAIS ÍONS	RIO TROMBETAS			MÉDIA DOS RIOS DO MUNDO (**) PERCENTUAL EM mEq/1
	(mg/l) (*)	mEq/l	Percentual em mEq/l	
ÂNIONS				
$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$	5,30	0,05	29,4	67,4
$\text{SO}_4^{=}$	3,64	0,07	41,2	16,5
Cl	1,96	0,05	29,4	15,6
SUBTOTAL	—	0,17	100,0	100,0
CÁTIONS				
Ca <sup>++</sup>	0,56	0,03	18,8	52,6
Mg <sup>++</sup>	0,48	0,04	25,0	24,0
Na <sup>+</sup>	1,44	0,07	43,7	19,3
K <sup>+</sup>	0,72	0,02	12,5	4,1
SUBTOTAL	—	0,16	100,0	100,0

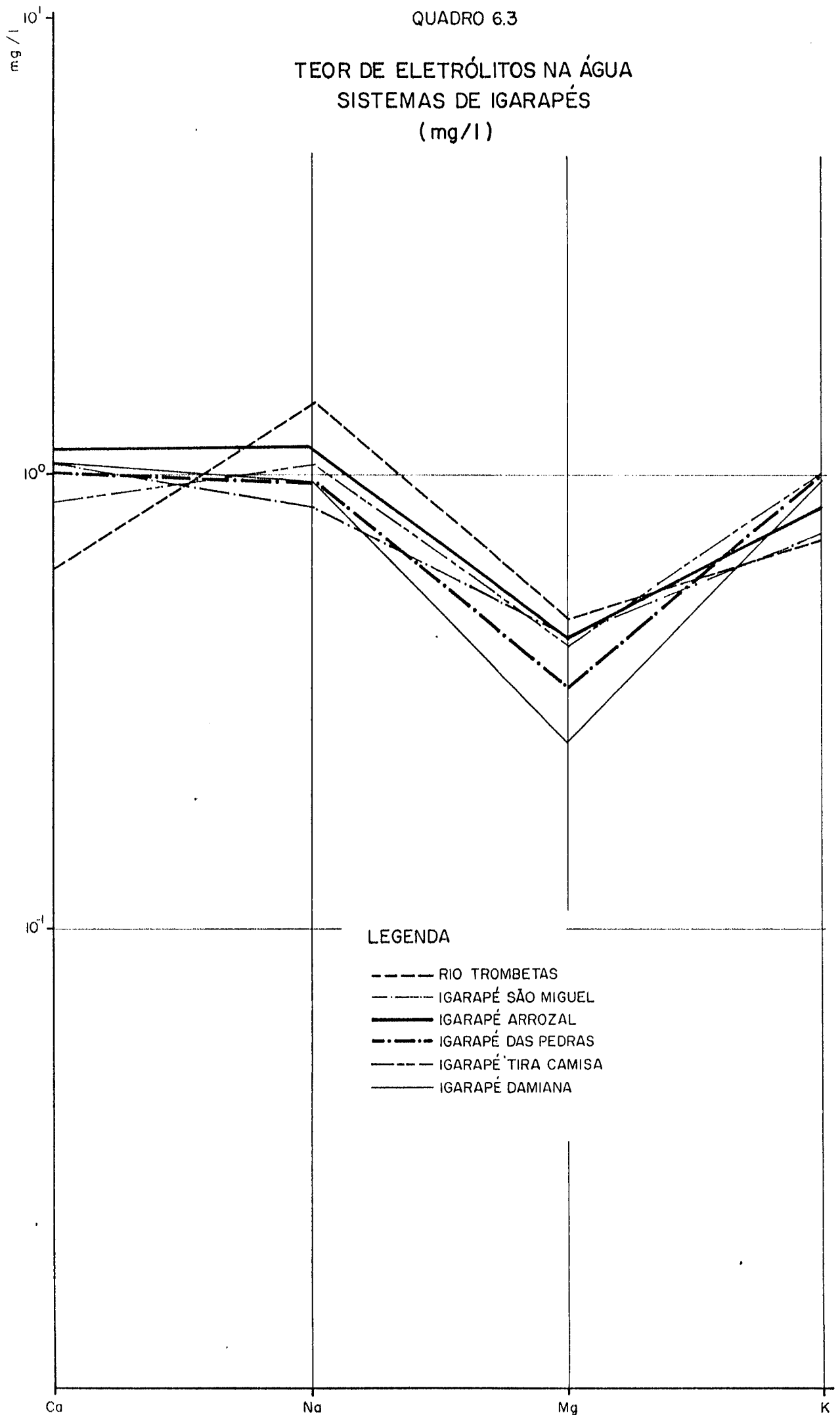
FONTE: (\*) ENGE-RIO (1987)  
 (\*\*) WETZEL (1975)

TEOR DE ELETRÓLITOS NA ÁGUA  
SISTEMAS FLUVIAIS  
(mg/l)



QUADRO 6.3

TEOR DE ELETRÓLITOS NA ÁGUA  
SISTEMAS DE IGARAPÉS  
(mg/l)

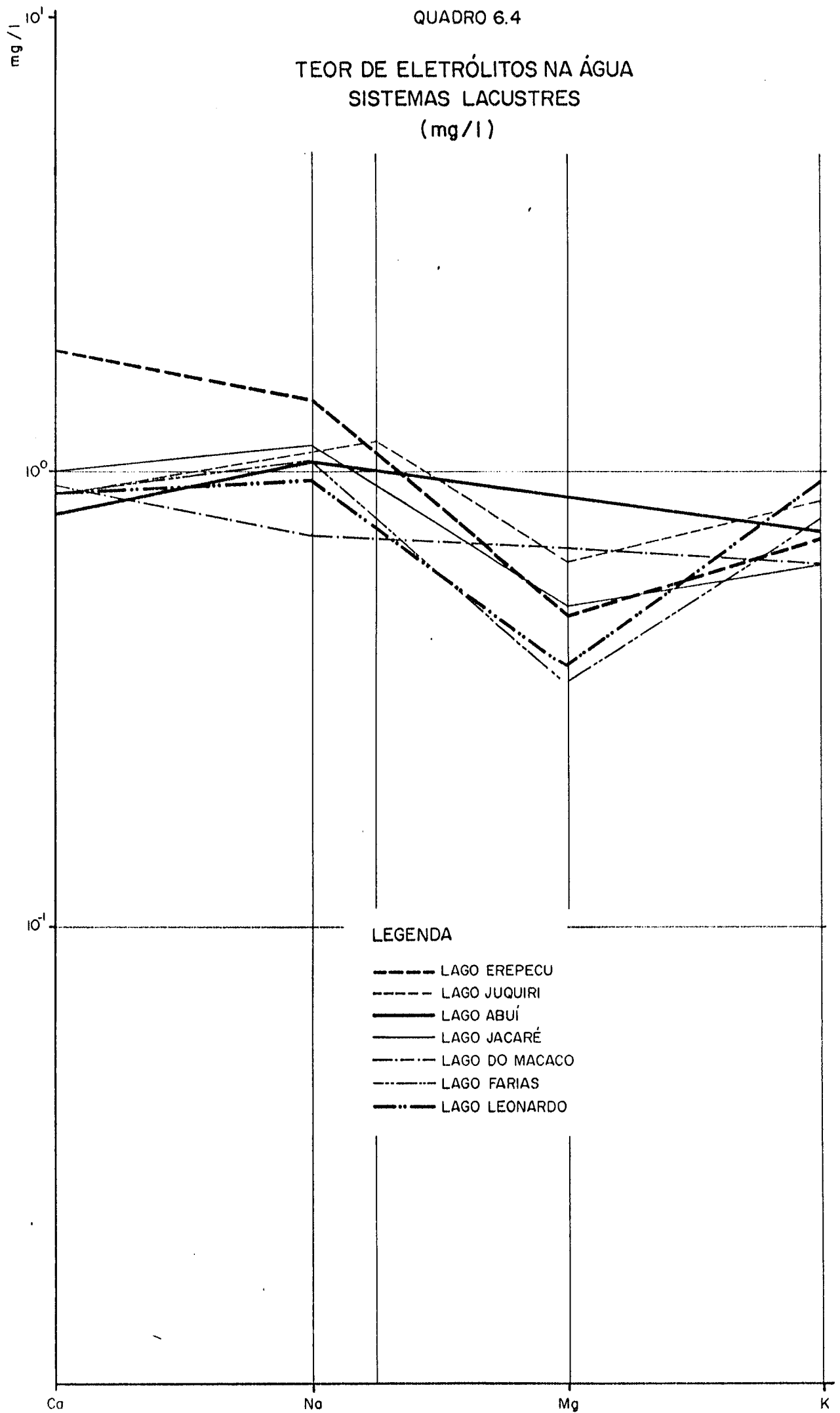


LEGENDA

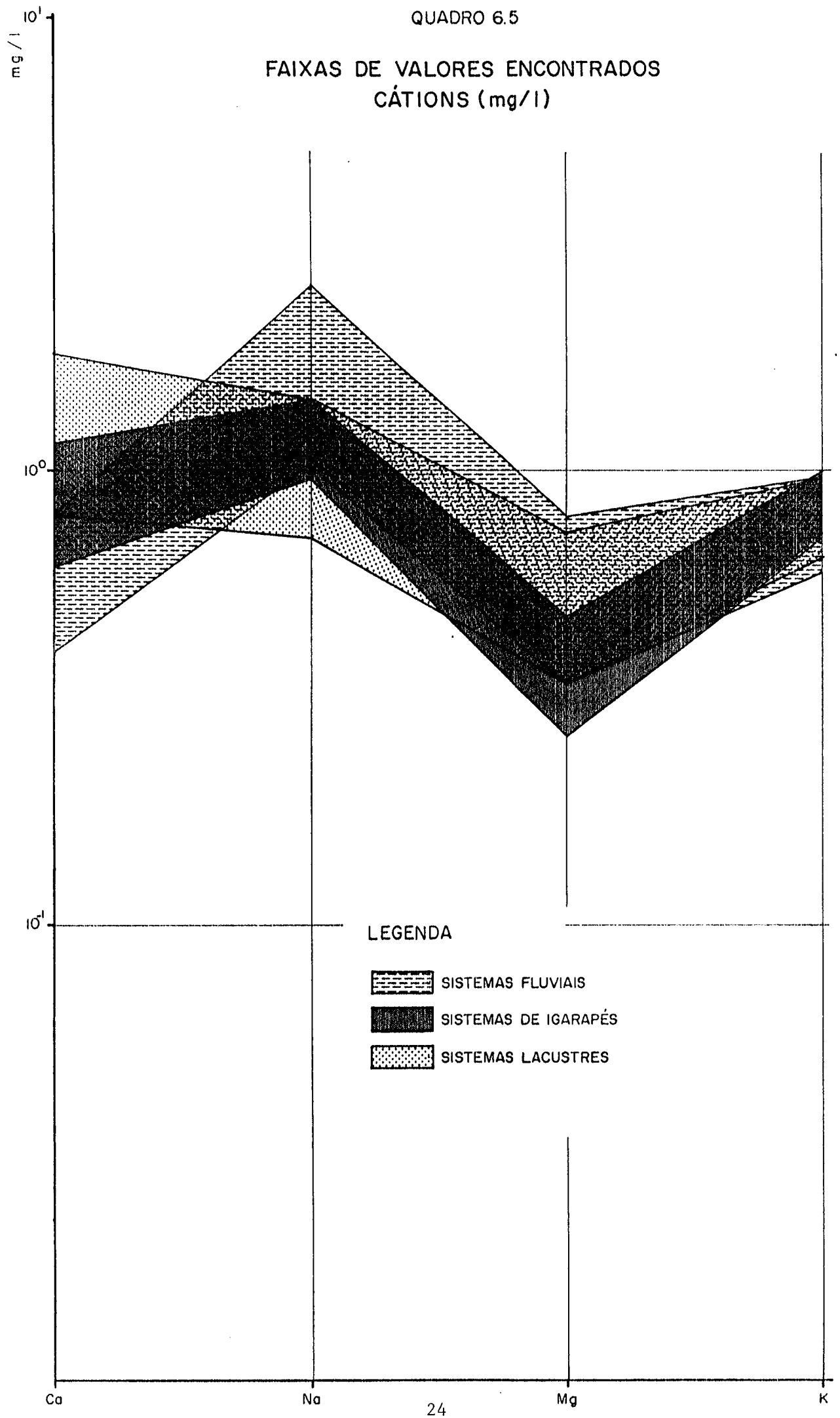
- RIO TROMBETAS
- - - IGARAPÉ SÃO MIGUEL
- IGARAPÉ ARROZAL
- · - · IGARAPÉ DAS PEDRAS
- - - IGARAPÉ TIRA CAMISA
- IGARAPÉ DAMIANA

QUADRO 6.4

TEOR DE ELETRÓLITOS NA ÁGUA  
SISTEMAS LACUSTRES  
(mg/l)



FAIXAS DE VALORES ENCONTRADOS  
CÁTIONS (mg/l)





#### BIBLIOGRAFIA

- Branski, J.M. et al, 1988. Qualidade da água do rio Uatumã - Avaliação e comparação com outros rios da Amazônia , no prelo.
- COLE, G.A., 1975. Textbook of limnology . The C.V. Mosby Company, pp. 283.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). Resolução CONAMA Nº 020/86 . Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília - DF, pp. 72-89.
- ENGE-RIO, 1987. Diagnóstico Ambiental - ELETRONORTE (POR-50.1001-RE).
- FURCH, K., 1984. Water chemistry of the Amazon basin: The distribution of chemical elements among freshwater. In Sioli, H., The Amazon. Dr. W. Junk Publishers, Boston, V. 56, pp. 157-199.
- SANTOS, M.B. et al, 1988. "Bacia do Rio Trombetas - Estudos de Caracterização Limnológica - Sistematização dos Resultados Obtidos" , no prelo.
- SIOLI, H., 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types . In Sioli, H., The Amazon. Dr. W. Junk Publishers, Boston, V. 56, pp. 127-165.
- SCHAFFER, A., 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais . Editora da Universidade de Porto Alegre, RS, pp. 532.
- STUMM, W. & J.J. MORGAN, 1976. Aquatic chemistry . An introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. New York, Wiley - Interscience, pp. 780.
- WETZEL, R.G., 1975. Limnology , W. B. Saunders - Filadélfia, pp. 743.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. e, à ENGE-RIO Engenharia e Consultoria S.A. pelo apoio e permissão para realização deste trabalho.