

**Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial  
da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul**

**Balço entre Disponibilidade e Demandas Futuras  
dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade,  
com Indicação de Conflitos Potenciais**

**PGRH-RE-010-R0  
Volume 3**

**Abril de 2002**



**COPPETEC**  
FUNDAÇÃO

**Agência Nacional de Águas (ANA) – Fundação COPPETEC**  
**Execução: Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ**

**Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**

**Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na**  
**Bacia do Rio Paraíba do Sul**

**Balço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em**  
**Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais**

**PGRH-RE-010-R0 - Volume 3**

Interessado: Agência Nacional de Águas (ANA)

**Abril de 2002**  
**(Revisado em novembro de 2002)**

## Equipe Técnica

Equipe do Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ envolvida no Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Coordenador	Paulo Canedo de Magalhães
Coordenador Técnico	Jander Duarte Campos
Coordenador Técnico Adjunto	Paulo Roberto Ferreira Carneiro
Gerente de Informática	Flávio José Lyra da Silva
Gerente de Saneamento	José Roberto de Freitas Gago
Gerente de Economia e Gestão Institucional	Evaristo Samuel Villela Pedras
Gerente de Hidrologia e Hidráulica	Paulo Marcelo Lambert Gomes
Especialista em Gestão Institucional	Rosa Maria Formiga Johnsson
Especialista em Qualidade da Água e Hidrologia	Fernanda Rocha Thomaz
Especialista em Qualidade da Água e Hidrologia	Mônica de Aquino Galeano M. da Hora
Especialista em Meio Ambiente	Cláudia Silva Teixeira
Especialista em Saneamento Básico	Sérgio Flavio Passos Miranda
Especialista em Hidrologia e Hidráulica	Olga K. B. Calhman
Especialista em Hidrologia e Recursos Hídricos	Patrick Thomaz
Programador de Sistemas	Marcelo de Carvalho
Projetista	Nelson Afonso Nascimento
Operador de CAD/SIG I	Celso dos Santos Pelizari
Operador de CAD/SIG II	Leandro Couto Pitta
Técnico Nível I	Evaldo Coelho Thomé
Técnico Nível II	Marcelo Salimeni
Gerente Administrativo	Marília Oberlaender Alvarez
Assistente Administrativo	Valéria Almeida de Lima
Auxiliar Administrativo	Fernando Leite de Mesquita
Auxiliar Administrativo	Sérgio Zednicek
Auxiliar de Escritório	Jairo Azeredo de Matos

## VOLUME 3

### SUMÁRIO

#### APRESENTAÇÃO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	I.1
<b>2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA</b> .....	II.1
2.1 Águas Superficiais.....	II.1
2.2 Águas Subterrâneas.....	II.86
<b>3. USO E DEMANDA HÍDRICA</b> .....	III.1
3.1 Doméstico/Urbano.....	III.1
3.2 Demanda Industrial.....	III.13
3.3 Agropecuária.....	III.19
3.4 Geração de Energia Elétrica.....	III.36
3.5 Outros Usos.....	III.69
<b>4. CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA</b> .....	IV.1
4.1 Introdução.....	IV.1
4.2 Definição de conflito pelo uso da água.....	IV.2
4.3 Os conflitos pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul.....	IV.3
<b>5. CENÁRIOS DE DEMANDAS HÍDRICAS</b> .....	V.1
5.1 Introdução.....	V.1
5.2 Bases Conceituais.....	V.1
5.3 Metodologia Utilizada.....	V.3
5.4 Cenários de Demanda de Uso da Água.....	V.6
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	VI.1

**ANEXO:** Relação de Documentos Emitidos

## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho, intitulado **Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul**, foi elaborado pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ, por solicitação da Agência Nacional de Águas – ANA, visando atender à Deliberação N° 08, de 06 de dezembro de 2001 do CEIVAP que, em seu Artigo Primeiro, Parágrafo Primeiro, Inciso I, condiciona o início da cobrança pelo uso da água à “*aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, formatado com base nos Programas Estaduais de Investimentos do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica e no Programa Inicial de Investimento aprovado pela Deliberação n° 05/2001*”, do CEIVAP.

Este trabalho constitui-se, assim, em uma consolidação dos estudos realizados no âmbito dos Programas acima referidos, complementada com alguns aspectos técnicos necessários à sua caracterização como um Plano de Recursos Hídricos, de forma a atender as exigências impostas pelo Artigo 7º da Lei 9.433/97. A consolidação foi, também, integrada com dados e informações constantes do “Plano de Bacia UGRHI - 02 – Paraíba do Sul”, elaborado pelo Estado de São Paulo com a orientação/colaboração do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira ou, simplesmente, Comitê Paulista.

Dentro deste enfoque os assuntos foram estruturados nos seguintes volumes:

- VOLUME 1: Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos
- VOLUME 2: Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo
- VOLUME 3: Balanço entre disponibilidade e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com indicação de conflitos potenciais
- VOLUME 4: Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos
- VOLUME 5: Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para atendimento das metas previstas
- VOLUME 6: Prioridade para outorga de direitos de usos de recursos hídricos
- VOLUME 7: Diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso de recursos hídricos
- VOLUME 8: Propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso com vistas à proteção dos recursos hídricos

O presente volume constitui-se no Volume 3: “Balanço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais” sendo que parte de seu conteúdo foi atualizada com base no relatório “Diagnóstico e Prognóstico do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (PGRH-RE-009-R0) emitido pelo Laboratório de Hidrologia da COPPE em dezembro de 2001.

Além dos volumes acima relacionados, integram ainda o Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul, todos os documentos produzidos quando do desenvolvimento dos “Programas Estaduais de Investimentos do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica” e no “Programa Inicial de Investimento”, aprovado pela Deliberação nº 05/2001”, do CEIVAP. A relação desses documentos está apresentada em anexo.

## 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos visa à racionalização do uso das reservas de água doce do País, estabelecendo mecanismos de gerenciamento de sua oferta e demanda. Para tanto, foram asseguradas três premissas básicas: descentralização do sistema de gestão; arbitragem em situações de conflito de interesse decorrentes de concorrência entre usos múltiplos na bacia hidrográfica; e redução da tensão entre quantidade e degradação da qualidade da água.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento viabiliza a gestão descentralizada dos recursos hídricos ao passo que a necessidade do uso múltiplo das águas impõe uma gestão integrada desses recursos no âmbito da bacia.

A adequada caracterização das disponibilidades hídricas quer sejam elas superficiais ou subterrâneas, e ainda a determinação de suas relações com as demandas atuais e futuras são fundamentais na definição de regras para a repartição dos recursos hídricos da bacia entre os diversos tipos de usuários possibilitando, dessa forma, a minimização e o equacionamento de eventuais conflitos.

Este volume apresenta no [Capítulo 2](#) uma avaliação das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, tanto quanto aos aspectos quantitativo como qualitativo na bacia do rio Paraíba do Sul; no [Capítulo 3](#) é apresentada uma estimativas das demandas hídricas pelos diversos setores interessados, ou seja, o setor doméstico (uso urbano da água), o industrial, o agropecuário, a geração de energia elétrica e, ainda, outros usos. O [Capítulo 4](#) expõe os conflitos pelo uso da água já hoje observados na bacia enquanto o [Capítulo 5](#) procura criar cenários com relação ao uso dos recursos hídricos de modo a identificar possíveis desequilíbrios entre a disponibilidade e a demanda de suas águas

## 2. DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A caracterização das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Paraíba do Sul e a determinação de suas relações com as demandas atuais e futuras são fundamentais na definição de regras para a repartição dos recursos hídricos da bacia entre os diversos tipos de usuários.

### 2.1 Águas Superficiais

Os estudos sobre disponibilidade hídrica das águas superficiais na bacia basearam-se na análise das séries históricas de vazões de 199 estações fluviométricas. As disponibilidades foram obtidas a partir dos estudos de regionalização hidrológica, apresentados no [item 2.1.1.3](#). O cálculo da disponibilidade em qualquer local da bacia pode ser efetuado através das equações determinadas pela regionalização hidrológica.

Os estudos de regionalização, incluídos neste documento, dizem respeito às vazões médias de longo período (MLT) e às vazões com permanência de 95% no tempo, utilizadas nesta fase, como vazão de referência. Quando estiverem concluídos os estudos de regionalização que vêm sendo desenvolvidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), será possível estimar, para qualquer local da bacia, outras importantes variáveis, tais como: a vazão mínima anual com sete dias de duração e dez anos de período de retorno (Q7,10), outro indicador das disponibilidades, as vazões máximas e as vazões com permanência de 50% no tempo.

Os valores das disponibilidades apresentados na [Tabela 2.1.1](#) foram calculados para todos os locais de interesse a partir das equações de regionalização, inclusive para aqueles correspondentes às estações fluviométricas com séries históricas. No [item 2.1.3](#) são tecidas as principais considerações acerca dos estudos de regionalização até aqui desenvolvidos e incluídos neste diagnóstico.

**Tabela 2.1.1 – Vazões com Permanência de 95% no Tempo, Vazões Médias de Longo Período e Vazões mínimas de 7 dias de duração e 10 anos de recorrência (Q 7,10)**

Locais	Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)	q95% (l/s.km <sup>2</sup> )	QMLT <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	qMLT (l/s.km <sup>2</sup> )	Q7,10 <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /s)	q7,10 (l/s.km <sup>2</sup> )
Foz Paraibuna/Paraitinga	4.263	29,74	6,98	71,23	16,71	24,10	5,65
Jacareí	5.690	44,94	7,90	99,02	17,40	33,00	5,80
Foz Jaguari	1.800	15,56	8,64	30,71	17,06	11,80	6,56
S. José dos Campos	7.740	67,01	8,66	135,40	17,49	46,20	5,97
Taubaté	8.614	76,99	8,94	150,96	17,53	52,00	6,04
Pindamonhangaba	9.546	87,97	9,22	167,59	17,56	58,20	6,10
Aparecida	10.343	97,63	9,44	181,84	17,58	63,50	6,14
Guaratinguetá	10.617	101,00	9,51	186,74	17,59	65,40	6,16
Lorena	11.090	106,88	9,64	195,20	17,60	68,60	6,19
Cachoeira Paulista	11.477	111,74	9,74	202,13	17,61	71,20	6,20
Cruzeiro	12.075	119,36	9,88	212,85	17,63	75,20	6,23
Queluz	12.810	128,87	10,06	226,03	17,64	80,30	6,27
Montante Funil	12.982	131,13	10,10	229,12	17,65	81,50	6,28
Itatiaia	13.494	137,19	10,16	232,22	17,21	128,60	9,53
Resende	13.826	144,23	10,43	237,30	17,16	131,70	9,53
Barra Mansa	15.737	188,28	11,96	266,34	16,92	150,10	9,54
Volta Redonda	15.980	194,31	12,15	270,01	16,90	152,40	9,54
Montante Santa Cecília	16.616	210,57	12,67	279,57	16,83	158,50	9,54
Jus. Sta Cecília	17.639	73,03	4,14	152,69	8,66	71,00 <sup>(2)</sup>	4,03
Paraíba do Sul	19.300	78,74	4,08	174,64	9,05	72,71 <sup>(3)</sup>	3,77
Três Rios	19.445	79,24	4,07	176,60	9,08	72,77 <sup>(3)</sup>	3,74
Mont. Conf. Piabanha/Paraibuna	19.494	79,40	4,07	177,27	9,09	72,78 <sup>(3)</sup>	3,73
Jus. Conf. Piabanha/Paraibuna	30.120	176,21	5,85	339,38	11,27	124,90	4,15
Foz Piabanha	2.065	11,10	5,37	34,95	16,92	7,00	3,39
Foz Paraibuna Mineiro	8.558	77,02	9,00	184,31	21,54	48,90	5,71
Além Paraíba	31.247	182,17	5,83	358,50	11,47	131,40	4,21
Montante Conf. Rio Pomba	34.410	198,77	5,78	414,00	12,03	150,30	4,37
Foz Pomba	8.616	50,22	5,83	134,63	15,63	39,10	4,54
Foz Dois Rios	3.169	16,75	5,29	38,94	12,29	12,90	4,07
São Fidélis	46.731	262,21	5,61	653,76	13,99	230,10	4,92
Foz Muriaé	8.162	28,79	3,53	128,22	15,71	16,10	1,97
Campos	55.500	306,36	5,52	845,09	15,23	292,30	5,27
Foz Paraíba do Sul	56.600	311,85	5,51	870,22	15,37	300,40	5,31

Observações: (1) – Vazões calculadas tendo como base o estudo "Regionalização de vazões da sub-bacia 58", desenvolvido pela CPRM em junho de 2002.

(2) – Vazão defluente mínima de Santa Cecília de acordo com o Decreto nº 81.436/78.

(3) – Vazão correspondente à soma da vazão defluente mínima de Santa Cecília (71m<sup>3</sup>/s) com a vazão relativa à área incremental até o local da seção de cálculo, utilizando-se o estudo de regionalização de vazões da CPRM.

## 2.1.1 Aspectos Quantitativos

### 2.1.1.1 Climatologia geral e precipitação média na bacia

A Região Sudeste, de maneira geral, é caracterizada por sua diversificação climática e por apresentar um clima predominantemente tropical, quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos.

A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta clima tropical com temperatura média anual que oscila entre 18<sup>o</sup> C e 24<sup>o</sup> C. As mais altas temperaturas ocorrem na região de Itaperuna, na bacia do rio Muriaé, com média das máximas situada em torno de 32<sup>o</sup> C.

Os maiores índices pluviométricos ocorrem no trecho paulista da serra do Mar, nas regiões do maciço do Itatiaia e seus contrafortes e na serra dos Órgãos, trecho da serra do Mar que acompanha a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde a precipitação anual chega a ultrapassar 2.000 mm. Nessa três regiões de altitudes elevadas, a média das temperaturas mínimas chega a menos de 10<sup>o</sup> C.

As menores pluviosidades ocorrem em uma estreita faixa do Médio Paraíba (entre Vassouras e Cantagalo, no Estado do Rio de Janeiro) e no curso inferior da bacia (regiões Norte e Noroeste fluminense), com precipitação anual entre 1.000 mm e 1.250 mm.

Os valores médios anuais de precipitação na bacia foram caracterizados no mapa de isoietas elaborado pela CPRM ([Figura 2.1.1](#)).

A conformação espacial das isoietas mostra que elas acompanham o relevo, indicando que o efeito orográfico é determinante para a gênese das chuvas na região. A razão para a ocorrência de maiores valores e diferenças na região da serra do Mar reside em que, além do efeito orográfico, há a penetração de ar úmido proveniente do oceano.

O regime de chuvas é caracterizado por um período seco, que se estende de junho a setembro, e um período muito chuvoso, que abrange os meses de novembro a janeiro, quando ocorrem as grandes cheias do rio Paraíba do Sul.

As [Tabelas 2.1.2 a 2.1.10](#) apresentam dados médios anuais de temperatura (máxima e mínima), umidade, nebulosidade e evaporação, obtidos das normais climatológicas do INEMET no período de 1960, levantados em diversos pontos da bacia e adjacências.



**Tabela 2.1.2 – Umidade Relativa (%)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	83,4	85,3	83,3	83,8	82,1	80,6	78,8	75,4	76,6	80,8	83,5	85,2	81,6
	Cataguases	77,9	77,3	75,4	78,2	78,8	78,7	77,9	74,2	74,7	77,3	76,5	76,8	77,0
	Cel. Pacheco	79,0	78,7	78,9	80,8	80,8	81,2	78,5	76,4	76,4	76,0	77,6	81,0	78,8
	Juiz de Fora	83,4	81,1	83,9	84,3	83,3	86,0	77,9	73,6	83,1	81,2	81,3	85,3	82,0
Rio de Janeiro	Cordeiro	80,0	80,0	82,0	84,0	85,0	85,0	83,0	79,0	78,0	79,0	80,0	82,0	81,0
	Itaperuna	76,0	76,0	76,0	78,0	79,0	79,0	78,0	74,0	75,0	76,0	77,0	79,0	77,0
	Nova Friburgo	77,0	78,0	78,0	82,0	82,0	83,0	83,0	81,0	80,0	81,0	80,0	80,0	80,0
	Piraí	82,0	83,0	83,0	85,0	85,0	86,0	84,0	82,0	81,0	82,0	82,0	82,0	83,0
	Vassouras	83,0	82,0	83,0	85,0	85,0	83,0	81,0	78,0	78,0	81,0	81,0	83,0	82,0
São Paulo	Campos do Jordão	87,0	84,0	83,0	85,0	88,0	84,0	77,0	76,0	76,0	81,0	86,0	87,0	83,0

**Tabela 2.1.3 – Evaporação Total (mm)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	62,7	56,8	60,6	54,4	59,1	58,3	66,0	84,3	82,8	71,4	60,4	58,7	775,5
	Cataguases	68,3	58,4	63,2	54,9	51,3	48,5	51,8	64,7	66,2	68,8	60,5	75,5	732,1
	Cel. Pacheco	60,8	58,3	57,1	48,7	47,7	45,3	53,5	66,3	68,9	71,0	61,3	58,9	697,8
	Juiz de Fora	70,3	70,4	71,6	58,0	65,9	64,3	82,8	107,0	74,9	79,9	77,1	65,2	887,4
Rio de Janeiro	Itaperuna	116,5	120,0	114,9	101,1	93,5	87,8	93,1	121,2	127,7	130,3	115,1	104,4	1325,6
	Nova Friburgo	61,3	57,7	57,9	45,7	44,0	38,0	42,2	50,1	50,4	50,1	51,1	56,7	605,3
	Piraí	91,9	86,1	89,1	72,2	61,8	59,8	74,7	90,2	95,9	95,6	92,1	89,4	998,8
	Vassouras	72,3	69,2	67,8	56,7	57,6	58,3	71,3	89,4	91,9	82,3	74,6	71,0	862,4
São Paulo	Campos do Jordão	44,5	39,6	43,8	42,1	47,9	43,8	51,2	58,7	60,7	53,8	50,3	42,2	578,7

**Tabela 2.1.4 – Temperatura Máxima (°C)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	26,5	26,8	26,4	24,6	22,9	21,8	21,4	23,3	23,9	24,6	25,2	25,5	24,4
	Cataguases	31,8	32,0	31,9	29,9	27,8	25,9	26,7	28,5	29,0	29,8	30,5	31,2	29,6
	Cel. Pacheco	30,2	30,8	30,0	28,1	26,6	25,6	25,2	26,6	26,9	27,9	29,7	27,8	27,9
	Juiz de Fora	25,9	26,8	25,7	23,9	22,8	21,2	21,2	22,2	21,4	23,8	24,5	25,0	23,7
Rio de Janeiro	Cordeiro	29,9	30,5	29,5	27,4	25,6	24,3	24,1	25,4	25,3	26,8	27,9	28,3	27,1
	Itaperuna	32,0	32,9	32,2	30,0	28,4	27,3	26,9	28,0	27,9	28,9	29,9	30,6	29,6
	Nova Friburgo	27,0	27,6	26,9	24,8	22,9	21,6	21,1	22,5	22,9	23,9	24,8	25,5	24,3
	Piraí	30,6	30,8	30,5	28,1	26,3	25,3	24,9	26,3	26,5	27,1	28,3	29,4	27,8
	Vassouras	30,1	30,8	29,9	27,7	25,9	24,7	24,6	26,0	26,3	27,2	28,0	29,0	27,5
São Paulo	Campos do Jordão	21,0	20,8	20,3	18,6	17,6	15,9	14,8	16,9	18,6	18,9	20,1	19,6	18,6

**Tabela 2.1.5 – Temperatura Média (°C)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	20,3	20,6	20,0	18,3	16,4	15,2	14,7	16,0	17,1	18,3	19,0	19,5	18,0
	Cataguases	25,5	25,7	25,9	23,4	20,8	19,6	19,6	20,6	22,1	23,6	22,3	23,0	22,7
	Cel. Pacheco	23,9	24,1	23,5	21,7	19,5	17,3	16,9	18,2	19,7	21,5	22,6	23,2	21,0
	Juiz de Fora	22,3	22,5	21,1	19,8	18,2	17,1	16,4	17,5	17,3	18,5	19,6	20,9	19,3
Rio de Janeiro	Cordeiro	23,7	24,0	23,1	21,2	19,0	17,1	16,7	18,0	19,2	20,9	22,1	22,8	20,6
	Itaperuna	26,2	26,5	25,9	24,1	22,1	20,6	20,1	21,3	22,0	23,3	24,4	25,1	23,5
	Nova Friburgo	21,2	21,4	20,9	18,7	16,2	14,7	14,0	15,2	16,6	18,3	19,5	20,3	18,1
	Piraí	24,0	24,0	23,7	21,7	19,1	17,4	16,7	18,2	19,6	20,9	22,2	23,2	20,9
São Paulo	Vassouras	23,6	24,0	23,2	21,3	19,0	17,6	17,2	18,6	19,7	20,9	21,9	22,9	20,8
	Campos do Jordão	21,5	15,6	15,1	14,2	11,4	9,2	8,2	10,1	11,6	13,4	14,8	15,4	13,4

**Tabela 2.1.6 – Temperatura Mínima (°C)**

Estados	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	16,4	16,5	16,1	14,3	12,3	10,7	10,2	11,2	12,5	14,1	15,0	15,8	13,8
	Cataguases	21,7	21,9	21,3	19,2	16,4	14,4	14,3	15,1	17,2	19,4	21,3	21,1	18,6
	Cel. Pacheco	18,8	19,1	18,3	16,1	13,4	10,9	10,2	11,5	13,5	16,1	17,7	18,5	15,3
	C. Mato Dentro	17,8	17,9	17,6	16,1	13,5	11,1	9,6	10,7	13,2	15,9	17,5	18,0	14,9
	João Pinheiro	17,6	17,9	17,7	16,9	15,6	13,9	13,4	14,7	16,8	17,8	18,0	17,5	16,5
	Juiz de Fora	17,8	18,2	17,5	16,3	15,4	13,2	12,5	12,4	13,4	15,0	16,2	16,9	15,4
Rio de Janeiro	Cordeiro	19,1	19,2	18,6	16,7	14,5	12,5	11,9	12,8	14,5	16,5	17,9	18,8	16,1
	Itaperuna	21,7	21,9	21,4	19,8	17,5	15,7	15,0	15,8	17,4	19,1	20,2	21,0	18,9
	Nova Friburgo	17,1	17,1	16,8	14,8	11,9	10,1	9,5	10,3	12,3	14,3	15,5	16,3	13,8
	Piraí	19,4	19,3	19,1	17,4	14,5	12,4	11,5	12,6	14,6	16,4	17,7	18,8	16,1
	Vassouras	19,7	19,9	19,3	17,5	14,7	13,1	12,5	13,7	15,4	17,1	18,1	19,2	16,7
São Paulo	Campos do Jordão	12,4	12,2	11,3	9,0	5,7	3,6	2,7	4,0	6,4	8,5	10,1	11,6	8,1

**Tabela 2.1.7 – Nebulosidade (0-10)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	7,0	6,4	6,2	5,6	4,8	4,4	4,2	4,3	5,5	7,0	7,1	7,4	5,8
	Cataguases	6,4	6,1	5,7	5,6	4,9	4,6	4,7	4,6	6,1	7,1	7,1	6,9	5,8
	Cel. Pacheco	7,3	6,9	6,8	6,6	5,4	4,8	5,0	5,2	6,3	7,6	7,9	7,9	6,5
	Juiz de Fora	7,7	7,0	7,4	7,0	6,3	6,2	5,1	4,7	7,3	7,5	7,8	8,0	6,8
Rio de Janeiro	Cordeiro	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0
	Itaperuna	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	7,0	7,0	7,0	6,0
	Nova Friburgo	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	7,0	7,0	7,0	6,0
	Piraí	6,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,0	7,0	6,0
	Vassouras	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	6,0	5,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	7,0
São Paulo	Campos do Jordão	7,1	6,8	6,8	6,3	5,2	4,8	5,0	5,4	6,5	7,5	7,5	7,8	6,4

**Tabela 2.1.8 – Insolação Total (Horas e Décimos)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	172,6	172,5	183,5	180,2	193,8	190,4	201,9	212,4	169,3	157,4	156,3	143,6	2133,9
	Cataguases	194,6	171,7	205,2	189,3	198,0	187,3	179,5	200,8	155,6	138,3	150,6	199,8	2170,7
	Cel. Pacheco	173,2	185,5	181,8	177,2	182,7	167,3	185,6	192,5	147,4	139,8	135,0	139,0	2007,0
	Juiz de Fora	141,7	161,2	148,9	104,8	159,5	153,9	187,5	181,9	94,3	103,1	135,0	105,5	1677,3
Rio de Janeiro	Itaperuna	222,9	215,2	215,1	192,2	195,6	187,8	194,1	195,5	156,2	158,5	172,2	178,9	2284,2
	Nova Friburgo	153,2	136,6	157,3	133,2	158,7	132,0	149,1	166,1	139,4	97,3	109,2	143,5	1675,4
	Piraí	160,7	177,3	158,3	142,2	147,0	141,6	158,8	143,9	117,8	131,1	129,5	127,4	1735,5
	Vassouras	185,8	186,6	192,5	168,7	179,0	170,6	184,4	184,4	140,8	144,8	150,3	158,2	2046,1
São Paulo	Campos do Jordão	112,2	97,0	126,0	140,3	160,7	146,9	153,5	153,1	135,2	128,6	116,2	108,6	1578,2

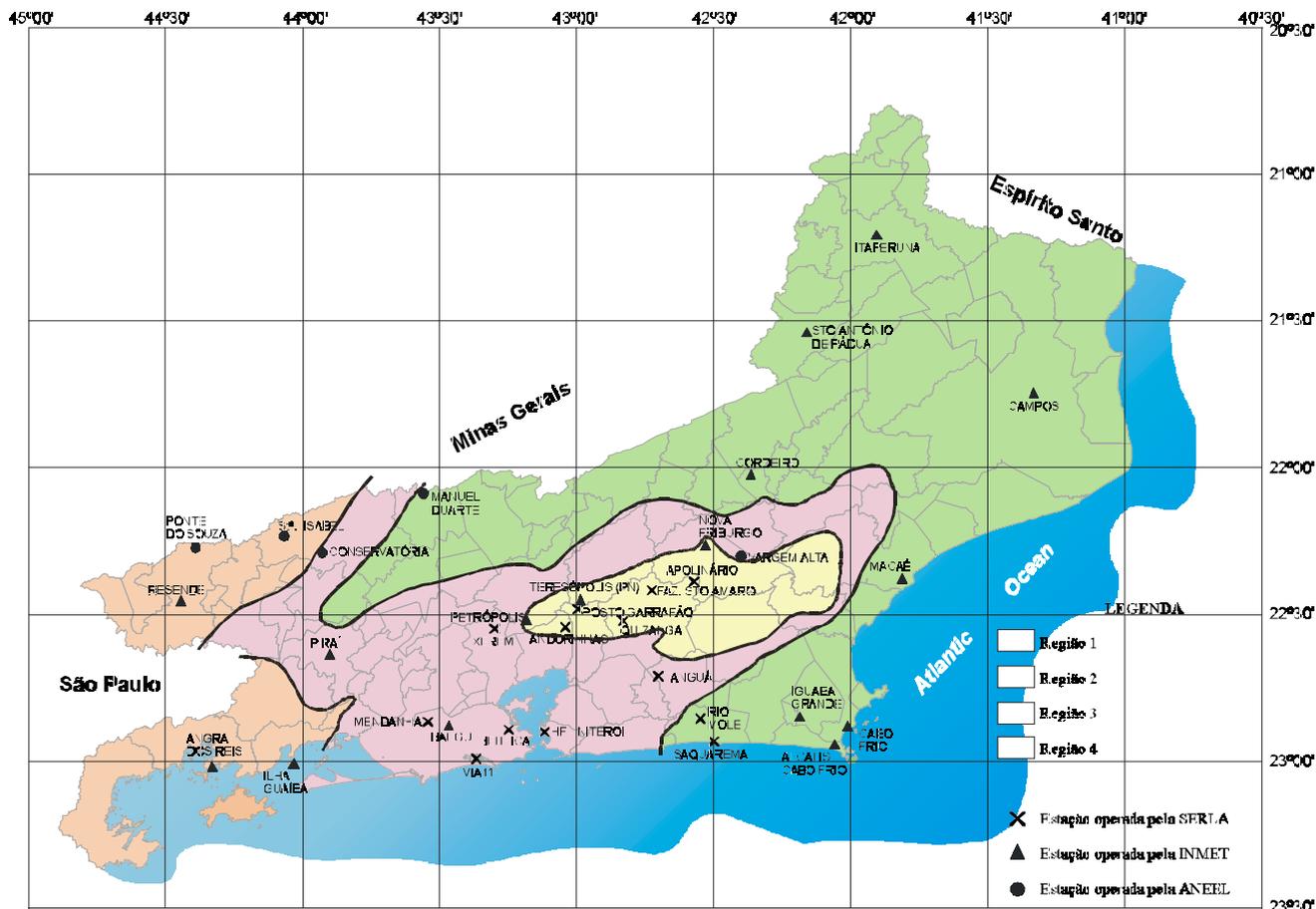
**Tabela 2.1. 9 – Pressão Atmosférica (hPa)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	887,8	888,5	889,0	889,8	891,0	892,5	893,2	892,1	891,2	890,0	887,9	887,7	890,1
	Cataguases	992,0	991,1	993,6	994,4	996,5	999,0	999,9	998,1	995,6	993,6	992,3	991,9	994,8
	Cel. Pacheco	946,0	964,2	965,0	966,4	968,2	969,2	969,2	968,8	967,9	965,1	964,2	964,0	966,4
	C. Mato Dentro	937,5	937,9	938,0	939,3	940,7	942,7	943,5	942,3	941,2	938,8	937,6	937,3	939,7
	Juiz de Fora	909,3	910,6	910,4	912,4	912,4	914,0	914,6	914,2	913,2	911,5	910,4	909,7	911,9
Rio de Janeiro	Cordeiro	957,7	958,4	958,2	960,1	961,5	963,3	964,2	962,9	962,2	959,7	958,2	957,5	960,3
	Itaperuna	997,7	998,3	998,3	1000,6	1002,1	1004,2	1005,4	1003,9	1002,9	1000,3	998,3	997,5	1000,8
	Nova Friburgo	917,1	917,7	918,8	920,3	921,2	921,9	922,5	921,7	920,1	918,9	916,8	916,5	919,5
	Piraí	968,8	970,6	971,3	972,7	974,8	976,2	977,3	975,6	973,9	972,0	969,7	969,1	972,7
	Vassouras	962,5	963,2	963,5	965,4	967,2	968,7	969,7	968,3	967,2	965,1	963,2	962,2	965,5
São Paulo	Campos do Jordão	675,2	640,7	647,9	626,0	705,6	666,1	643,5	643,0	642,0	647,8	640,0	618,7	649,7

**Tabela 2.1.10 – Precipitação Total (mm)**

Estados	Estações	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Minas Gerais	Barbacena	263,9	187,0	141,7	66,7	38,8	23,8	20,9	23,0	63,9	124,5	220,0	261,9	1436,1
	Cataguases	241,2	186,8	127,4	55,9	29,5	11,3	22,4	14,7	47,9	99,4	197,4	203,0	1236,9
	Cel. Pacheco	310,6	194,8	190,9	82,0	47,0	26,7	21,2	21,7	69,3	120,9	207,3	289,0	1 581,4
	Juiz de Fora	299,8	217,4	198,3	107,1	65,4	34,2	27,5	16,5	49,9	112,4	191,0	327,1	1646,6
Rio de Janeiro	Cordeiro	211,9	139,0	155,5	77,9	42,1	30,8	24,6	21,1	63,6	116,7	173,3	253,3	1309,7
	Itaperuna	188,4	96,9	103,6	90,5	44,6	23,9	30,8	29,8	56,2	109,4	195,2	206,9	1176,2
	Nova Friburgo	208,6	167,2	151,0	72,3	45,6	26,6	19,7	22,9	41,3	83,4	169,2	238,7	1246,3
	Piraí	222,7	173,4	148,5	100,7	52,8	31,6	28,8	37,3	57,7	99,7	152,8	216,2	1322,2
São Paulo	Vassouras	232,4	170,4	146,7	72,4	40,5	27,7	21,6	30,4	57,8	104,6	153,6	225,7	1283,8
	Campos do Jordão	321,6	237,9	176,1	106,3	74,0	49,9	37,6	75,7	79,2	150,8	194,5	279,5	1783,0

Com relação às chuvas intensas, a CPRM elaborou um estudo que foi consubstanciado na publicação "Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro – CPRM - 2001". Nessa publicação o Estado do Rio de Janeiro foi dividido em quatro regiões homogêneas para chuvas intensas, conforme mostrado na Figura 2.1.2 (CPRM, 2001).



**Figura 2.1.2 – Regiões Homogêneas de Chuvas Intensas**

Com base na definição das 4 regiões homogêneas, as relações IDF válidas para o Estado do Rio de Janeiro resultantes são:

Região 1:  $\hat{i}_{T,d,j} = 44,888d^{-0,385} P_j^{0,244} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $5\text{min} \leq d < 1\text{h}$

$\hat{i}_{T,d,j} = 81,432d^{-0,771} P_j^{0,371} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $1\text{h} \leq d \leq 24\text{h}$

Região 2:  $\hat{i}_{T,d,j} = 39,445d^{-0,339} P_j^{0,234} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $5\text{min} \leq d < 1\text{h}$

$\hat{i}_{T,d,j} = 16,204d^{-0,761} P_j^{0,564} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $1\text{h} \leq d \leq 24\text{h}$

Região 3:  $\hat{i}_{T,d,j} = 36,301d^{-0,392} P_j^{0,276} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $5\text{min} \leq d < 1\text{h}$

$\hat{i}_{T,d,j} = 85,264d^{-0,789} P_j^{0,367} \mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $1\text{h} \leq d \leq 24\text{h}$

Região 4:  $\hat{i}_{T,d,j} = 44,888d^{-0,385}P_j^{0,244}\mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $5\text{min} \leq d < 1\text{h}$   
 $\hat{i}_{T,d,j} = 81,432d^{-0,771}P_j^{0,371}\mu_{T,d}$  para  $T \leq 100$  e  $1\text{h} \leq d \leq 24\text{h}$

onde:

- $\hat{i}_{T,d,j}$  é a estimativa da intensidade da chuva de duração  $d$  associado a um período de retorno  $T$  em um local  $j$  dentro de uma região homogênea do Estado do Rio de Janeiro (mm/h)
- $d$  é a duração da precipitação (min)
- $P_j$  é a precipitação média anual (mm) no local  $j$ , dentro de cada região homogênea. Para locais que não possuem estações pluviométricas e pluviográficas, os valores de  $P_j$  podem ser obtidos a partir do mapa isoietal
- $\mu_{T,d}$  é o quantil adimensional regional

### 2.1.1.2 Análise das Informações Disponíveis no Banco de Dados Hidro

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) possui um banco de dados, denominado Hidro, onde são disponibilizadas informações hidrológicas. Visando a consolidação dos dados de vazão para dar início ao procedimento de seleção dos postos fluviométricos a serem utilizados na regionalização das vazões médias e mínimas, foi elaborada uma análise qualitativa detalhada das falhas existentes nas séries de vazões e cotas diárias no Hidro.

Existem, cadastrados no Hidro, 508 postos na bacia do rio Paraíba do Sul, porém, apenas 199 possuem séries de vazões diárias disponibilizadas. Na Figura 2.1.3 e na Tabela 2.1.11 estão listadas as falhas observadas.

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58030000	Paraitinga	1934	1999	62	1934(79); 1982(21); 1987(2); 1992(27)	1934(79); 1982(21); 1992(27)
58033000	Jacui	1958	1972	10	1958(273); 1959(70); 1960(40); 1972(15)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58035000	Ribeirão Sapê	1959	1975	14	1959(68); 1968(30); 1975(315)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58040000	Paraitinga	1979	1999	11	1986 até 1994 sem dados	A série inicia em 1994. Sem falhas.
58040100	Paraitinga	1930	1974	44	1930(229)	1930(229)
58040200	Paraitinga	1975	1995	12	1980(291); 1981 até 1987 sem dados; 1988(31)	A série inicia em 1950. 1950(339); 1951(2); 1954(1); 1957(31); 1966(6); 1971(184); 1972 sem dados; 1980(292); 1981 até 1987 sem dados; 1988(43); 1996(61); 1997 e 1998 sem dados; 1999(306).
58044800	Paraitinga	1956	1976	10	1956(33); 1958(31); 1959(20); 1961(30); 1966(31); 1968(30); 1969(67); 1970(11); 1971(15); 1972(37); 1975(245)	Não foram disponibilizados dados de cota.

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58044850	Paraitinga	1927	1930	2	1927(253); 1930(352)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58044900	Paraitinga	1927	1945	15	1927(306); 1943(1); 1944(31); 1945(306)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58045000	Paraitinga	1951	1974	19	1956(122); 1966(23); 1970(30); 1973(30); 1974(150)	Sem falhas.
58060000	Paraibuna	1933	1999	65	1933(240); 1996(44)	1933(240); 1996(44)
58065000	Ipiranga	1935	1979	38	1935(31); 1939(62); 1966(67); 1967(334); 1977(84); 1978(22); 1979(314)	1935(31); 1977(84); 1978(22); 1979(314)
58068000	Paraibuna	1964	1985	17	1964(305); 1968(1); 1976(275); 1977(59); 1985(18)	1964(305); 1976(275); 1977(59)
58070000	Paraibuna	1938	1974	23	1938(273); 1949(106); 1960(91); 1961(275); 1962 até 1969 sem dados; 1970(30); 1974(345)	1965 até 1969 sem dados; 1974(345)
58071000	Paraibuna	1922	1947	22	1922(221); 1930(25); 1942(336); 1947(340)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58075000	Peixe	1939	1974	28	1939(170); 1948 até 1952 sem dados; 1953(31); 1974(334)	1953(31); 1974(334)
58076000*	Peixe	1927	1947	16	1927(251); 1930(27); 1934(119); 1944(43); 1947(61)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58078000	Paraibuna	1935	1974	36	1935(243); 1937(334); 1938(56); 1974(313)	1937(334); 1974(313)
58082000	Lourenço Velho	1953	1960	7	1953(135)	1953(135); 1961(340)
58086000	Paraibuna	1956	1966	5	1956(9); 1958(31); 1959(2); 1964(32); 1965(8); 1966(59)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58087000	Paraibuna	1953	1958	5	1953(218)	1953(218)
58087080	Paraibuna	1987	1988	0	Foram disponibilizados apenas 26 dias de dados.	Foi disponibilizado apenas o ano de 1989 com 305 dias de dados.
58087300	Paraibuna	1969	1997	12	1969(240); 1974(357); 1975(287); 1976(44); 1977(31); 1978(7); 1979(4); 1981(13); 1996(4); 1997(8)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58087600	Paraibuna	1927	1960	31	1927(306); 1945(1); 1960(317)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58087800	Calha	1943	1960	10	1949(73); 1952(5); 1954(20); 1956(11); 1957(16); 1958(53); 1959(41); 1960(353)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58088000	Calha	1950	1958	8	1955(214)	A série inicia em 1922. 1922(304); 1923(4); 1924(5); 1930(10); 1933(1); 1939 até 1949 sem dados; 1955(214)
58096000	Calha	1952	1997	44	1952(298); 1956(227)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58097000	Calha	1965	1972	6	1967(13); 1971(1)	A série inicia em 1964. 1964(274); 1967(13)
58099000	Calha	1952	1999	38	1952(191); 1980(295); 1981 sem dados; 1982(130); 1988 até 1992 sem dados	1952(191); 1980(295); 1981 sem dados; 1982(130); 1990(8); 1991(138); 1992(243)
58105000	Calha	1932	1980	46	1955(214); 1967(90)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58105100	Calha	1928	1956	29	Sem falhas.	Não foram disponibilizados dados de cota.
58105200	Calha	1965	1972	4	1965(31); 1967(12); 1968(1); 1970(2)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58105300	Calha	1928	1983	53	1931(1); 1955(346); 1966(1)	Não foram disponibilizados dados de cota.

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58107100	Rib. Guararema	1934	1942	8	1934(52)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58110000	Calha	1931	1972	39	1931(59); 1968(32); 1972(153)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58110002	Calha	1993	1997	3	1993(271); 1995(359)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58118000	Jaguari	1950	1968	18	1950(151)	1950(151)
58122000	Peixe	1952	1968	10	1952(210); 1953(122); 1954(181); 1964(183); 1965(92); 1966(120); 1968(214)	1952(156); 1956(1)
58126000	Peixe	1935	1969	33	1969(214)	1969 sem falhas
58128000	Jaguari	1950	1966	16	1950(173)	1950(173)
58128180	Jaguari	1987	1989	0	Foram disponibilizados apenas 98 dias de dados.	Foi disponibilizado apenas o ano de 1989 com 69 dias de dados.
58128200	Jaguari	1964	1978	3	1964(72); 1967(2); 1969(27); 1970 sem dados; 1971(61); 1972(1); 1973 até 1977 sem dados; 1978(273)	A série inicia em 1967. 1967(153); 1969(26); 1970(324); 1971(61); 1973(3); 1974(48); 1975(314); 1976 e 1977 sem dados; 1978(273)
58129000	Jaguari	1954	1960	7	Sem falhas	A série inicia em 1951. 1951(318); 1952 e 1953 sem dados; 1961(275)
58132000	Paratei	1969	1973	3	1970(62); 1973(310)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58138000	Paratei	1961	1973	5	1961(243); 1962(21); 1963(280); 1964(31); 1965(68); 1967(92); 1968(15); 1973(338)	1961(253); 1962(21); 1963(273); 1964(31); 1965(68); 1967(92); 1968(16); 1973(338)
58140100	Calha	1959	1981	11	1959(61); 1961(1); 1963(19); 1966(6); 1967(1); 1968(16); 1969(19); 1971(31); 1975(1); 1976(1); 1979(67); 1981(167)	1973 até 1975 sem dados; 1976(1); 1979(67); 1980(1); 1981(77); 1982 até 1986 sem dados; 1987(304); 1989(170)
58141000	Calha	1965	1972	3	1965(214); 1966(274); 1967(151); 1970(5); 1972(56)	1965(214); 1966(1); 1970(5)
58141800	Calha	1964	1974	5	1964(339); 1965(168); 1967(2); 1968(10); 1970(9); 1974(92)	1964(224); 1967(2); 1968(10); 1970(9)
58142000	Buquira	1932	1972	39	1932(48); 1972(153)	1932(48); 1972(67)
58142200	Buquira	1979	1998	14	1979(13); 1980(75); 1986(2); 1987(2); 1991 sem dados; 1992(117)	1979(13); 1980(75); 1986(2); 1987(2); 1991 sem dados; 1992(117)
58147000	Pararangaba	1960	1988	22	1960(49); 1961(23); 1973(3); 1974(19); 1975(16); 1980(99); 1998(115)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58148000	Rib. Da Divisa	1970	1975	5	1975(4)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58152000	Calha	1933	1975	38	1933(212); 1967(214); 1968(305); 1975(244)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58152100	Calha	1964	1971	2	1964(288); 1965(19); 1968(3); 1969(3); 1970(273)	1964(289); 1965(19); 1968(3); 1969(3); 1970(61); 1974(92)
58155000	Caçapava Velha	1957	1997	33	1957(325); 1961(31); 1963(31); 1978(53); 1979 sem dados; 1980(85); 1981(122); 1982(6)	1957(325); 1961(31); 1963(31); 1968(92); 1973 até 1975 sem dados; 1979(108); 1980(1); 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1992(153)
58158000	Calha	1934	1971	33	1934(184); 1935(92); 1969(105); 1970 sem dados; 1971(243)	1934(184)
58156000	Piracangua	1972	1976	3	1972(24); 1976(335)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58157000	José Raimundo	1972	1976	3	1972(334); 1976(335)	Não foram disponibilizados dados de cota.

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58165000	Piracuama	1969	1997	18	1969(329); 1975(46); 1976(305); 1982(14); 1984(41); 1986(43); 1987(36); 1989(153); 1990 sem dados; 1991(243); 1997(1)	1969(184); 1975(15); 1979(5); 1981 até 1986 sem dados; 1987(273); 1989(153); 1990 sem dados; 1991(120); 1992(153)
58165500	Cruz das Almas	1972	1977	5	1972(88)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58170000	Una	1933	1942	8	1933(290); 1941(2)	1933(290); 1944(46)
58170100	Una	1957	1967	8	1957(151); 1962(14); 1967(275)	1957(214); 1962(14); 1972(30); 1973(351)
58177000	Una	1954	1978	12	1954(18); 1956(214); 1957(123); 1959(31); 1962(62); 1967(87); 1972(191); 1973(9); 1974(4); 1975(21); 1976(6); 1977(22); 1978(316)	1954(18); 1956(214); 1957(123); 1959(31); 1962(184); 1967(87); 1971(1); 1972(191); 1973 até 1975 sem dados; 1977(22)
58185000	Rib. Pinhão	1955	1997	36	1955(28); 1956(33); 1965(2); 1971(212); 1972(174); 1973 sem dados; 1975(1).	1955(28); 1956(33); 1965(2); 1971(1); 1973, 1974 e 1975 sem dados; 1978(31); 1981(121); 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1992(152).
58182500	Calha	1983	1997	14	1983(80)	A série inicia em 1987. 1987(273); 1992(153)
58183000	Calha	1939	1999	55	1939(90); 1946(61); 1966(275); 1967 sem dados; 1968(335). Em 1994 não se observa o ocorrido nas cotas.	Em 1994 nos meses de janeiro e fevereiro as cotas estão entre 10 e 100 vezes inferiores ao resto do ano.
58190500	Rib. Água Preta	1976	1979	2	1976(118); 1979(306)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58192000	Calha	1959	1997	38	1959(59)	1973 até 1975 sem dados; 1982 até 1986 sem dados; 1987(243); 1991(5); 1992(153)
58194000	Tetequera	1957	1975	15	1957(266); 1969 (1); 1975(214)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58198000	Pirapitingui	1973	1989	8	1973(235); 1976(5); 1981(18); 1982(21); 1983(42); 1984(17); 1985(18); 1988(30); 1989(334)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58200000	Buenos	1971	1976	5	1976(335)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58201000	Calha	1969	1997	26	1969(327); 1992 sem dados; 1993(31)	1969(327); 1973 até 1975 sem dados; 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1989(9); 1990(8); 1991(13); 1992(140)
58204000	Calha	1939	1995	41	1939(59); 1968(275); 1969(304); 1970 sem dados; 1976(90); 1979 até 1980 sem dados; 1981 até 1987 sem dados; 1988(31); 1995(105)	1980(288); 1981 até 1987 sem dados; 1988(37); 1995(105)
58204100	Calha	1923	1994	53	1945(2); 1964(1); 1967(30)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58206000	Calha	1972	1981	9	1980(1)	A série inicia em 1953. 1953(151); 1956(1); 1968(4); 1971(8)
58207000	Piagui	1935	1961	25	1938(28); 1961(292)	1938(28); 1961(292)
58211000	Piagui	1971	1995	24	1986(30).	1957(188); 1959(1); 1973 até 1975 sem dados; 1982 até 1986 sem dados; 1987(273).
58214000	Calha	1964	1992	19	1964(335); 1981 até 1988 sem dados; 1989(334)	1964(335); 1968(31); 1969(1); 1973 até 1975 sem dados; 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1992(183)
58215000	Macacos	1969	1997	24	1969(59); 1986(30); 1989(37); 1990 e 1991 sem dados	1959(59); 1973 até 1975 sem dados; 1981(30); 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1989(37); 1991(30); 1992(151)

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58217500	Rib. Palmital	1973	1993	20	1973(181)	1987(273); 1992(183)
58218000	Calha	1935	1999	53	1935(181); 1980(286); 1981 até 1987 sem dados; 1988(31); 1992(12); 1998(35)	1980(286); 1981 até 1987 sem dados; 1988(50)
58218100	Calha	1965	1972	6	1965(31); 1966(18)	1964(296); 1966(18); 1974(92)
58218200	Calha	1955	1997	40	1955(202); 1980(1); 1996(61)	1981(153); 1982 até 1986 sem dados; 1987(273); 1992(122)
58220000	Bocaina	1935	1999	58	1935(334); 1976(35); 1983(1); 1987(1); 1991(92); 1992(175)	1935(334); 1976(35); 1987(1); 1991(92); 1992(175); 1995(34)
58227000	Rib. Embau	1970	1990	19	1990(92)	A série existente vai de 1987 até 1992. Apenas os anos de 1988 e 1989 não possuem falhas.
58228000	Passa-Vinte	1969	1981	7	1969(140); 1974(306); 1975 até 1977 sem dados; 1981(309)	1969(140); 1973 até 1975 sem dados; 1981(309)
58230000	Calha	1935	1980	42	1935(181); 1968(91); 1969(122); 1980(286)	1934(2); 1980(286)
58230100	Calha	1971	1997	26	1996(13)	A série existente vai de 1987 até 1992. 1987(273); 1992(122)
58230200	Calha	1970	1995	19	1970(232); 1987(10); 1991(108); 1992(140); 1993(56); 1994(61); 1995(17)	A série abrange o período de 1972 até 1978. 1975(1); 1978(2)
58235000	Calha	1934	1995	50	1934(302); 1980(286); 1981 até 1987 sem dados; 1988(50); 1995(110)	1934(302); 1980(286); 1981 até 1987 sem dados; 1988(50); 1994(31); 1995(110)
58235100	Calha	1951	1997	39	1951(31); 1991(170); 1992(1); 1993(77); 1994(124); 1995(51); 1996(84); 1997(82)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58240000	Calha	1943	1992	46	1943(217); 1984(7); 1985(71); 1986(8)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58242000	Calha	1956	1999	29	1956(223); 1966(334); 1967 até 1978 sem dados; 1986(1); 1992(23); 1995(2).	1956(223); 1995(63)
58247000	Sesmaria	1979	1983	3	1979(276); 1983(351)	1968(53); 1979(2); 1983(351)
58250000	Calha	1930	1995	59	1930(273); 1969(86); 1970(304); 1979 a 1980 sem dados; 1981 sem dados; 1982(129); 1986(2); 1992(28).	1969(43); 1980(275); 1981 sem dados; 1982(129); 1986(2).
58250002	Calha	1996	1999	2	1996(9); 1997(31)	1997(31)
58256000	Jacutinga	1947	1978	28	1947(184); 1949(92); 1950 sem dados; 1951(184)	Não existem falhas de cotas entre 1947 e 1978.
58258000	Pirapetinga	1968	1998	25	1968(95); 1970(236); 1985(16); 1988(65); 1991 sem dados; 1992(310)	1968(95); 1985(16); 1988(74).
58262000	Calha	1969	1993	16	1969(71); 1984(17); 1985(20); 1986(8); 1987(3); 1989(28); 1991(33); 1992(123); 1993(184)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58270000	Turvo	1967	1998	18	1967(214); 1975(334); 1976 até 1980 sem dados; 1981(313); 1986(30); 1991(31); 1992(6); 1995(17); 1998(153)	1967(214); 1986(31); 1991(31); 1995(17)
58285000	Bananal	1935	1940	5	1935(334)	1935(334); 1948(43); 1949(38); 1950(36); 1951(58); 1952(40); 1955(334)
58287000	Bananal	1996	1999	2	1996(166); 1997(79)	A série abrange o período de 1955 até 1999. 1955(11); 1979(25); 1982(59); 1983(349); 1984 até 1995 sem dados; 1996(157); 1997(80).
58300000	Calha	1940	1999	47	1940(104); 1979 até 1989 sem dados	1940(104); 1980(275); 1981 até 1987 sem dados; 1988(31)

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58300001	Calha	1952	1996	36	1952(167); 1987(7); 1989(18); 1991(13); 1992(42); 1993(42); 1994(10); 1995(10); 1996(255)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58305000	Calha	1967	1996	21	1967(264); 1989(19); 1990(11); 1991(13); 1992(2); 1993(6); 1994(4); 1995(186); 1996(51)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58305001	Calha	1940	1999	33	1940(305); 1968(12); 1969 até 1992 sem dados	1969(10); 1970(69); 1979 até 1987 sem dados; 1988(58)
58321000	Calha	1922	1995	45	1956(306); 1957 até 1981 sem dados; 1982(230); 1992(92); 1995(118)	1963(21); 1980 e 1981 sem dados; 1982(230); 1995(118). Em 1963 tem leitura zero nos meses de julho e agosto.
58322000	Calha	1922	1959	38	Sem falhas.	Não foram disponibilizados dados de cota.
58335000	Pirai	1951	1996	34	1951(287); 1963(30); 1966 sem dados; 1967(120); 1968(31); 1983(31); 1987(31); 1990(54); 1991(54); 1992(92); 1993(89); 1996(275)	1951(287); 1963(30); 1966 sem dados; 1967(120); 1968(31); 1983(31); 1987(31); 1990(54); 1991(54); 1992(92); 1993(89); 1996(275)
58338000	do Braço	1951	1961	6	1951(286); 1956(31); 1959(31); 1960(92); 1961(215)	A série abrange o período de 1951 até 1970. 1951(286); 1966(34); 1970(92)
58370000	Calha	1948	1997	46	1950(4); 1989 sem dados; 1995(31); 1996(31)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58380001	Calha	1972	1999	25	1972(305); 1987(61)	1972(27); 1987(61)
58385000	Calha	1956	1997	26	1956(30); 1957(62); 1958(73); 1959(31); 1968(30); 1984(4); 1985(5); 1987(35); 1989(71); 1990(9); 1991(7); 1992(202); 1993(65); 1995(29); 1996(101); 1997(62)	A série inicia em 1988. 1988(69); 1989(17); 1992(3); 1994(15); 1995(7)
58400000	Piabanha	1938	1976	17	1938(212); 1941(184); 1942 até 1958 sem dados; 1959(212); 1966(156); 1976(245)	1938(197); 1951(101); 1952(57); 1966(156); 1984(31); 1986(1); 1987(135)
58405000	Piabanha	1931	1999	45	1931(334); 1941(184); 1942 até 1957 sem dados; 1962(146); 1974(28); 1987(31); 1990(14); 1991(108)	1946(103); 1947(16); 1948(11); 1949(10); 1987(31); 1990(14); 1991(108)
58409000	Piabanha	1933	1975	17	1933(151); 1940(275); 1941 até 1954 sem dados; 1955(304); 1957(32); 1967(153); 1968(254); 1969(304); 1970(273); 1971 e 1972 sem dados; 1974(92)	1955(304); 1957(32); 1971(30); 1972(40); 1981(1); 1984(31); 1987(131)
58420000	Preto	1935	1999	52	1935(328); 1966(17); 1968(119); 1970 até 1976 sem dados; 1977(31); 1998(31)	1935(328); 1966(17); 1968(119); 1970(306); 1998(31)
58425000	Preto	1962	1999	32	1962(84); 1971(2); 1978(1); 1981(44); 1988 sem dados; 1996(273)	1981(44); 1995(59)
58427000	Preto	1930	1941	8	1930(269); 1936(149); 1937(2); 1940(2); 1941(184)	1930(230); 1937(2); 1948(61)
58434000	Fagundes	1936	1999	37	1936(251); 1937(16); 1938(132); 1939(303); 1941(184); 1942 até 1955 sem dados; 1956(60); 1967(20); 1978(31); 1980(12); 1981(21); 1982 sem dados; 1994(24); 1995(78)	1936(251); 1937(16); 1943(100); 1945(63); 1955(11); 1967(20); 1978(31); 1980(12); 1981(21); 1982 sem dados; 1992(3); 1994(24); 1995(137).

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58440000	Piabanha	1933	1999	64	1933(181); 1981(275); 1983(273)	1981(77); 1983(236).
58442000	Piabanha	1951	1997	15	1951(270); 1953(26); 1956(62); 1957 sem dados; 1958(164); 1960(275); 1961 até 1963 sem dados; 1964(269); 1967 e 1968 sem dados; 1982(41); 1983(54); 1984(72); 1985(32); 1986(39); 1988(38); 1992(6); 1996(6); 1997(129).	A série inicia em 1987. 1987(244); 1988(16); 1989(33); 1990(78); 1991(17); 1994(1); 1995(1).
58470000	Paraibuna	1949	1999	45	1949(243); 1977(92); 1978 sem dados; 1979(96); 1987(15); 1988(20); 1992(31).	1949(243); 1977(92); 1978 sem dados; 1979(96); 1987(15); 1988(20); 1992(31); 1995(31).
58480000	Paraibuna	1932	1975	31	1933(153); 1946(275); 1947(15); 1955 até 1961 sem dados; 1962(21); 1963(31); 1965(61)	1947(15); 1956(29); 1958(6); 1962(21).
58480500	Paraibuna	1975	1999	23	1975(265); 1981(45); 1992(21).	1975(265); 1981(45).
58500000	Brumado	1942	1999	21	1942(35); 1947 até 1981 sem dados; 1990(22); 1996(3); 1997(5)	1942(35); 1949(162); 1964(60); 1980(335); 1981(112); 1990(22).
58512000	Peixe	1931	1999	42	1931(243); 1939(122); 1940 até 1956 sem dados; 1963(153); 1964(61); 1979(2); 1982(19); 1983(5); 1992(16); 1994(28); 1995(30); 1997(16)	1931(251); 1947(30); 1982(31); 1983(5); 1992(16); 1994(28); 1995(30); 1997(265).
58514000	Peixe	1930	1967	31	1930(120); 1933 e 1934 sem dados; 1966(107); 1967(190)	1930(120); 1966(107); 1967(207).
58516000	Peixe	1930	1975	40	1932(57); 1934(116); 1947(7); 1973(31); 1975(97)	1947(7); 1975(97).
58516500	Peixe	1976	1999	19	1976(152); 1978(56); 1980(92); 1981(30); 1987(28)	1976(133); 1980(92); 1981(30); 1987(28).
58519000	Paraibuna	1930	1942	10	1930(177); 1942(31)	1930(177); 1942(31); 1947(1); 1950(334)
58520000	Paraibuna	1952	1999	41	1952(152); 1954(184); 1972(152); 1973(214); 1974(334); 1975(15); 1992(61).	1952(152); 1954(184); 1990(7); 1992(61).
58525000	Preto	1951	1999	30	1955 até 1960 sem dados; 1962(163); 1963(153); 1965 sem dados; 1966(15); 1967(47); 1968(13); 1969(176); 1975(153); 1982(2); 1992(280); 1995(30); 1996(20); 1997(47); 1999(26)	1966(15); 1967(25); 1995(61); 1996(20); 1997(47); 1999(26).
58530000	Preto	1936	1999	60	1936(183); 1947(107); 1964(111); 1971(45)	1936(123).
58535000	Preto	1925	1999	48	1925(331); 1929(31); 1930(228); 1947(183); 1948 sem dados; 1949(306); 1950(112); 1951(104); 1952(212); 1953(115); 1954(61); 1955(184); 1956(181); 1957(59); 1958(205); 1959(334); 1960(76); 1961 sem dados; 1962(91); 1963(153); 1964 até 1966 sem dados; 1967(92); 1968(61); 1980(56); 1992(93)	1925(201); 1929(31); 1930(228); 1950(61); 1966(138); 1967(18); 1980(93); 1988(1); 1992(93); 1995(30).
58542000	Bananal	1935	1999	58	1935(273); 1946(46); 1947(64); 1948(51); 1950(17); 1982(92); 1987(1).	1935(153); 1946(46); 1947(64); 1948(51); 1950(17); 1982(92); 1987(1); 1989(3).

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58549500	Preto	1932	1964	27	1932(244); 1945(31); 1947 sem dados; 1957(31); 1958(59); 1964(275)	1932(244); 1945(31); 1947 sem dados; 1957(31); 1958(59); 1964(275).
58550000	Preto	1934	1972	36	1947(183); 1971(123); 1972(153)	1971(31); 1972(153).
58550001	Preto	1972	1999	26	1972(274); 1997(9)	1972(213); 1997(9).
58560000	Flores	1948	1999	49	1948(121); 1992(153); 1997(53)	1944(175); 1992(153); 1997(53)
58573000	Bonito	1968	1999	30	1968(46); 1969(59)	1989(17); 1995(54).
58578000	Flores	1968	1978	9	1968(121); 1978(31)	1945(90); 1946(62); 1947 até 1966 sem dados; 1967(338); 1978(31); 1979(334)
58585000	Preto	1957	1999	34	1963(59); 1964 e 1966 sem dados; 1971(61); 1980(153); 1981(183); 1987(30); 1991(81); 1992(213)	1966(8); 1980(153); 1981(183); 1987(30); 1991(81); 1992(213)
58590000	Preto	1976	1982	7	Sem falhas	A série inicia em 1972. 1972(305); 1973 até 1975 sem dados; 1983(275)
58610000	Cágado	1931	1999	54	1931(243); 1943 até 1956 sem dados	1931(253); 1943(45); 1948(4)
58620000	Paraibuna	1952	1999	44	1967(120); 1982(10)	A série tem início em 1987 e vai até 1995. 1987(284); 1988(9); 1989(8); 1990(4); 1991(3); 1993(22); 1994(36); 1995(2)
58630000	Calha	1925	1992	62	1925(120); 1926(3); 1940(61); 1954(37)	A série inicia em 1971. De 1973 até 1985 sem dados, 1986(335); 1987(253); 1988(11); 1992(1989(6)); 1990(8); 1991(127); 1992(13); 1993(77); 1994(144); 1995(157); 1996(306)
58630002	Calha	1930	1999	66	1930(273); 1980 e 1981 sem dados; 1982(127); 1987(1)	1930(181); 1980 e 1981 sem dados; 1982(214); 1987(1).
58632090	Calha	1954	1964	9	1954(335); 1964(294)	1987(90); 1988(5); 1990(1); 1992(4); 1993(1); 1994(5); 1995(4)
58645000	Paquequer	1953	1999	38	1953(322); 1974(92); 1977(45); 1978 até 1980 sem dados; 1981(291); 1988(31); 1991(30)	1953(322); 1981(31); 1995(62)
58648000	Paquequer	1933	1953	17	1934(6); 1938(3); 1948(30); 1953(122)	Não foram disponibilizados dados de cota.
58648001	Paquequer	1931	1999	54	1931(243); 1934(6); 1947(149); 1949(67); 1952(7); 1959(61); 1960 sem dados; 1961(151); 1962(122); 1963 até 1966 sem dados; 1967(181); 1979(107); 1981(30); 1991(74)	1931(217); 1934(6); 1952(7); 1979(120); 1981(30); 1991(69); 1995(1)
58652000	Calha	1922	1985	45	1960(1); 1966 até 1978 sem dados; 1979(92); 1980 e 1981 sem dados	Não foram disponibilizados dados de cota.
58658000	Angu	1984	1999	9	1984(31); 1987(1); 1989(62); 1990(62); 1992(21); 1991(30); 1997(31).	A série tem início em 1962. 1962(189); 1963(3); 1966(1); 1984(31); 1987(1); 1990(31); 1991(30); 1997(31)
58670002	Pirapetinga	1979	1999	17	1983(45); 1987(32); 1991(31); 1992(31)	1972(74); 1974(24); 1983(61); 1985(11); 1987(32); 1991(31); 1992(31)
58710000	Pomba	1981	1999	9	1981(121); 1984(31); 1987(51); 1988 sem dados; 1990(92); 1991 e 1992 sem dados; 1993(31); 1994(44); 1998(19)	A série abrange o período de 1929 até 1999. 1929(61); 1940(121); 1947(15); 1948(77); 1961 sem dados; 1962(142); 1969(18); 1974(53); 1976(130); 1979(52); 1987(51); 1991(31); 1993(31); 1994(54); 1995(28)

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58720000	Formoso	1964	1999	25	1964(213); 1966 sem dados; 1974(71); 1978(71); 1979(275); 1980(184); 1981(212); 1982(198); 1983(32); 1987(30); 1992(31)	A série tem início em 1943. 1943(125); 1947(31); 1966 sem dados; 1974(71); 1978(71); 1979(275); 1980(184); 1981(242); 1982(228); 1983(1); 1987(30).
58725000	Formoso	1930	1941	9	1930(243); 1935(7); 1941(214)	A série abrange o período de 1930 até 1964. 1930(243); 1935(7); 1947(1); 1949(18); 1950(39); 1951(142); 1952(181); 1955(26); 1960(56); 1961(84); 1964(153)
58730000	Pomba	1934	1972	13	1945 até 1970 sem dados de vazão	1945 e 1947 sem dados; 1949(33); 1950(61); 1951 até 1970 sem dados
58730001	Pomba	1949	1999	44	1949(282); 1951(64); 1961(72); 1979(33); 1984(31); 1987(1)	1949(282); 1951(64); 1961(72); 1979(28); 1984(31); 1987(1).
58735000	Pomba	1931	1999	54	1931(356); 1933(250); 1944 sem dados; 1945(275); 1946(76); 1948(15); 1949(90); 1951(47); 1958(153); 1959(334); 1966(158); 1976(245); 1979(212); 1983(1); 1987(31)	1931(356); 1933(250); 1944 sem dados; 1945(34); 1946(289); 1948(15); 1949(90); 1951(47); 1966(158); 1976(245); 1979(212); 1983(1); 1987(31)
58736000	Xopotó	1988	1999	10	1988(91); 1997(70)	1988(91); 1997(55)
58745000	Piau	1967	1978	2	1967(273); 1968(5); 1969(1); 1971(93); 1972(60); 1974(92); 1975(273); 1977(7); 1978(92)	1967(273); 1971(92); 1972(60); 1974(92); 1975(243); 1978(92)
58750000	Piau	1958	1999	23	1968(124); 1969 e 1970 sem dados; 1973(245); 1974 até 1986 sem dados; 1993(71); 1994(7)	1931(351); 1941(1); 1980(13); 1981(46); 1993(71); 1994(7)
58755000	Novo	1943	1999	52	1943(349); 1944(121); 1979(58); 1983(3); 1987(31)	1943(349); 1944(121); 1979(89); 1983(3); 1987(31)
58760000	Novo	1927	1982	5	1927(251); 1930(27); 1934(119); 1944(41); 1947(61); 1948 até 1975 sem dados; 1976(78); 1982(92)	1968(247); 1973(92); 1974(273); 1982(92)
58765000	Novo	1929	1975	30	1957(71); 1958 e 1959 sem dados; 1962(214); 1963 até 1975 sem dados	A série abrange o período de 1929 até 1990. 1963(92); 1964 até 1988 sem dados; 1989(305); 1990(324)
58765001	Novo	1967	1999	27	1967(120); 1980(15); 1981(33); 1982(16); 1983(3); 1990(76).	1963(286); 1980(2); 1981(28); 1982(16); 1983(3); 1990(45); 1991(4); 1992(11)
58770000	Pomba	1934	1999	48	1934(171); 1936(245); 1937(212); 1938(61); 1946(30); 1948(69); 1956(184); 1957(27); 1958(77); 1959(170); 1967(54); 1968(24); 1969 até 1973 sem dados; 1974(151)	1969 e 1970 sem dados; 1972(184); 1995(31)
58790000	Pomba	1935	1999	59	1935(12); 1952(175); 1963 sem dados; 1966(25); 1971(181); 1996(1)	1963(200)
58795000	Calha	1979	1999	19	1979(92); 1981(214)	1979(92); 1981(214)
58820000	Grande	1947	1978	31	1947(273)	Sem falhas.
58825000	Grande	1965	1999	33	1965(327); 1984(31)	1965(327); 1984(31)
58827000	Grande	1934	1999	57	1934(265); 1979(72); 1980(28); 1981(43); 1982(9); 1983(33); 1987(1); 1994(23); 1996(54)	1979(89); 1980(31); 1981(62); 1982(31); 1983(61); 1987(1); 1988(15).

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58830000	Bengala	1938	1940	2	1938(39)	A série abrange o período de 1938 até 1956. 1938(32); 1956(3)
58832000	Bengala	1965	1999	31	1965(37); 1979(3); 1982 e 1983 sem dados	1965(328); 1995(31).
58837000	São José	1965	1983	10	1965(335); 1977(1); 1978(318); 1979 sem dados; 1980 e 1981 sem dados; 1982(110); 1983(306)	1965(335); 1978(7); 1979(70); 1980(10); 1981(10); 1982(143); 1983(275)
58846000	Grande	1966	1999	29	1966(1); 1979(30); 1982(46); 1983(22); 1997(47)	1944(60); 1947(33); 1948(213); 1949 até 1964 sem dados; 1965(334); 1979(61); 1982(61); 1983(30); 1997(47)
58850000	Grande	1967	1999	30	1967(304); 1978(28); 1987(1)	1967(243); 1978(28)
58857000	Negro	1936	1999	35	1936(247); 1941(24); 1950(285); 1951 até 1970 sem dados; 1975(56); 1977(45); 1979(34); 1983(14); 1992(31); 1993(50)	1936(247); 1941(24); 1953(275); 1954 até 1970 sem dados; 1975(56); 1977(45); 1979(61); 1983(61); 1989(10); 1992(31); 1993(50)
58857001	Negro	1950	1970	17	1950(80); 1955(3); 1956(9); 1962(1); 1963(1)	1950(50); 1955(3); 1956(9); 1971(198)
58861000	Macuco	1955	1978	17	1955(142); 1959(184); 1966(30); 1971(243); 1975(32); 1977(35); 1978(27)	1955(82); 1966(30); 1975(32); 1977(35); 1978(27)
58862000	Macuco	1936	1942	5	1936(246); 1942(306)	A série abrange o período de 1936 até 1965. 1936(244)
58868000	Negro	1965	1973	4	1965(334); 1966(64); 1968(275); 1969 e 1970 sem dados	1965(334); 1966(64); 1968(275); 1969 e 1970 sem dados; 1979(275)
58870000	Negro	1967	1999	30	1980(72); 1982(24); 1983(2)	1980(91); 1982(31); 1992(16)
58874000	Dois Rios	1931	1999	66	1931(304); 1974(54); 1992(9); 1998(1).	1974(54); 1995(30).
58880001	Calha	1974	1999	22	1980(88); 1982(44); 1985(30); 1992(92)	A série inicia em 1923. 1923(33); 1924(2); 1937(1); 1944 até 1970 sem dados; 1972(152); 1980(122); 1982(92); 1985(30)
58910000	Preto	1937	1999	52	1937(253); 1979 até 1981 sem dados; 1983(14); 1984(19); 1987(1); 1988(39); 1989(161); 1990(151); 1991(81)	1937(49); 1979 até 1981 sem dados; 1983(31); 1984(31); 1987(1); 1988(47); 1989(223); 1990(243); 1991(93)
58915000	Muriaé	1934	1958	20	1934(59); 1954(128); 1955(23); 1956(80); 1957(334)	1934(59); 1954(128); 1955(23); 1956(80); 1957(334)
58916000	Glória	1962	1999	35	1962(192); 1968(19); 1987(2)	1962(192); 1968(19); 1987(2)
58916900	Glória	1970	1982	8	1970(273); 1971(106); 1973(273); 1980(25); 1982(92)	1970(273); 1971(106); 1972(92); 1973(273); 1980(25); 1982(92)
58917000	Glória	1979	1999	18	1979(2); 1987 sem dados; 1997(2)	A série inicia em 1964. 1964(236); 1967(149); 1997(2)
58920000	Muriaé	1943	1999	53	1943(120); 1980(136); 1981 sem dados; 1992(11); 1993(41); 1995(1)	A série inicia em 1928. 1928(335); 1934(1); 1935(28); 1980(152); 1981 sem dados; 1995(1).

**Tabela 2.1.11 – Falhas Observadas nos Postos Fluviométricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Código	Curso D'água	Início das Vazões	Fim das Vazões	Anos Completos de Dados de Vazões	Observação dos Dados de Vazão Ano (Dias com Falhas)	Observação dos Dados de Cota Ano (Dias com falhas)
58930000	Carangola	1935	1999	47	1935(90); 1949(193); 1954(28); 1956(31); 1957(52); 1958(59); 1960(23); 1961(318); 1962 sem dados; 1963(311); 1965(273); 1966(212); 1967(214); 1974(31); 1981(1); 1982(13); 1991(85); 1992(70); 1993(38); 1996(6); 1997(1); 1999(30).	A série inicia em 1928. 1928(349); 1933(39); 1934(26); 1949(122); 1957(16); 1965(77); 1966(59); 1997(1); 1999(30)
58934000	Carangola	1941	1999	50	1941(120); 1955(69); 1979(5); 1982(14); 1987(5); 1988(31); 1989(15); 1997(10); 1998(9)	A série inicia em 1928. 1928(326); 1931(1); 1934(31); 1979(28); 1987(5); 1988(31); 1997(10)
58940000	Muriaé	1934	1999	38	1954 até 1979 sem dados; 1980(35); 1995(1); 1997(6)	A série inicia em 1923. 1923(59); 1930(12); 1979(14); 1995(1); 1997(2)
58960000	Muriaé	1954	1999	36	1954(304); 1958(61); 1962(183); 1972(24); 1979(75); 1981 sem dados; 1985(12); 1990(85); 1991(19); 1997(9)	1979(68); 1981 sem dados; 1985(30); 1990(85); 1991(46); 1992(6); 1997(9)
58972000	Calha	1955	1973	19	Sem falhas	Sem falhas
58974000	Calha	1934	1999	58	1934(59); 1978(50); 1979(61); 1981(31); 1987(30); 1991(53); 1992(48); 1995(3); 1997(17)	1978(50); 1979(61); 1981(31); 1987(30); 1991(53); 1992(58); 1995(2); 1997(17)

(\*) Os dados do posto 58076000 foram disponibilizados apenas em formato planilha EXCEL, ainda não transferidos para o banco de dados Hidro.

### 2.1.1.3 Regionalização de Vazões

A estimativa das disponibilidades hídricas nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro é hoje feita com base em estudos de regionalização desenvolvidos pelos próprios Estados, utilizando metodologias diferenciadas.

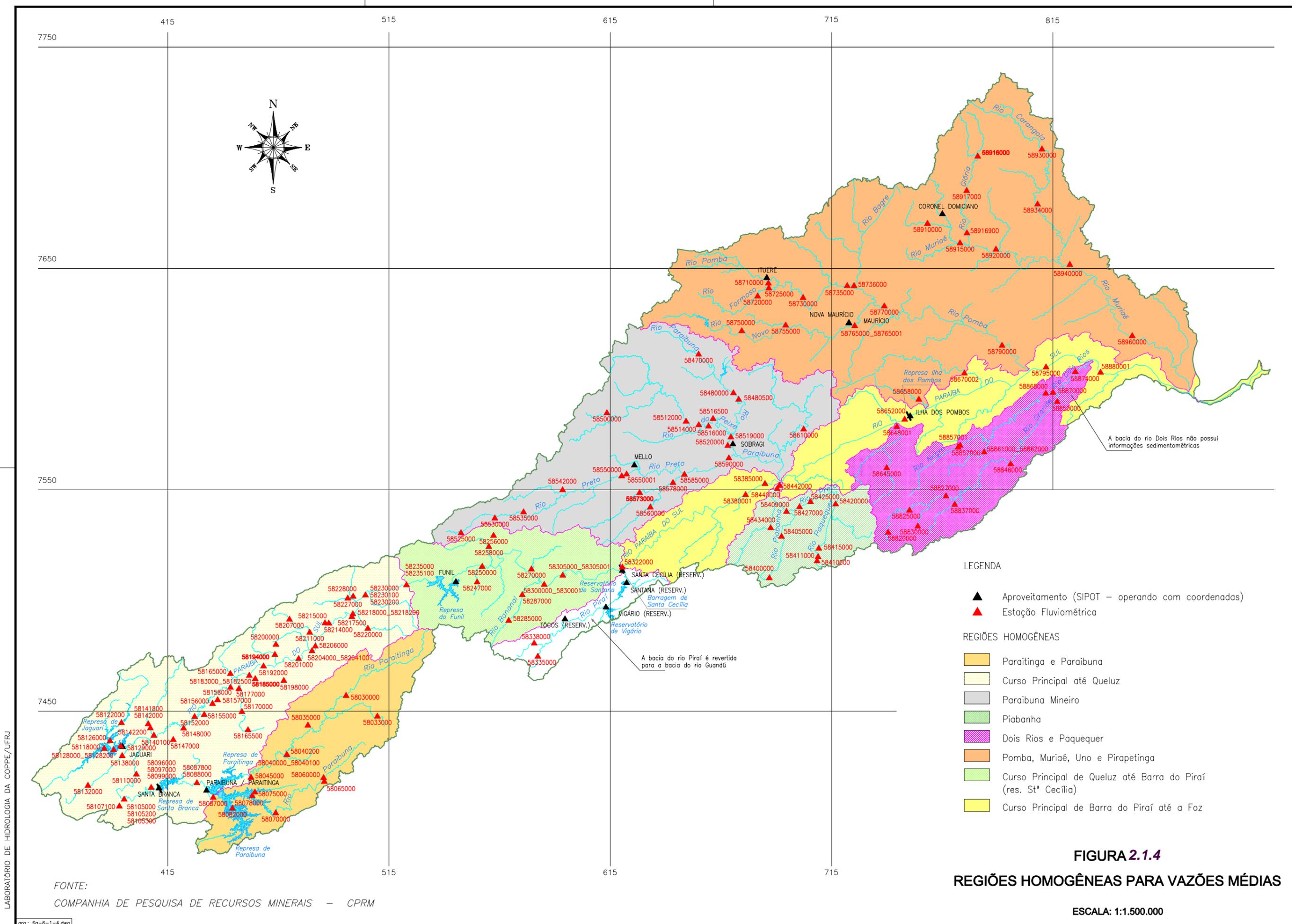
Este estudo tem por objetivo utilizar um critério único para regionalizar as vazões na bacia do rio Paraíba do Sul, permitindo o conhecimento das disponibilidades hídricas e dando confiabilidade aos processos de outorgas.

A metodologia utilizada fundamenta-se na experiência adquirida pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) na regionalização hidrológica de diversas bacias brasileiras. A metodologia empregada foi consolidada no documento “Regionalização de Vazões” (Tucci, 2000), que contempla conceitos básicos sobre a regionalização de vazões, critérios de seleção de dados e indicadores hidrológicos.

#### Regionalização de Vazões Médias

Os estudos de regionalização das vazões médias da bacia do rio Paraíba do Sul foram desenvolvidos pela CPRM e permitiram a definição de oito regiões consideradas hidrológica e estatisticamente homogêneas, delimitadas na [Figura 2.1.4](#) e descritas a seguir:





A bacia do rio Dois Rios não possui informações sedimentométricas

A bacia do rio Pirai é revertida para a bacia do rio Guandú

**LEGENDA**

- ▲ Aproveitamento (SIPOT – operando com coordenadas)
- ▲ Estação Fluviométrica

**REGIÕES HOMOGÊNEAS**

- Paraitinga e Paraíba
- Curso Principal até Queluz
- Paraibuna Mineiro
- Piabanha
- Dois Rios e Paquequer
- Pomba, Muriaé, Uno e Pirapetinga
- Curso Principal de Queluz até Barra do Pirai (res. Stª Cecília)
- Curso Principal de Barra do Pirai até a Foz

FONTE:  
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM

**FIGURA 2.1.4**  
**REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA VAZÕES MÉDIAS**

ESCALA: 1:1.500.000

LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA DA COPPE/UFRJ

arq.: fig-6-1-4.dwg

- bacias dos rios Paraibuna e Paraitinga;
- curso principal até UHE Funil e afluentes das margens esquerda e direita;
- bacia do rio Paraibuna - trecho mineiro;
- bacia do rio Piabanha;
- bacias dos rios Dois Rios e Paquequer;
- bacia dos rios Pomba e Muriaé;
- curso principal da UHE Funil até o reservatório da UEL Santa Cecília;
- curso principal a jusante da UEL Santa Cecília até a foz.

Os resultados da análise de regressão simples e múltipla para as vazões médias (MLT), com os coeficientes obtidos para as oito regiões, são apresentados a seguir:

– Região Homogênea I – Paraitinga e Paraibuna	$Q = 0,0629.A^{0,8414}$ $r^2 = 0,8980$	$Q = 0,0082.A^{0,9472}.P^{2,8007}$ $r^2 = 0,9933$
– Região Homogênea II – Curso Principal até UHE Funil e Afluentes das Margens Esquerda e Direita	$Q = 0,01501.A^{1,0171}$ $r^2 = 0,9738$	$Q = 0,0043.A^{0,9959}.P^{3,5660}$ $r^2 = 0,9973$
– Região Homogênea III – Paraibuna Mineiro	$Q = 0,0381.A^{0,9370}$ $r^2 = 0,9311$	$Q = 0,0098.A^{0,9826}.P^{2,1718}$ $r^2 = 0,9947$
– Região Homogênea IV – Piabanha	$Q = 0,1560.A^{0,7090}$ $r^2 = 0,9970$	$Q = 0,1971.A^{0,6869}.P^{0,2162}$ $r^2 = 0,9975$
– Região Homogênea V – Dois Rios e Paquequer	$Q = 0,0872.A^{0,7569}$ $r^2 = 0,8557$	$Q = 0,0114.A^{0,9388}.P^{2,3889}$ $r^2 = 0,9689$
– Região Homogênea VI – Pomba, Muriaé, Una e Pirapetinga	$Q = 0,0376.A^{0,9031}$ $r^2 = 0,9596$	$Q = 0,0132.A^{0,9334}.P^{2,3879}$ $r^2 = 0,9905$
– Região Homogênea VII - Curso Principal da UHE Funil até o reservatório da UEL Santa Cecília	$Q = 0,0482.A^{0,8917}$ $r^2 = 0,9956$	$Q = 0,0093.A^{0,9827}.P^{1,9916}$ $r^2 = 0,9992$
– Região Homogênea VIII - Curso Principal a Jusante da UEL Santa Cecília até a Foz	$Q = 0,00007.A^{1,4927}$ $r^2 = 0,9708$	$Q = 0,0008.A^{1,3369}.P^{(-2,4382)}$ $r^2 = 0,9777$

As unidades a que se referem as equações são vazão em m<sup>3</sup>/s, área em km<sup>2</sup> e precipitação em mm.

#### Regionalização das Vazões com 95% de Permanência no Tempo

As análises referentes às vazões com 95% de permanência no tempo permitiram a caracterização de 10 regiões consideradas hidrologicamente homogêneas, quais sejam:

- bacia dos rios Paraibuna e Paraitinga
- bacia dos rios Jaguari e Buquira
- bacia dos rios afluentes pela margem esquerda com área de drenagem inferior a 1.000 km<sup>2</sup>
- bacia dos rios afluentes pela margem direita com área de drenagem inferior a 1.000 km<sup>2</sup>
- bacia do rio Paraibuna Mineiro

- bacia do rio Piabanha
- bacia dos rios Paquequer e Dois Rios
- bacia do rio Pomba
- bacia do rio Muriaé
- calha do rio Paraíba do Sul

A [Tabela 2.1.12](#), a seguir, apresenta os postos fluviométricos cadastrados no banco de dados Hidro da ANEEL e considerados na regionalização de Q95%. De posse das séries de vazões, foram efetuadas a análise e a seleção das mesmas com base nos seguintes critérios de exclusão:

- período de dados disponível inferior a cinco anos;
- séries com períodos longos de falhas;
- balanço entre os valores de vazões e áreas de drenagem incrementais incompatíveis ou com diferença superior a 30%;
- avaliação da variação da vazão Q95% para diferentes períodos de tempo.

A partir dos critérios mencionados, foram considerados válidos e intervenientes no estudo de regionalização 122 postos localizados na [Figura 2.1.5](#), onde também constam as regiões homogêneas resultantes.

**Tabela 2.1.12 – Vazões com 95% de Permanência Calculadas para os Postos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Entidade Operadora	Período Disponível
1	58060000	Paraibuna	ANEEL/CPRM	1933/1999
2	58065000	Ipiranga	ANEEL	1935/1979
3	58068000	Paraibuna	CESP	1964/1985
4	58070000	Paraibuna	ANEEL	1938/1974
5	58071000	Paraibuna	LIGHT	1922/1947
6	58075000	Peixe	ANEEL	1939/1974
7	58076000	Peixe	LIGHT	1927/1947
8	58078000	Paraibuna	ANEEL	1935/1974
9	58082000	Lourenço Velho	ANEEL	1953/1960
10	58086000	Paraibuna	LIGHT	1956/1966
11	58087000	Paraibuna	ANEEL	1953/1958
12	58087080	Paraibuna	CESP	1987/1988
13	58087300	Paraibuna	LIGHT	1969/1997
14	58087600	Paraibuna	LIGHT	1927/1960
15	58030000	Paraitinga	ANEEL/CPRM	1934/1999
16	58033000	Jacuí	DAEE	1958/1972
17	58035000	Ribeirão Sapê	DAEE	1959/1975
18	58040000	Paraitinga	CESP/CPRM	1979/1999
19	58040100	Paraitinga	ANEEL	1930/1974
20	58040200	Paraitinga	ANEEL	1975/1995
21	58044800	Paraitinga	LIGHT	1956/1976
22	58044850	Paraitinga	LIGHT	1927/1930
23	58044900	Paraitinga	LIGHT	1927/1945
24	58045000	Paraitinga	ANEEL	1951/1974
25	58118000	Jaguari	ANEEL	1950/1968
26	58122000	Peixe	ANEEL	1952/1968
27	58126000	Peixe	ANEEL	1935/1969
28	58128000	Jaguari	ANEEL	1950/1966
29	58128180	Jaguari	CESP	1987/1989
30	58128200	Jaguari	CESP	1964/1978
31	58129000	Jaguari	ANEEL	1954/1960
32	58132000	Parateí	DAEE	1969/1973
33	58138000	Parateí	DAEE	1961/1973
34	58142000	Buquira	ANEEL	1932/1972
35	58142200	Buquira	FURNAS	1979/1998
36	58165000	Piracuama	DAEE	1969/1997
37	58194000	Tetequera	DAEE	1957/1975

**Tabela 2.1.12 – Vazões com 95% de Permanência Calculadas para os Postos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Entidade Operadora	Período Disponível
38	58200000	Ribeirão Buenos	DAEE	1971/1976
39	58207000	Piagui	ANEEL	1935/1961
40	58211000	Piagui	DAEE	1971/1995
41	58215000	Ribeirão Macacos	DAEE	1969/1997
42	58227000	Ribeirão Embaú	DAEE	1970/1990
43	58228000	Passa Vinte	DAEE	1969/1981
44	58256000	Jacutinga	ANEEL	1947/1978
45	58258000	Pirapetinga	CPRM	1968/1998
46	58270000	Turvo	ANEEL	1967/1998
47	58658000	Angu	CPRM	1984/1999
48	58670002	Pirapetinga	CPRM	1979/1999
49	58107100	Ribeirão Guararema	ANEEL	1934/1942
50	58147000	Ribeirão Pararangaba	DAEE-SP	1960/1988
51	58148000	Ribeirão da Divisa	DAEE-SP	1970/1975
52	58155000	Ribeirão Caçapava Velha	DAEE-SP	1957/1997
53	58156000	Ribeirão Piracangua	DAEE-SP	1972/1976
54	58157000	Ribeirão José Raimundo	DAEE-SP	1972/1976
55	58165500	Ribeirão Cruz das Almas	DAEE-SP	1972/1977
56	58170000	Una	ANEEL	1933/1942
57	58170100	Una	DAEE-SP	1957/1967
58	58177000	Una	DAEE-SP	1954/1978
59	58185000	Ribeirão Pinhão	DAEE-SP	1955/1997
60	58190500	Ribeirão Água Preta	DAEE-SP	1976/1979
61	58198000	Pirapitingui	DAEE-SP	1973/1989
62	58217500	Ribeirão Palmital	DAEE-SP	1973/1993
63	58220000	Bocaina	FURNAS	1935/1999
64	58247000	Sesmaria	ANEEL	1979/1983
65	58285000	Bananal	ANEEL	1935/1940
66	58287000	Bananal	CPRM	1996/1999
67	58335000	Rio Pirai	CPRM	1951/1996
68	58338000	Rio do Braço	ANEEL	1951/1961
69	58470000	Paraibuna	ANEEL/CPRM	1949/1999
70	58480000	Paraibuna	ANEEL	1932/1975
71	58480500	Paraibuna	ANEEL/CPRM	1975/1999
72	58500000	Brumado	ANEEL/CPRM	1942/1999
73	58512000	Peixe	ANEEL/CPRM	1931/1999
74	58514000	Peixe	CEMIG	1930/1967
75	58516000	Peixe	ANEEL	1931/1975
76	58516500	Peixe	ANEEL/CPRM	1976/1999
77	58519000	Paraibuna	ANEEL	1930/1942
78	58520000	Paraibuna	ANEEL/CPRM	1952/1999
79	58525000	Preto	ANEEL/CPRM	1951/1999
80	58530000	Preto	ANEEL/CPRM	1936/1999
81	58535000	Preto	ANEEL/CPRM	1925/1999
82	58542000	Bananal	ANEEL/CPRM	1935/1999
83	58549500	Preto	CEMIG	1932/1964
84	58550000	Preto	ANEEL	1934/1972
85	58550001	Preto	ANEEL/CPRM	1972/1999
86	58560000	Rio das Flores	ANEEL/CPRM	1948/1999
87	58573000	Bonito	ANEEL/CPRM	1968/1999
88	58578000	Rio das Flores	ANEEL	1968/1978
89	58585000	Preto	ANEEL/CPRM	1957/1999
90	58590000	Preto	ANEEL	1976/1982
91	58610000	Cágado	ANEEL/CPRM	1931/1999
92	58620000	Paraibuna	LIGHT	1952/1999
93	58400000	Piabanha	ANEEL	1938/1976
94	58405000	Piabanha	CPRM	1931/1999
95	58409000	Piabanha	ANEEL	1933/1975
96	58420000	Preto	CPRM	1935/1999
97	58425000	Preto	CPRM	1962/1999
98	58427000	Preto	ANEEL	1930/1941
99	58434000	Fagundes	CPRM	1936/1999
100	58440000	Piabanha	CPRM	1933/1999
101	58442000	Piabanha	LIGHT	1951/1997
102	58645000	Paquequer	CPRM	1953/1999
103	58648000	Paquequer	LIGHT	1933/1953

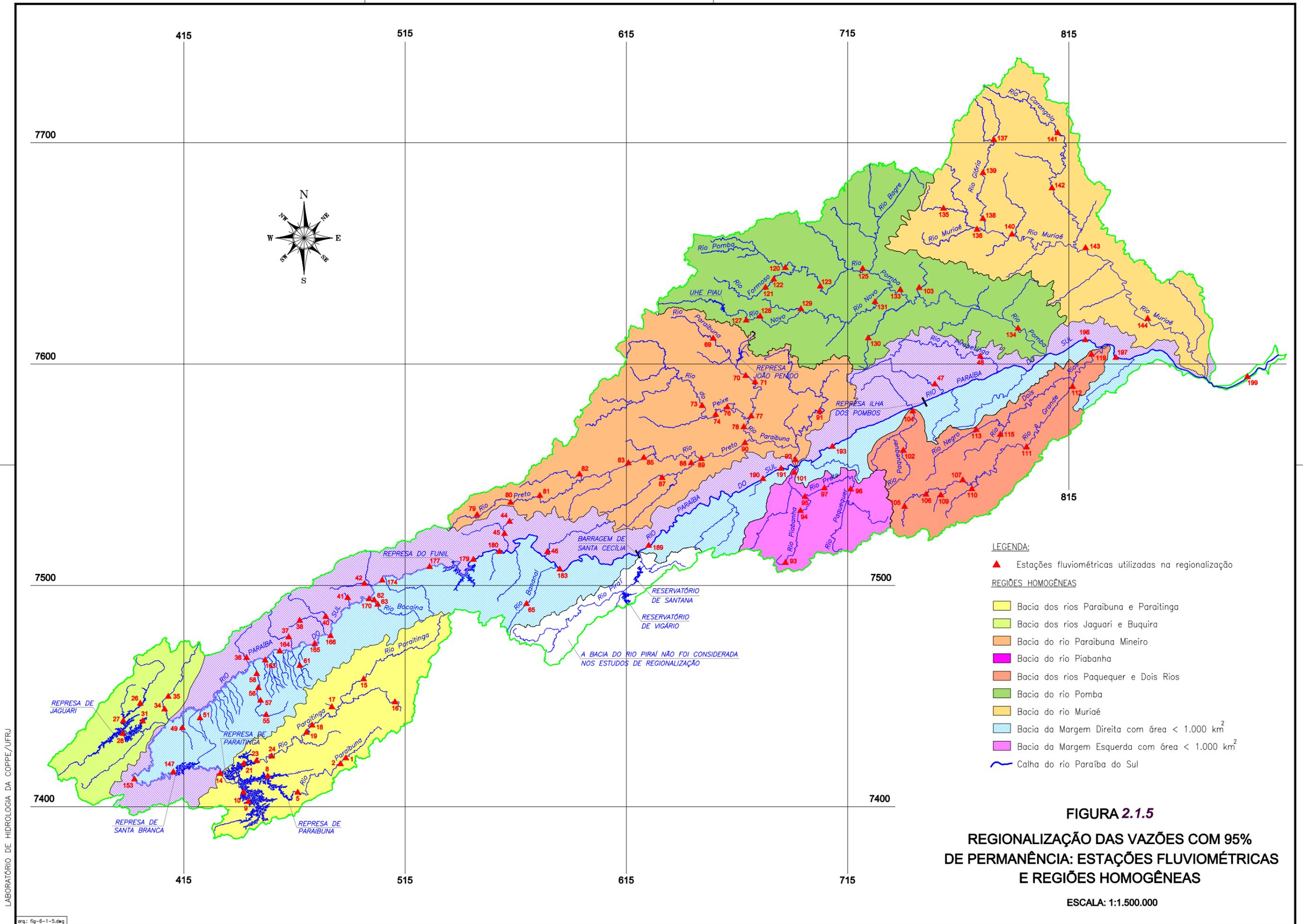
**Tabela 2.1.12 – Vazões com 95% de Permanência Calculadas para os Postos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Entidade Operadora	Período Disponível
104	58648001	Paquequer	CPRM	1931/1999
105	58820000	Grande	ANEEL	1947/1978
106	58825000	Grande	CPRM	1965/1999
107	58827000	Grande	CPRM	1934/1999
108	58830000	Bengala	ANEEL	1938/1940
109	58832000	Bengala	CPRM	1965/1999
110	58837000	São José	ANEEL	1965/1977
111	58846000	Grande	CPRM	1966/1999
112	58850000	Grande	CPRM	1967/1999
113	58857000	Negro	CPRM	1936/1999
114	58857001	Negro	ANEEL	1950/1970
115	58861000	Macuco	ANEEL	1955/1978
116	58862000	São José	ANEEL	1936/1942
117	58868000	Negro	ANEEL	1965/1973
118	58870000	Negro	CPRM	1967/1999
119	58874000	Dois Rios	CPRM	1931/1999
120	58710000	Pomba	CPRM	1981/1999
121	58720000	Formoso	CPRM	1964/1999
122	58725000	Formoso	ANEEL	1930/1941
123	58730000	Pomba	ANEEL	1934/1972
124	58730001	Pomba	CPRM	1949/1999
125	58735000	Pomba	CPRM	1931/1999
126	58736000	Xopotó	CPRM	1988/1999
127	58745000	Piau	CEMIG	1967/1978
128	58750000	Piau	CPRM	1958/1999
129	58755000	Novo	CPRM	1943/1999
130	58760000	Novo	DAE-MG	1927/1982
131	58765000	Novo	ANEEL	1929/1975
132	58765001	Novo	CPRM	1967/1999
133	58770000	Pomba	CPRM	1934/1999
134	58790000	Pomba	CPRM	1935/1999
135	58910000	Preto	CPRM	1937/1999
136	58915000	Muriaé	ANEEL	1934/1958
137	58916000	Glória	CPRM	1962/1999
138	58916900	Glória	DAE-MG	1970/1982
139	58917000	Glória	CPRM	1979/1999
140	58920000	Muriaé	CPRM	1943/1999
141	58930000	Carangola	CPRM	1935/1999
142	58934000	Carangola	CPRM	1941/1999
143	58940000	Muriaé	CPRM	1934/1999
144	58960000	Muriaé	CPRM	1954/1999
145	58087800	Paraíba do Sul	LIGHT	1943/1960
146	58088000	Paraíba do Sul	ANEEL	1950/1958
147	58096000	Paraíba do Sul	LIGHT	1952/1997
148	58097000	Paraíba do Sul	CESP	1965/1972
149	58099000	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1952/1999
150	58105000	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1932/1980
151	58105100	Paraíba do Sul	LIGHT	1928/1956
152	58105200	Paraíba do Sul	CESP	1965/1972
153	58105300	Paraíba do Sul	LIGHT	1928/1983
154	58110000	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1931/1972
155	58110002	Paraíba do Sul	LIGHT	1993/1997
156	58140100	Paraíba do Sul	DAEE	1959/1981
157	58141000	Paraíba do Sul	CESP	1965/1972
158	58141800	Paraíba do Sul	CESP	1964/1974
159	58152000	Paraíba do Sul	ANEEL	1933/1975
160	58152100	Paraíba do Sul	CESP	1964/1971
161	58158000	Paraíba do Sul	ANEEL	1934/1971
162	58182500	Paraíba do Sul	DAEE	1983/1997
163	58183000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1939/1999
164	58192000	Paraíba do Sul	DAEE	1959/1997
165	58201000	Paraíba do Sul	DAEE	1969/1997
166	58204000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1939/1995
167	58204100	Paraíba do Sul	LIGHT	1923/1994
168	58206000	Paraíba do Sul	DAEE	1972/1981
169	58214000	Paraíba do Sul	DAEE	1964/1992

**Tabela 2.1.12 – Vazões com 95% de Permanência Calculadas para os Postos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (continuação)**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Entidade Operadora	Período Disponível
170	58218000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1935/1999
171	58218100	Paraíba do Sul	CESP	1965/1972
172	58218200	Paraíba do Sul	DAEE	1955/1997
173	58230000	Paraíba do Sul	ANEEL	1935/1980
174	58230100	Paraíba do Sul	DAEE	1971/1997
175	58230200	Paraíba do Sul	LIGHT	1970/1995
176	58235000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1934/1995
177	58235100	Paraíba do Sul	LIGHT	1951/1997
178	58240000	Paraíba do Sul	LIGHT	1943/1992
179	58242000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1956/1999
180	58250000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1930/1995
181	58250002	Paraíba do Sul	LIGHT	1996/1999
182	58262000	Paraíba do Sul	LIGHT	1969/1993
183	58300000	Paraíba do Sul	ANEEL/FURNAS	1940/1999
184	58300001	Paraíba do Sul	LIGHT/CESP	1952/1996
185	58305000	Paraíba do Sul	LIGHT	1967/1996
186	58305001	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1940/1999
187	58321000	Paraíba do Sul	ANEEL	1922/1995
188	58322000	Paraíba do Sul	LIGHT	1922/1959
189	58370000	Paraíba do Sul	LIGHT	1948/1997
190	58380001	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1972/1999
191	58385000	Paraíba do Sul	LIGHT	1956/1997
192	58630000	Paraíba do Sul	LIGHT/CPRM	1925/1992
193	58630002	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1930/1999
194	58632090	Paraíba do Sul	LIGHT	1954/1964
195	58652000	Paraíba do Sul	LIGHT	1922/1985
196	58795000	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1979/1999
197	58880001	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1974/1999
198	58972000	Paraíba do Sul	ANEEL	1955/1973
199	58974000	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	1934/1999

Na bacia do rio Paraíba do Sul foram identificados diversos aproveitamentos hidrelétricos, cujas características principais são apresentadas na [Tabela 2.1.13](#), a seguir. As informações foram extraídas do Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (SIPOT).



**LEGENDA:**

- ▲ Estações fluviométricas utilizadas na regionalização
- REGIÕES HOMOGÊNEAS**
- Bacia dos rios Paraíba e Paraitinga
- Bacia dos rios Jaguari e Buquirá
- Bacia do rio Paraíba Mineiro
- Bacia do rio Piabanha
- Bacia dos rios Paquequer e Dois Rios
- Bacia do rio Pomba
- Bacia do rio Muriaé
- Bacia da Margem Direita com área < 1.000 km<sup>2</sup>
- Bacia da Margem Esquerda com área < 1.000 km<sup>2</sup>
- Calha do rio Paraíba do Sul

**FIGURA 2.1.5**  
**REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES COM 95% DE PERMANÊNCIA: ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E REGIÕES HOMOGÊNEAS**  
 ESCALA: 1:1.500.000

LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA DA COPPE/UFRJ

**Tabela 2.1.13 – Usinas Hidrelétricas/Barramentos/Estações Elevatórias da Bacia do Rio Paraíba do Sul Cadastradas no SIPOT**

Bacia/Calha	Usina	Enchimento do Reservatório	Potência Instalada (MW)	Nível d'Água Normal (m)		Volume (x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
				Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Jaguari/Buquira	Jaguari	12/69 a 05/75	27,6	623,00	603,20	1.236,00	443,00
Paraibuna	Ferreira Guimarães	Não informado	4,4	823,00	Não informado		
	Paciência	Não informado	4,1	508,56	Não informado		
	Marmelos 1-2	Não informado	4,0	652,10	Não informado		
	Sobragi	Fio d'água	60,0	436,50	436,50	0,07	0,07
	Joasal	Não informado	8,0	598,70	Não informado		
	João Penido	Não informado	Reservatório de abastecimento de água				
Piabanha	Coronel Fagundes	Não informado	4,8	436,64	Não informado		
	Morro Grande	Não informado	20,0	526,00	504,00	1,2	
	Piabanha	Não informado	8,6	367,70	Não informado		
Pomba	Guary	Não informado	4,8	758,00	Não informado		
	Piau	Fio d'água	18,0	634,34	634,34	0,42	0,42
	Maurício	Não informado	2,2	Não informado			
	Nova Maurício	Não informado	32,1	281,80	275,80	26,00	8,00
	Ituerê	Não informado	4,0	Não informado			
Muriaé	Miguel Pereira	Informações não disponibilizadas					
	Coronel Domiciano	Fio d'água	1,9	496,61	496,61	0,06	0,06
	Glória	Não informado	14,5	324,00	321,90	2,90	0,50
	Tombos	Fio d'água	12,0	267,00	267,00	0,10	0,10
Calha do Rio Paraíba do Sul	Paraibuna/Paraitinga	01/74 a 04/78	86,0	714,00	694,60	4.732,00	2.096,00
	Santa Branca	Não informado	58,0	622,00	605,00	439,00	131,00
	Funil	Não informado	222,0	466,50	444,00	888,30	282,60
	Santa Cecília	Fio d'água	Elevatória	352,95	352,95	6,00	6,00
	Ilha dos Pombos	Fio d'água	180,0	135,60	135,60	4,00	4,00

• **Bacia dos rios Paraibuna e Paraitinga**

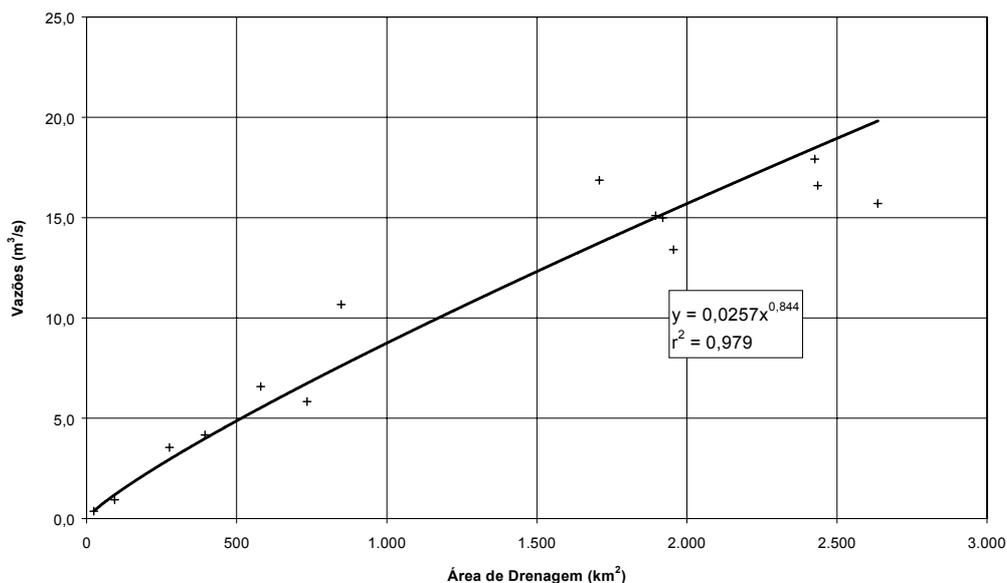
O banco de dados Hidro relaciona 28 estações fluviométricas, sendo que 7 estão em funcionamento e 21, desativadas. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 24 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.14](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia constam da [Figura 2.1.6](#).

**Tabela 2.1.14 - Vazões Finais com 95% de Permanência no Tempo Bacia dos Rios Paraibuna e Paraitinga**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
1	58060000	Paraibuna	276	3,54
2	58065000	Ipiranga	25	0,37
5	58071000	Paraibuna	580	6,58
8	58078000	Paraibuna	848	10,67
9	58082000	Lourenço Velho	395	4,16
10	58086000	Paraibuna	1.360	16,87
14	58087600	Paraibuna	1.540	15,10
15	58030000	Paraitinga	735	5,83
16	58033000	Jacuí	93	0,94
17	58035000	Ribeirão Sapê	47	0,28
18	58040000	Paraitinga	1.920	14,98
19	58040100*	Paraitinga	1.956	13,40
21	58044800	Paraitinga	2.560	17,92
23	58044900	Paraitinga	2.637	15,70
24	58045000	Paraitinga	2.436	16,59

\* Postos com séries complementadas.



**Figura 2.1.6 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia dos Rios Paraibuna e Paraitinga**

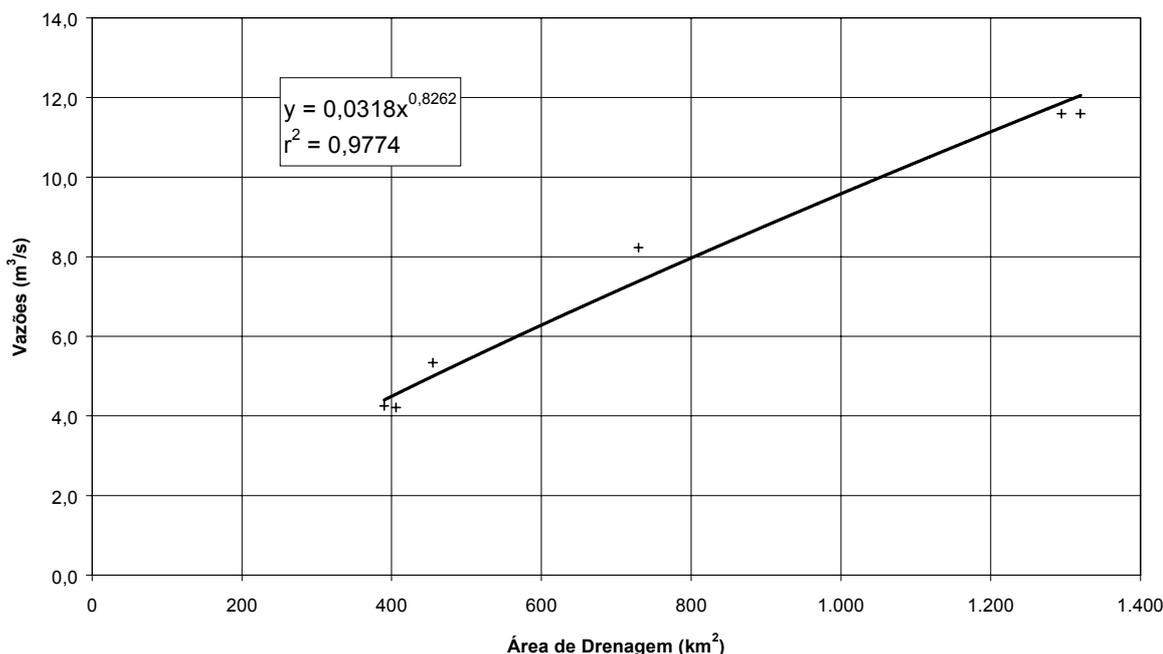
- **Bacia dos rios Jaguari e Buquira**

O banco de dados Hidro apresenta 17 estações, sendo 16 desativadas e 1 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 11 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.15](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia estão apresentados na [Figura 2.1.7](#).

**Tabela 2.1.15 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia dos Rios Jaguari e Buquira**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
26	58122000	Peixe	455	5,34
27	58126000	Peixe	730	8,23
28	58128000	Jaguari	1295	11,59
31	58129000	Jaguari	1320	11,59
34	58142000	Buquira	390	4,25
35	58142200	Buquira	406	4,21



**Figura 2.1.7 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia dos Rios Jaguari e Buquira**

- **Bacia dos rios afluentes pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul com área de drenagem inferior a 1.000 km<sup>2</sup>**

O banco de dados Hidro apresenta 26 estações, sendo 18 desativadas e 8 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 13 estações.

Não foram identificados aproveitamentos hidrelétricos e/ou barramentos nessa região.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados nas [Tabelas 2.1.16 e 7.1.17](#).

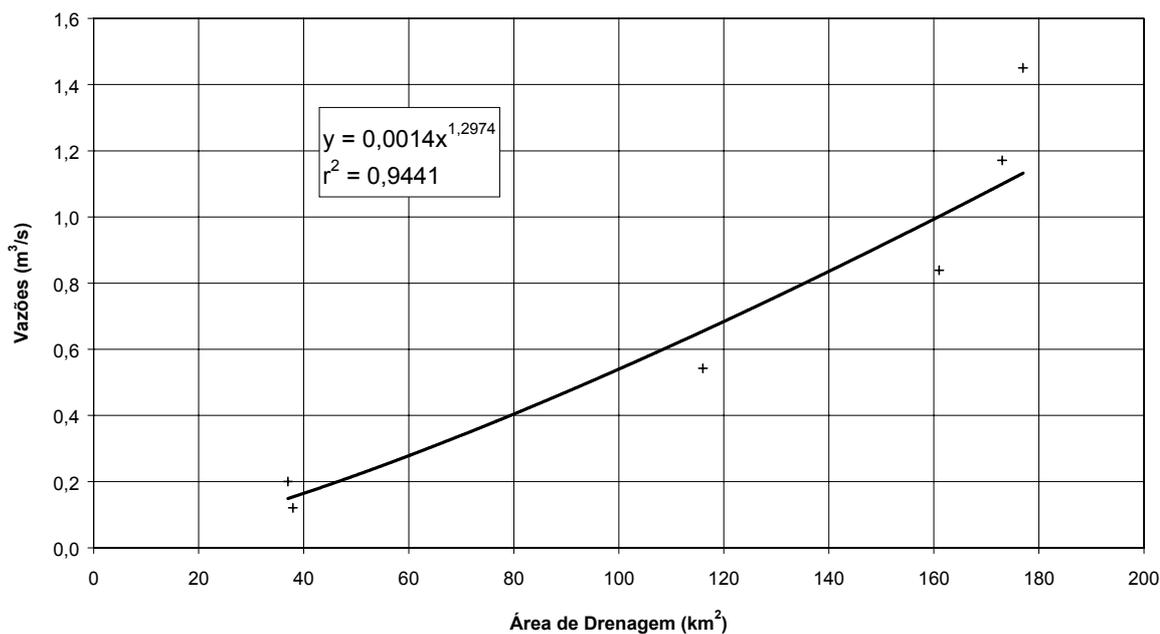
**Tabela 2.1.16 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo  
1º Grupo: Sub-Bacias a Montante da UHE Funil**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
36	58165000	Piracuama	161	0,84
37	58194000	Tetequera	116	0,54
38	58200000	Rib. Buenos	38	0,12
40	58211000	Piagui	173	1,17
41	58215000	Rib. Macacos	37	0,20
42	58227000	Rib. Embaú	177	1,45

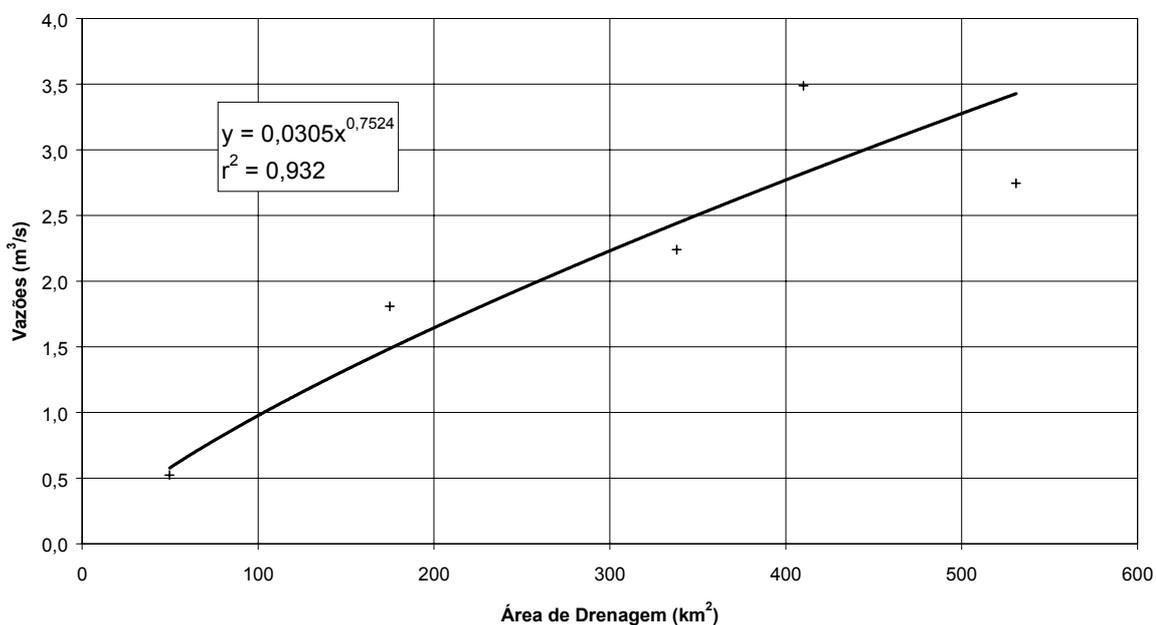
**Tabela 2.1.17 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo  
2º Grupo: Sub-Bacias a Jusante da UHE Funil**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
44	58256000	Jacutinga	50	0,52
45	58258000	Pirapetinga	175	1,81
46	58270000	Turvo	410	3,49
47	58658000	Angu	338	2,24
48	58670002	Pirapetinga	531	2,75

Essas vazões foram correlacionadas com as respectivas áreas de drenagem com o intuito de estabelecer as equações de regressão representativas da bacia. Os gráficos resultantes constam das [Figuras 2.1.8 e 2.1.9](#).



**Figura 2.1.8 - Equação de Regressão das Vazões Q95%  
Bacia dos Rios Afluentes pela Margem Esquerda do Rio Paraíba do Sul com Área de Drenagem  
Inferior a 1.000 km<sup>2</sup> - Montante da UHE Funil**



**Figura 2.1.9 - Equação de Regressão das Vazões Q95%  
Bacia dos Rios Afluentes pela Margem Esquerda do Rio Paraíba do Sul com Área de Drenagem  
Inferior a 1.000 km<sup>2</sup> - Jusante da UHE Funil**

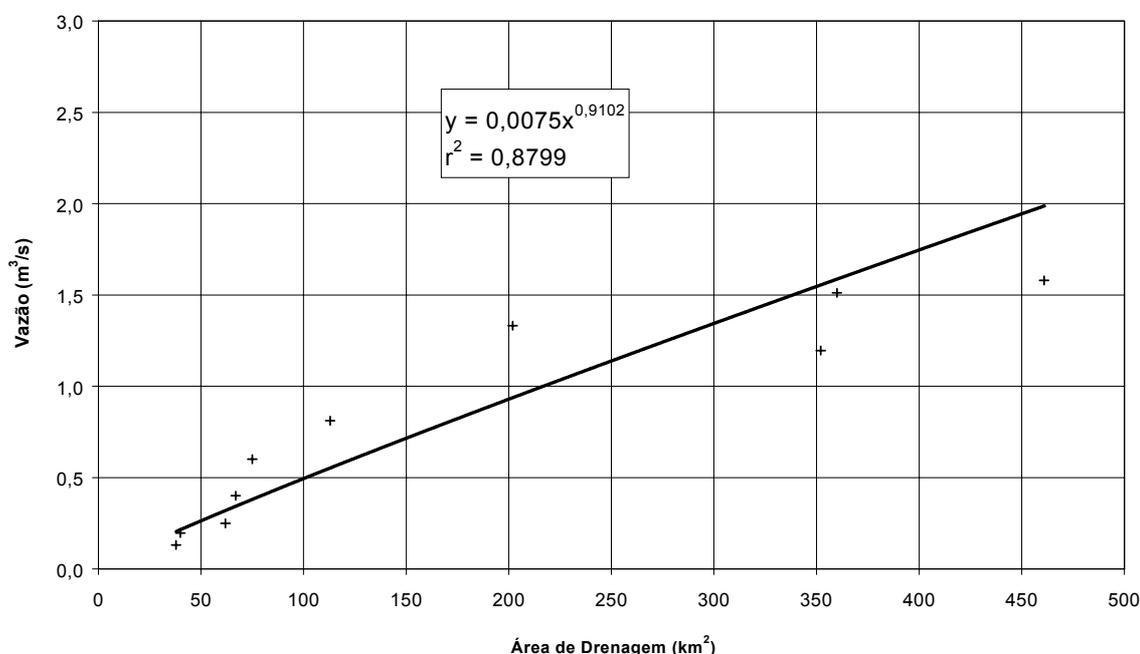
- **Bacia da margem direita do rio Paraíba do Sul com área de drenagem inferior a 1.000 km<sup>2</sup>**

O banco de dados Hidro apresenta 37 estações fluviométricas, sendo 27 desativadas e 10 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de 20 estações. Não foi verificada a existência de aproveitamentos hidrelétricos e/ou barramentos nessa região.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.18](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia constam da [Figura 2.1.10](#).

**Tabela 2.1.18 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia da Margem Direita do Rio Paraíba do Sul**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
49	58107100	Rib. Guararema	40	0,196
51	58148000	Ribeirão da Divisa	62	0,249
55	58165500	Rib. Cruz das Almas	113	0,810
56	58170000	Rio Una	360	1,510
57	58170100	Rio Una	352	1,195
58	58177000	Rio Una	461	1,580
61	58198000	Rio Pirapitingui	67	0,400
62	58217500	Ribeirão Palmital	38	0,130
63	58220000	Rio Bocaina	202	1,330
65	58285000	Rio Bananal	75	0,600



**Figura 2.1.10 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia dos Rios Afluentes pela Margem Direita do Rio Paraíba do Sul com Área de Drenagem Inferior a 1.000 km<sup>2</sup>**

• **Bacia do rio Paraíba – trecho mineiro**

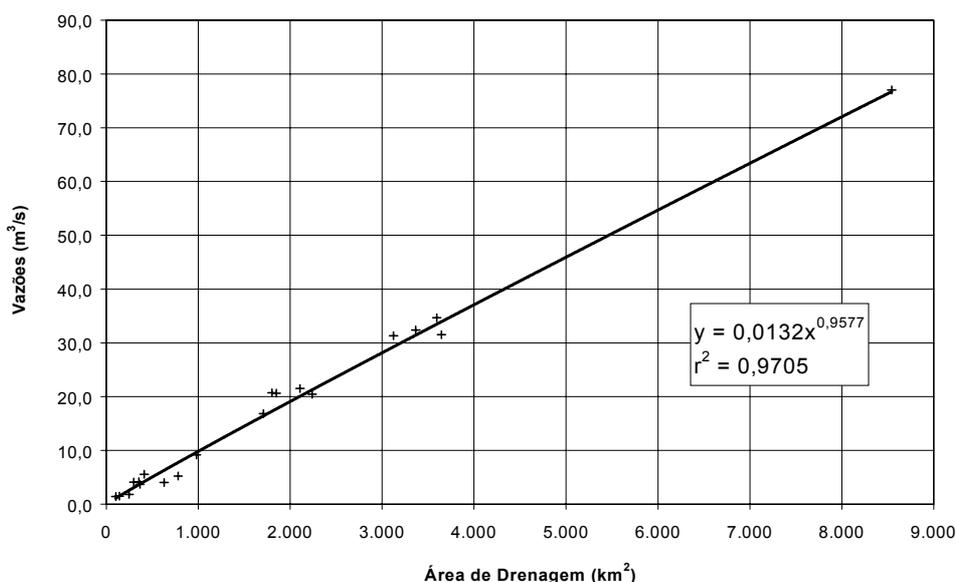
O banco de dados Hidro apresenta 47 estações, sendo 29 desativadas e 18 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 24 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.19](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia constam da [Figura 2.1.11](#).

**Tabela 2.1.19 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo  
Bacia do Rio Paraíba – Trecho Mineiro**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
69	58470000	Paraibuna	367	3,69
70	58480500*	Paraibuna	981	9,14
71	58500000	Brumado	142	1,46
73	58512000	Peixe	1.711	16,62
74	58514000	Peixe	2.110	21,51
76	58516500*	Peixe	2.238	20,40
77	58519000	Paraibuna	3.595	34,67
78	58520000	Paraibuna	3.645	31,49
79	58525000	Preto	103	1,39
80	58530000	Preto	299	4,06
81	58535000	Preto	412	5,55
82	58542000	Bananal	356	4,14
83	58549500	Preto	1.850	20,64
85	58550001*	Preto	1.804	20,70
87	58573000	Bonito	251	1,83
88	58578000	Das Flores	630	4,00
89	58585000	Preto	3.125	31,28
90	58590000	Preto	3.367	32,36
91	58610000	Cágado	782	5,20
92	58620000	Paraibuna	8.557	77,03

\* Postos com séries complementadas.



**Figura 2.1.11 - Equação de Regressão das Vazões de 95%  
Bacia do Rio Paraíba -Trecho Mineiro**

• **Bacia do rio Piabanha**

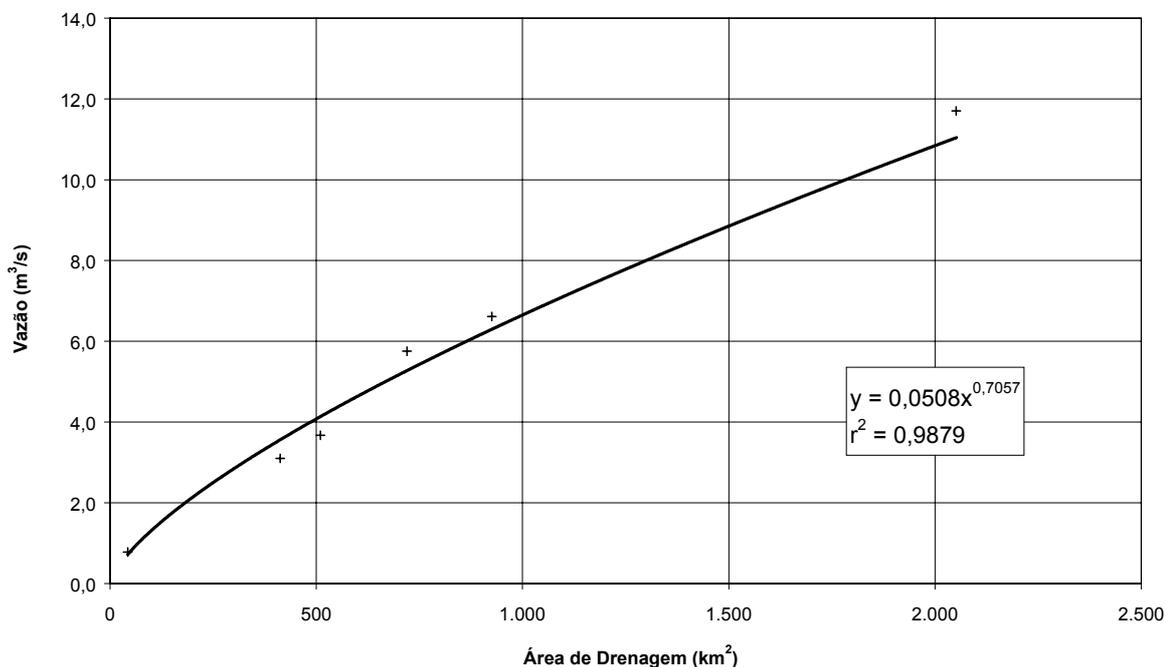
O banco de dados Hidro apresenta 17 estações, sendo 11 desativadas e 6 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 9 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.20](#), a seguir.

Essas vazões foram correlacionadas com as respectivas áreas de drenagem com o intuito de estabelecer uma equação de regressão representativa da bacia. O gráfico resultante está apresentado na [Figura 2.1.12](#).

**Tabela 2.1.20 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia do Rio Piabanha**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
93	58400000	Piabanha	43,1	0,77
94	58405000	Piabanha	413	3,09
95	58409000	Piabanha	510	3,67
96	58420000	Preto	720	5,75
97	58425000	Preto	926	6,61
101	58442000	Piabanha	2.052	11,70



**Figura 2.1.12 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia do Rio Piabanha**

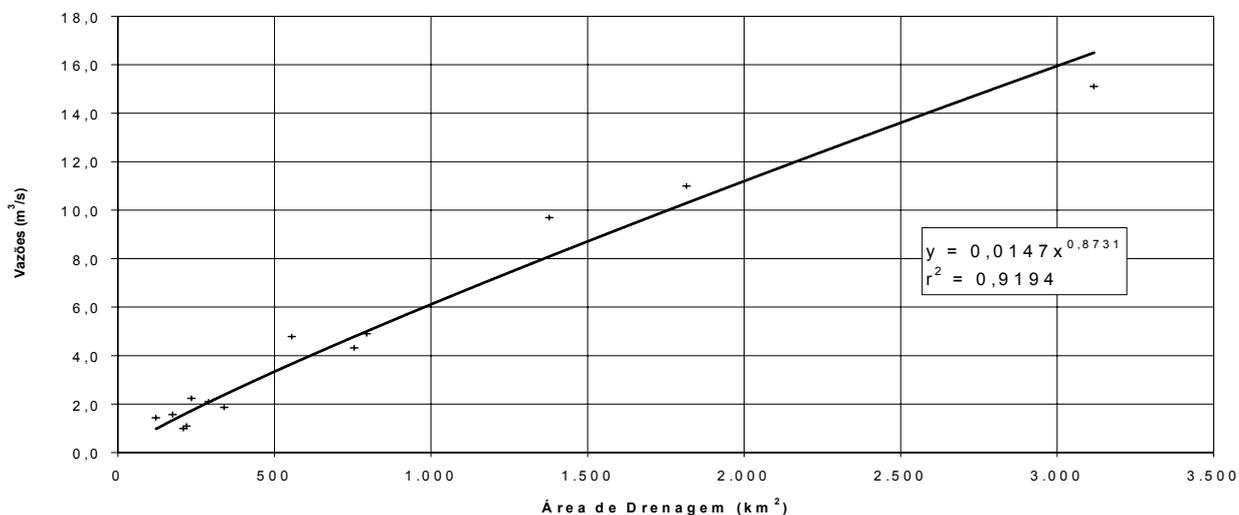
• **Bacia dos rios Dois Rios e Paquequer**

O banco de dados Hidro apresenta 24 estações, sendo 14 desativadas e 10 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 21 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na Tabela 2.1.21. O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia estão apresentados na Figura 2.1.13.

**Tabela 2.1.21 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia dos Rios Dois Rios e Paquequer**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
102	58645000	Paquequer	290	2,10
103	58648000	Paquequer	795	4,90
104	58648001	Paquequer	755	4,30
105	58820000	Grande	122	1,43
106	58825000	Grande	235	2,23
107	58827000	Grande	556	4,78
109	58832000	Bengala	175	1,56
110	58837000	São José	210	0,99
111	58846000	Grande	1.378	9,69
112	58850000	Grande	1.816	10,99
113	58857000	Negro	340	2,15
115	58861000	Macuco	220	1,09
119	58874000	Dois Rios	3.118	15,10



**Figura 2.1.13 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia dos Rios Dois Rios e Paquequer**

• **Bacia do rio Pomba**

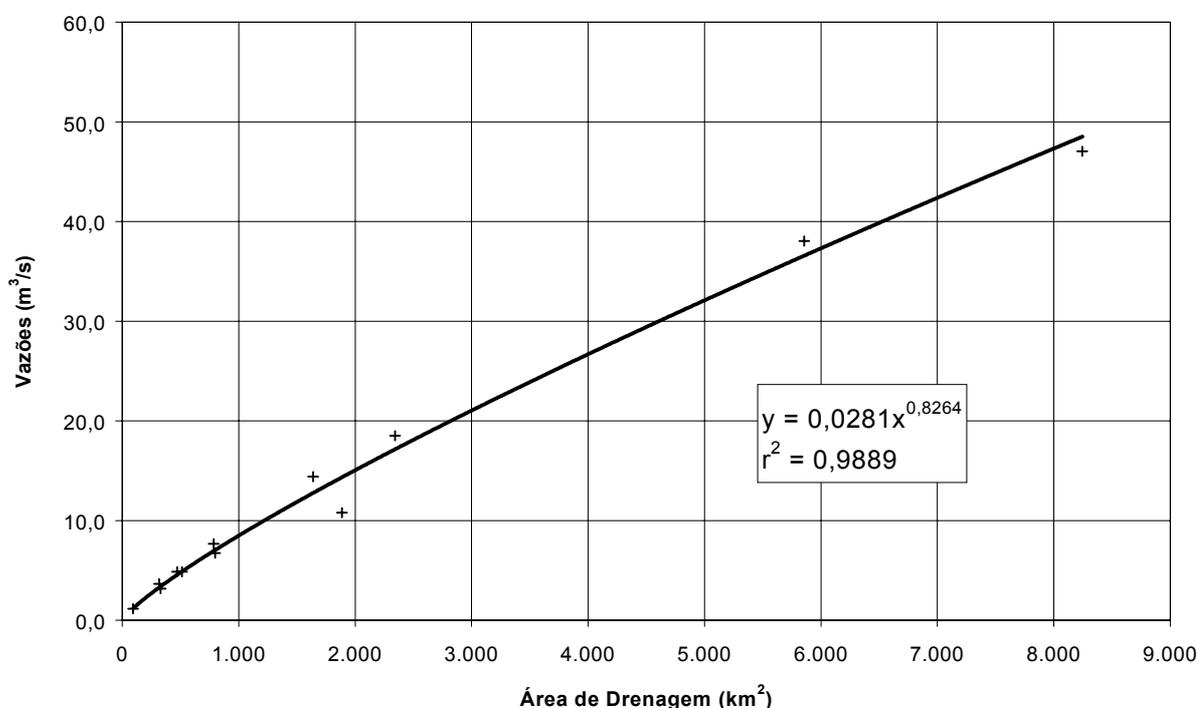
O banco de dados Hidro apresenta 49 estações, sendo 38 desativadas e 11 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 15 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.22](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia estão apresentados na [Figura 2.1.14](#).

**Tabela 2.1.22 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia do Rio Pomba**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
120	58710000	Pomba	784	7,64
121	58720000	Formoso	317	3,66
122	58725000	Formoso	512	4,87
123	58730000*	Pomba	1.642	14,40
125	58735000	Pomba	2.342	18,51
127	58745000	Piau	329	3,17
128	58750000	Piau	472	4,83
129	58755000	Novo	798	6,74
130	58760000	Novo	95,7	1,14
131	58765000*	Novo	1.889	10,80
133	58770000	Pomba	5.858	38,02
134	58790000	Pomba	8.245	47,04

\* Postos com séries complementadas.



**Figura 2.1.14 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia do Rio Pomba**

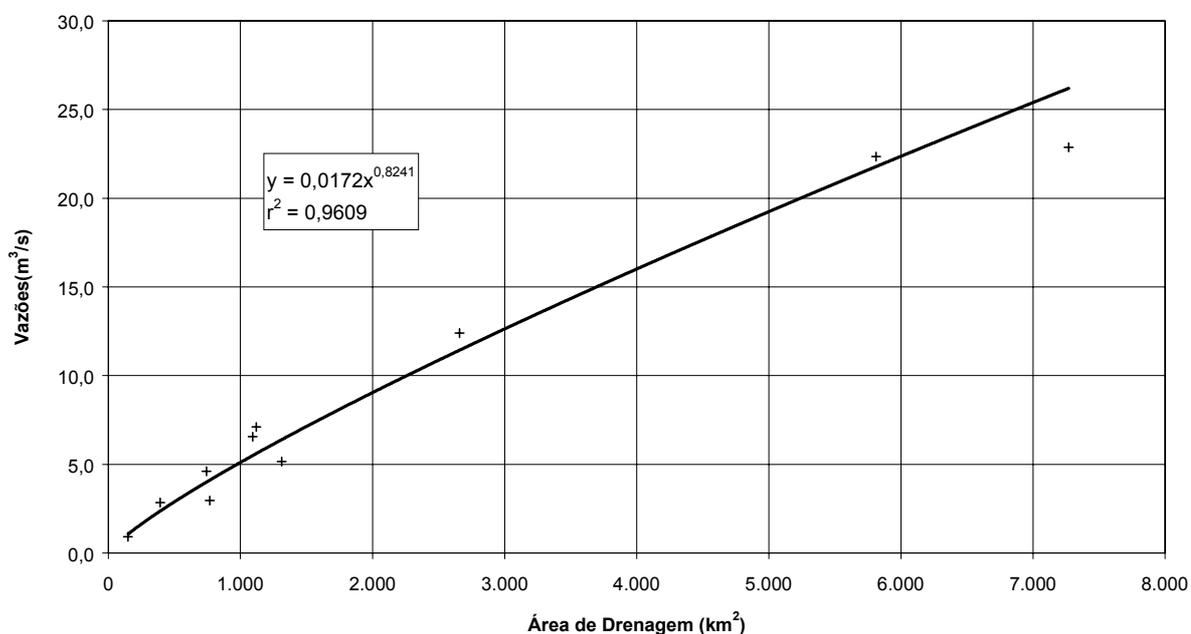
• **Bacia do rio Muriaé**

O banco de dados Hidro apresenta 25 estações, sendo 14 desativadas e 11 em operação. Desse conjunto, foram disponibilizados os dados diários de vazões de 10 estações.

Os postos considerados válidos para a regionalização e os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo estão na [Tabela 2.1.23](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia constam da [Figura 2.1.15](#).

**Tabela 2.1.23 – Vazões Finais de 95% de Permanência no Tempo Bacia do Rio Muriaé**

Nº de Ordem	Posto	Rio	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)
135	58910000	Preto	150	0,92
136	58915000	Muriaé	1.120	7,11
137	58916000	Glória	395	2,84
138	58916900	Glória	1.093	6,54
139	58917000	Glória	743	4,60
140	58920000	Muriaé	2.659	12,40
141	58930000	Carangola	768	2,95
142	58934000	Carangola	1.313	5,15
143	58940000	Muriaé	5.812	22,34
144	58960000	Muriaé	7.270	22,86



**Figura 2.1.15 - Equação de Regressão das Vazões Q95% Bacia do Rio Muriaé**

- **Calha do rio Paraíba do Sul**

O banco de dados Hidro apresenta 189 estações fluviométricas, sendo que, dessas, 74 estão desativadas e 115 encontram-se em operação.

Das 74 estações desativadas foram disponibilizadas as séries de vazões de 21 postos. Das 115 estações em operação, foram disponibilizadas 12 com séries parciais e 22 com séries completas. Concluindo-se, ao longo de todo o curso do rio Paraíba do Sul foi possível o acesso aos dados diários de vazão de 55 estações fluviométricas.

Para a calha do rio Paraíba do Sul foram caracterizados quatro trechos, analisados isoladamente, a saber:

Trecho 1 – da usina de Paraibuna/Paraitinga até a usina de Funil, que corresponde ao estirão paulista do rio Paraíba do Sul;

Trecho 2 – da usina de Funil à barragem de Santa Cecília;

Trecho 3 – da barragem de Santa Cecília à confluência com os rios Paraibuna e Piabanha;

Trecho 4 – da confluência Paraibuna/Piabanha até a foz.

- **Trecho 1**

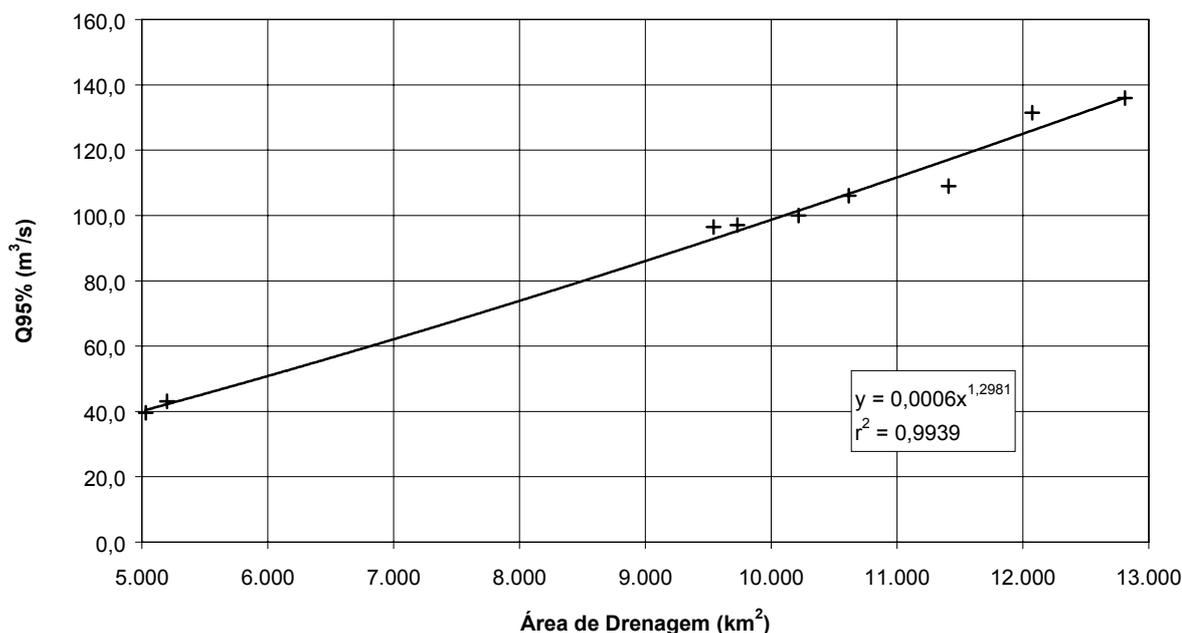
O banco de dados Hidro disponibiliza séries de vazões em 33 estações situadas no estirão paulista do rio Paraíba do Sul, das quais apenas 9 puderam ser utilizadas. Esse reduzido número de estações aproveitadas nas análises finais deve-se à presença de reservatórios na bacia, capazes de interferir nas vazões naturais, o que restringiu consideravelmente o tamanho das séries. Levando em consideração a entrada em operação da UHE Paraibuna/Paraitinga em 1978, só foram utilizadas as estações com séries superiores a 15 anos de observações, a partir daquele ano, apresentadas na [Tabela 2.1.24](#).

**Tabela 2.1.24 - Vazões com 95% de Permanência no Tempo  
Estações Localizadas na Calha do rio Paraíba do Sul  
Trecho Paulista**

Nº de Ordem	Posto	Entidade Operadora	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)	Período Considerado	
147	58096000	Sta Branca Jus. Bar.	LIGHT	5.031	39,5	1979/1999
153	58105300	Guararema	LIGHT	5.323	43,0	1979/1999
163	58183000	Pindamonhangaba	ANEEL/FURNAS	9.546	96,5	1979/1999
164	58192000	Várzea do Paraíba	DAEE	9.733	97,0	1979/1997
165	58201000	Potim	DAEE	10.218	100,0	1979/1997
166	58204000	Guaratinguetá	ANEEL/FURNAS	10.617	106,0	1979/1999(*)
170	58218000	Cachoeira Paulista	DAEE	11.411	109,0	1979/1997
174	58230100	Cruzeiro	DAEE	12.075	131,5	1979/1997
177	58235100	Queluz	LIGHT	12.810	136,0	1979/1997

(\*) Período de falhas entre 1981 a 1987, preenchido por correlação com Pindamonhangaba.

O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa do Trecho 1 estão apresentados na [Figura 2.1.16](#).



**Figura 2.1.16 - Equação de Regressão das Vazões Q95%  
Rio Paraíba do Sul - Trecho 1**

### Trecho 2

O Trecho 2 compreende o estirão do rio Paraíba do Sul desde a usina de Funil até a barragem de Santa Cecília, em Barra do Piraí. As análises das estações desse trecho consideram as séries fluviométricas a partir de 1970, que corresponde ao início da operação da UHE Funil. O limite do trecho na barragem de Santa Cecília deve-se à expressiva redução das vazões defluentes para o estirão de jusante do rio, em face da retirada de até 160 m<sup>3</sup>/s para atendimento aos Sistemas Light/Guandu.

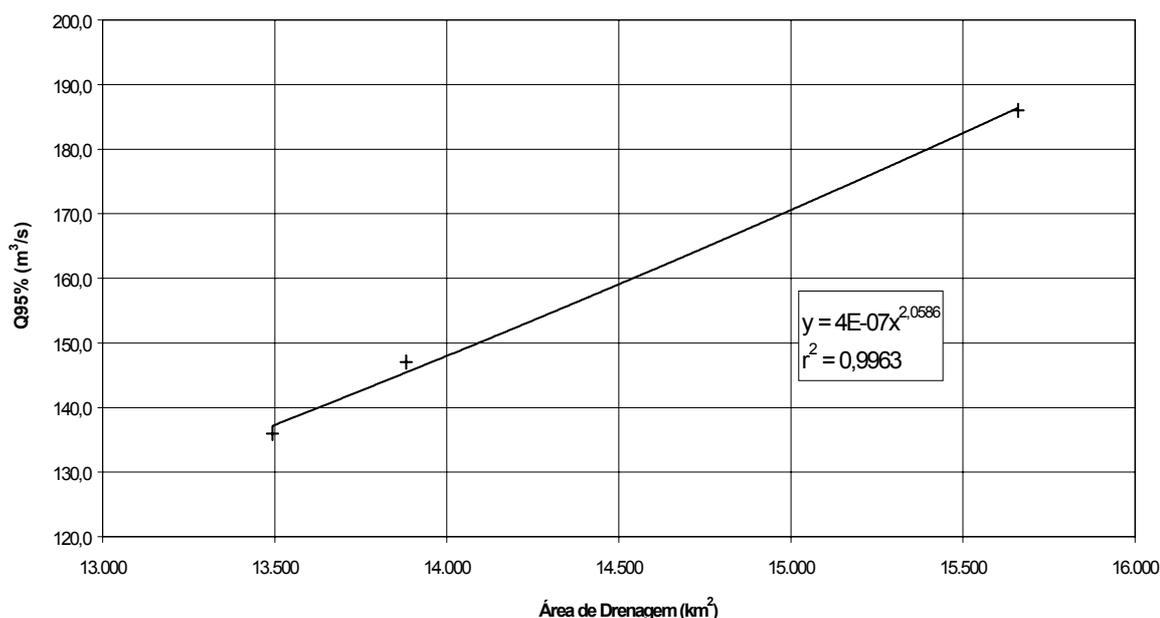
Das estações localizadas no Trecho 2, apenas três foram consideradas válidas para a regionalização; os valores finais das vazões com 95% de permanência no tempo são mostrados na [Tabela 2.1.25](#). O gráfico resultante da correlação e a equação de regressão representativa da bacia são apresentados na [Figura 2.1.17](#).

**Tabela 2.1.25 - Vazões com 95% de Permanência no Tempo  
Estações Localizadas na Calha do Rio Paraíba do Sul  
Trecho: Usina de Funil/Barragem Santa Cecília**

Nº de Ordem	Posto		Entidade Operadora	Área (km <sup>2</sup> )	Q95% (m <sup>3</sup> /s)	Período Considerado
179	58242000	Itatiaia	ANEEL/FURNAS	13.494	136,0	1970/1999 (**)
180	58250000	Resende	ANEEL/FURNAS	13.882	147,0	1970/1999 (***)
183	58300000	Barra Mansa	ANEEL/FURNAS	15.660	186,0	1970/1996

(\*\*) Período de falhas entre 1967 e 1978, preenchido por correlação com Resende.

(\*\*\*) Período de falhas entre 1996 e 1998, preenchido por correlação com Resende/Light (58250002).



**Figura 2.1.17 - Equação de Regressão das Vazões com 95% de Permanência  
Rio Paraíba do Sul - Trecho 2**

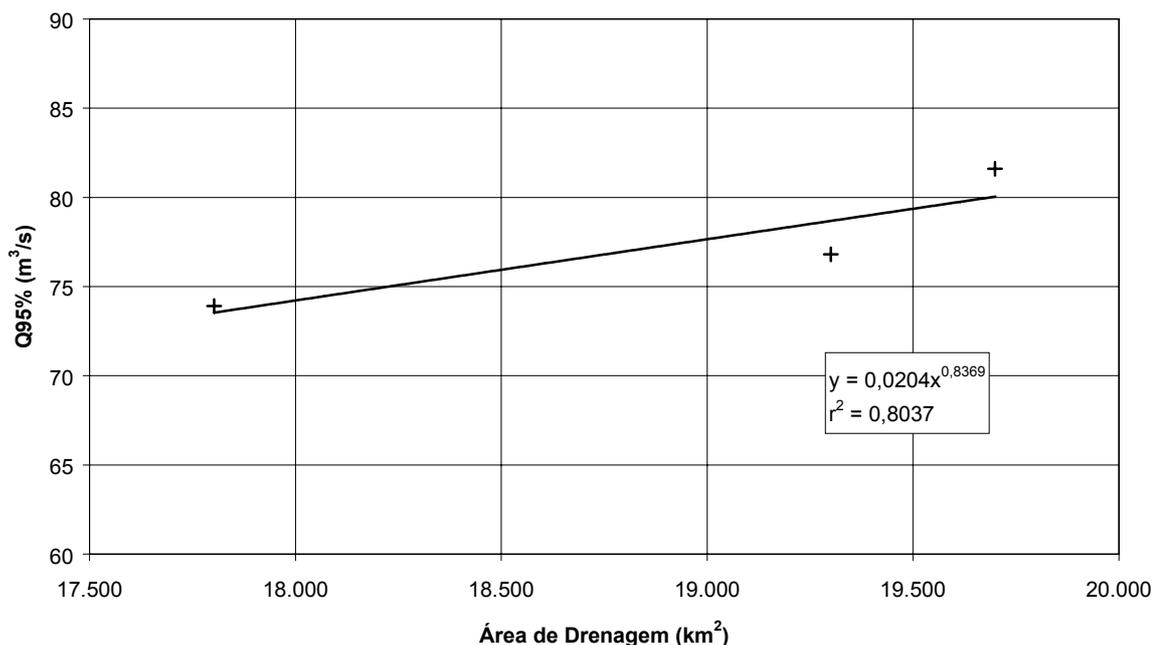
### Trecho 3

O Trecho 3 abrange o estirão da barragem de Santa Cecília até a confluência do rio Paraíba do Sul com os afluentes Paraibuna e Piabanha no município de Três Rios. Caracteriza-se por escoar vazões mais reduzidas devido à transposição de água para o sistema Light/Guandu. Nos períodos de estiagem mais rigorosa, a vazão afluente a esse trecho é mantida em 71 m³/s, em obediência ao Decreto nº 81436, citado anteriormente. As vazões elevam-se somente após a entrada dos rios Paraibuna e Piabanha, onde se configura o início do Trecho 4. Na [Tabela 2.1.26](#), são apresentados os valores de Q95% e das áreas de drenagem das estações consideradas.

**Tabela 2.1.26 - Vazões com 95% de Permanência no Tempo  
Estações Localizadas na Calha do Rio Paraíba do Sul  
Trecho: Barragem Santa Cecília/ Confluência dos Rios Paraibuna e Piabanha**

Nº de Ordem	Posto		Entidade Operadora	Área (km²)	Q95% (m³/s)	Período Considerado
189	58370000	Barra do Pirai	Light	17.803	74,0	1978/1997
190	58380001	Paraíba do Sul	ANEEL/CPRM	19.300	77,0	1978/1999
191	58385000	Três Rios	Light	19.700	82,0	1978/1999

A [Figura 2.1.18](#) apresenta a equação de regressão relativa às estações do Trecho 3 e a correlação obtida entre as áreas de drenagem e as vazões Q95%.



**Figura 2.1.18 - Equação de Regressão das Vazões com 95% de Permanência Rio Paraíba do Sul - Trecho 3**

• **Trecho 4**

O Trecho 4 estende-se desde a localidade de Anta até a foz do Paraíba do Sul. Nesse trecho o Paraíba do Sul recebe afluentes importantes, como o Paraibuna, o Piabanha, o Dois Rios, o Pomba e o Muriaé, e as vazões mínimas passam a ocupar patamar mais elevado, como pode ser visto na [Tabela 2.1.27](#), que apresenta os valores de Q95% e as áreas de drenagem referentes às estações selecionadas.

A equação de regressão representativa do Trecho 4 é apresentada na [Figura 2.1.19](#).

**Tabela 2.1.27 - Vazões com 95% de Permanência no Tempo Estações na Calha do Rio Paraíba do Sul Trecho: Confluência Rios Paraibuna e Piabanha/Foz**

Nº de Ordem	Posto	Entidade Operadora	Área (km²)	Q95% (m³/s)	Período Considerado
193	58630002 Anta G	ANEEL/CPRM	30.579	177,0	1978/1999
196	58795000 Três Irmãos	ANEEL/CPRM	43.118	249,0	1979/1999
197	58880001 São Fidélis	ANEEL/CPRM	46.731	265,0	1979/1999
199	58974000 Campos (Pte Municipal)	ANEEL/CPRM	55.500	301,5	1979/1999

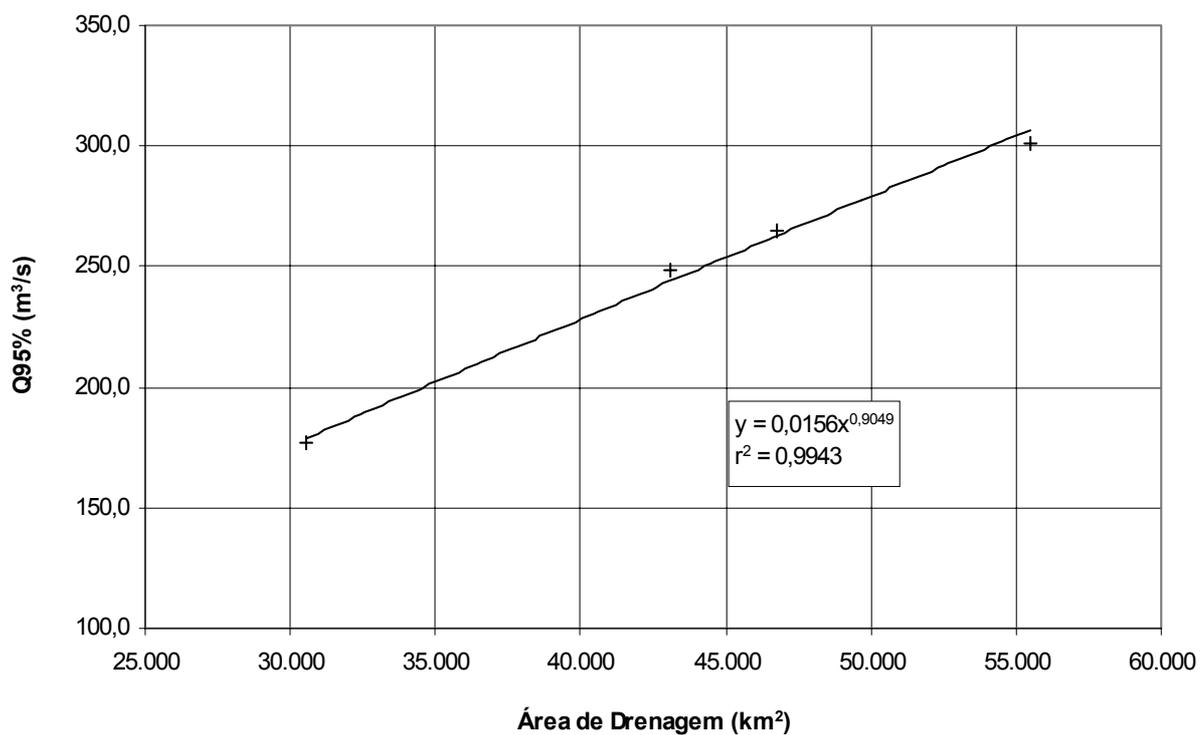


Figura 2.1.19 – Equação de regressão das Vazões com 95% de Pemanência  
Rio Paraíba do Sul – Trecho 4

## 2.1.2 Aspectos Qualitativos

O desenvolvimento da bacia do rio Paraíba do Sul vem proporcionando a degradação da qualidade de suas águas e redução de sua disponibilidade hídrica. Ao longo do Paraíba e de seus principais afluentes, indústrias se instalaram e cidades cresceram, lançando efluentes em suas águas, na maioria das vezes sem qualquer tipo de tratamento.

O diagnóstico da qualidade da água teve como objetivo avaliar as condições atuais dos principais cursos de água da bacia por meio da análise dos parâmetros mais significativos, considerando os usos da água atuais e as principais fontes de poluição na bacia.

Os dados de qualidade da água foram levantados nas instituições responsáveis pelo monitoramento: CETESB, no Estado de São Paulo, FEEMA, no Rio de Janeiro e FEAM, em Minas Gerais. Os dados foram inseridos em um banco de dados relacional, que foi integrado ao sistema de informações de recursos hídricos da bacia, proporcionando maior rapidez e confiabilidade ao processo de análise. Dessa forma, foi possível realizar o cálculo de estatísticas e gerar gráficos instantaneamente, além de obter a visualização espacial das áreas mais críticas na bacia.

Os itens a seguir apresentam as etapas desenvolvidas para elaboração do diagnóstico de qualidade da água.

### 2.1.2.1 Usos da Água

Os principais usos da água hoje verificados no rio Paraíba do Sul referem-se ao abastecimento de água, à diluição de despejos domésticos, industriais e agrícolas, à irrigação e à geração de energia elétrica. Esses usos são resumidos a seguir.

#### Uso Urbano/Doméstico

O desenvolvimento econômico, propiciado pelas atividades industriais diversificadas, gerou um crescimento populacional nas cidades situadas na bacia do Paraíba do Sul, que lançam seus efluentes nos rios, na maioria das vezes sem qualquer tipo de tratamento.

Os Programas de Investimentos elaborados para as parcelas fluminense, paulista e mineira da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, no âmbito do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA) e do Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul (PPG), em seus componentes relativos ao saneamento básico atestam, de maneira inequívoca, os déficits existentes tanto para coleta quanto, principalmente, para o tratamento dos esgotos domésticos.

Nas localidades visitadas durante a elaboração dos referidos programas e deste diagnóstico, as quais concentram cerca de 82% da população urbana da bacia e, portanto, constituem um cenário bastante representativo das condições atuais dos sistemas de saneamento, o índice de cobertura das redes coletoras é da ordem de 69,1%, enquanto apenas 11,3% da população tem seus esgotos tratados. No trecho fluminense esses índices são, respectivamente, 45% e 3,5%, na parcela mineira, 88,9% e 1,1% e, na paulista, 86,2% e 26,3%. Esse índice de tratamento na parcela

paulista da bacia, maior que os demais, porém aquém da meta ideal, deve-se fundamentalmente aos investimentos realizados pela SABESP.

Tomando como referência o ano 2000, estima-se um lançamento diário de carga orgânica remanescente (exclusivamente DBO) da ordem de 240 t, relativas ao efluente doméstico. Os níveis de tratamento de então proporcionaram uma redução na carga potencial da ordem de apenas 25 t/d, que corresponde a 8,9% da carga potencial total avaliada em 265 t/d.

Com relação aos principais afluentes ao Paraíba do Sul, são destacados, a seguir, os aspectos mais importantes relacionados aos despejos domésticos.

- **Rio Jaguari**

Dos municípios localizados na bacia do rio Jaguari, apenas Santa Isabel e Igaratá situam-se integralmente na bacia. O lançamento de esgotos domésticos *in natura* constitui um sério problema na qualidade da água, principalmente no ribeirão Araraquara e afluentes, que atravessam a cidade de Santa Isabel. O tratamento de efluentes domésticos nessas cidades é inexistente.

De acordo com CPTI (2000), as condições de qualidade da água do reservatório de Jaguari são boas, apresentando poucos valores em desacordo com os padrões de qualidade, à exceção do trecho situado nas proximidades de Santa Isabel.

- **Rio Paraibuna**

A influência dos esgotos domésticos no rio Paraibuna relaciona-se, principalmente, com a cidade de Juiz de Fora. A jusante dessa cidade ocorrem altos níveis de coliformes fecais, além de elevada DBO e de baixos índices de oxigênio dissolvido.

Quando chega ao rio Paraíba do Sul, sua qualidade da água, no entanto, é boa, confirmando a excelente depuração desse rio, associada à diluição pelos rios do Peixe e Preto, que possuem água de muito boa qualidade. A ausência de significativas fontes de poluição orgânica, após a confluência com esses rios, também beneficia sua recuperação, ainda que níveis altos de coliformes fecais estejam presentes.

- **Rio Pomba**

A jusante da cidade de Cataguases (MG), os despejos domésticos de origem urbana e com alto nível de material fecal influenciam na redução dos índices de qualidade da água pelo aumento da DBO e coliformes.

Quando o rio Pomba atravessa a fronteira entre os Estados, encontra-se em melhores condições, porém, ainda sofre influência dos esgotos lançados pela malha urbana entre as cidades de Laranjal e Recreio. Na cidade de Santo Antonio de Pádua (RJ), as águas do rio Pomba recebem uma carga de esgotos domésticos sem tratamento, elevando novamente os níveis de coliformes fecais.

- **Rio Muriaé**

A jusante das cidades de Muriaé, Patrocínio do Muriaé e Itaperuna, o rio Muriaé apresenta-se bastante comprometido devido aos despejos orgânicos recebidos, com taxas elevadas de material fecal. O mesmo acontece com os rios Carangola, a jusante das cidades de Carangola e Porciúncula, e Glória, a jusante da cidade de Miradouro.

- **Rio Piabanha**

Nas estações monitoradas pela FEEMA, uma delas no centro de Petrópolis e, outra, próxima a sua foz, ficou evidenciado o recebimento em suas águas de despejos domésticos sem tratamento, além de despejos industriais. Na confluência com o rio Paraíba do Sul, nota-se uma melhoria na qualidade da água, ainda que mantendo níveis elevados de coliformes fecais e fósforo total.

- **Rio Dois Rios**

O rio Dois Rios recebe a contribuição dos afluentes Negro e Bengala, onde são lançados os esgotos domésticos, sem tratamento, das cidades de Cantagalo e Nova Friburgo, respectivamente, tornando-se as principais fontes de poluição por material fecal nesse rio.

### **Uso Industrial**

O rio Paraíba do Sul, em função do intenso processo de desenvolvimento industrial em sua bacia, apresenta, em alguns de seus trechos, grande comprometimento em relação à qualidade de suas águas. Dados sobre o número de indústrias por sub-bacia, suas demandas hídricas e cargas estimadas de DBO estão reunidos no item 8.2 deste documento.

Considerando toda a bacia do Paraíba do Sul, as áreas mais críticas em relação a despejos industriais sólidos e líquidos localizam-se entre as cidades de Jacareí e Guaratinguetá, no trecho paulista, e entre Resende e Volta Redonda, no trecho fluminense, causadas por indústrias de grande porte e com poluentes importantes, como fenóis, cianetos, sulfetos, metais pesados (cromo, zinco, cobre, chumbo, cádmio, mercúrio) e solventes orgânicos.

No trecho paulista a CETESB considera como maiores usuários industriais cerca de 1.042 indústrias. Destacam-se as indústrias químicas, metalúrgicas e siderúrgicas, de material elétrico e eletrônico, petroquímicas, de papel e celulose, alimentícias, têxteis, etc. Apesar da enormidade do parque fabril, apenas 200 respondem por mais de 95% da carga de DBO lançada nos cursos de água.

No setor mineiro da bacia, segundo a Federação de Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), localizam-se cerca de 1.312 indústrias, entre metalúrgicas, químicas, têxteis, alimentícias, de papel e outras, a maioria situada na sub-bacia do rio Paraíba, em Juiz de Fora, das quais apenas 159 respondem por mais de 95% da carga de DBO lançada nos cursos de água. Os municípios de Cataguases e Ubá também desenvolvem atividades industriais significativas no contexto da bacia.

No trecho fluminense, o parque fabril é também amplo e diversificado, com cerca de 1.206 indústrias, segundo o cadastro da Federação de Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) das quais apenas 233 respondem por mais de 95% das cargas de DBO lançadas nos cursos de água. A maior parte da carga poluente é lançada entre Volta Redonda e Barra do Piraí.

Na Região Serrana ocorrem, principalmente, atividades relacionadas às indústrias alimentícias e têxteis e, em menor extensão, às metalúrgicas e gráficas, localizadas nos municípios de Teresópolis e Petrópolis. O rio Piabanha é o receptor principal desses despejos, juntamente com o rio Paquequer e o rio Preto, cujas nascentes situam-se na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Quando atinge a margem

direita do Paraíba do Sul, com uma vazão média bastante reduzida (35 m<sup>3</sup>/s), encontra-se ainda comprometido em relação a certos parâmetros, como fósforo total, fenóis e ferro solúvel.

À margem esquerda do Paraíba e próximo a foz do Piabanha, desemboca o rio Paraibuna. Segundo dados obtidos pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), esse rio pode ser considerado comprometido quanto aos níveis de poluentes industriais, a jusante da região de Juiz de Fora. Essa região sofre influência dos despejos de várias indústrias, predominantemente as de papéis, têxteis e alimentícias, além da Paraibuna de Metais, responsável pelos graves acidentes por despejos irregulares de resíduos industriais em 1980 e 1982.

Nos rios Pomba e Muriaé ocorrem, principalmente, atividades relacionadas às indústrias alimentícias, têxteis e de papéis.

A partir da confluência do rio Dois Rios com o rio Paraíba do Sul, iniciam-se as atividades industriais alcooleiras e açucareiras e os problemas de poluição relativos ao despejo de vinhoto.

### **Uso Agrícola**

A atividade agrícola na bacia desenvolve-se principalmente nas seguintes regiões; várzeas do rio Paraíba do Sul no trecho paulista com plantações de arroz, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro com olericultura, norte e noroeste fluminense com plantações de cana-de-açúcar – e, mais recentemente, fruticultura - e, finalmente, as várzeas dos rios Pomba e Muriaé no trecho mineiro da bacia onde são milho, café, feijão e cana-de-açúcar.

Conforme é assinalado no item 8.3, a área total irrigada da bacia é de 123.734 ha, que corresponde a uma demanda total de água para captação estimada em 53 m<sup>3</sup>/s.

Em todas essas regiões são utilizados fertilizantes e defensivos agrícolas de forma indiscriminada. Esses produtos, quando usados em excesso, não são absorvidos pelas culturas e acabam atingindo os cursos de água, contribuindo para a sua degradação.

Esse efeito é de difícil quantificação diante dos dados existentes atualmente para a bacia.

### **Geração de Energia Elétrica**

Nos últimos anos, uma série de aproveitamentos de usos múltiplos (regularização de vazões, controle de cheias, geração de energia elétrica e abastecimento de água) foi construída ao longo do rio Paraíba do Sul e nos seus principais afluentes (item 8.4 deste diagnóstico). No trecho paulista da bacia, destacam-se os aproveitamentos de Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca e Jaguari, com potência instalada de 86, 58 e 28MW, respectivamente.

No trecho fluminense, a geração de energia elétrica é representada pela UHE de Funil, no início do trecho, e pelas usinas de Fontes Nova, Nilo Peçanha e Pereira Passos, operadas pela Light. Essas usinas utilizam as águas derivadas do rio Paraíba do Sul em Santa Cecília, hoje limitada a 160 m<sup>3</sup>/s, e do rio Piraí, em torno de 20 m<sup>3</sup>/s, para aproveitar a grande queda propiciada pela serra do Mar. Duas estações elevatórias,

Santa Cecília e Vigário, encarregam-se de recalcar a água desde o Paraíba do Sul até o reservatório de Vigário, de onde partem os circuitos de adução para as usinas.

No trecho do Paraíba do Sul, a jusante da confluência com os rios Paraibuna e Piabanha, localiza-se a UHE Ilha dos Pombos, operada pela Light. A usina funciona a fio de água, com uma potência total instalada de cerca de 190 MW, queda líquida de 33 m, NA máximo normal na cota 140,00 m e volume útil de 4,8 hm<sup>3</sup>.

### **2.1.2.2 Levantamento de dados e informações**

O diagnóstico da qualidade da água na bacia do Paraíba do Sul foi elaborado a partir dos dados dos monitoramentos realizados pela FEEMA, CETESB e FEAM, disponibilizados por essas instituições para este estudo.

A disponibilidade de dados de qualidade da água nas estações de amostragem de cada operadora é apresentada nas [Tabelas 2.1.28 a 2.1.30](#). A [Figura 2.1.20](#) apresenta a localização das estações de qualidade da água disponíveis.

Os dados relativos ao monitoramento da FEEMA dizem respeito a 36 estações ao longo do trecho fluminense da bacia e compreendem o período de 1990 a 1999, sendo que em algumas estações do Paraíba do Sul esse período se estende até o ano 2000. Nos afluentes existe uma lacuna de informações durante 1997 na maioria das estações. Os dados da FEEMA foram disponibilizados em meio digital, em planilhas Excel.

Com relação ao monitoramento da CETESB, os dados de qualidade da água levantados referem-se a 14 estações de monitoramento e estão disponíveis para o período de 1985 a 2001. Os dados foram disponibilizados em papel (cópia) até o ano de 1996 e em meio digital, de 1997 a 2001. Apesar de existirem, os dados referentes ao ano de 1986 ainda não foram disponibilizados.

A FEAM iniciou o programa de monitoramento da região mineira da bacia no ano de 1997. Estão disponíveis os dados de 26 estações de qualidade da água no período até dezembro de 2000. Todos os dados até 1999 foram adquiridos mediante a compra dos relatórios “Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais” referentes a 1997, 1998 e 1999. Com relação ao ano 2000, os dados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e dizem respeito a apenas seis estações.

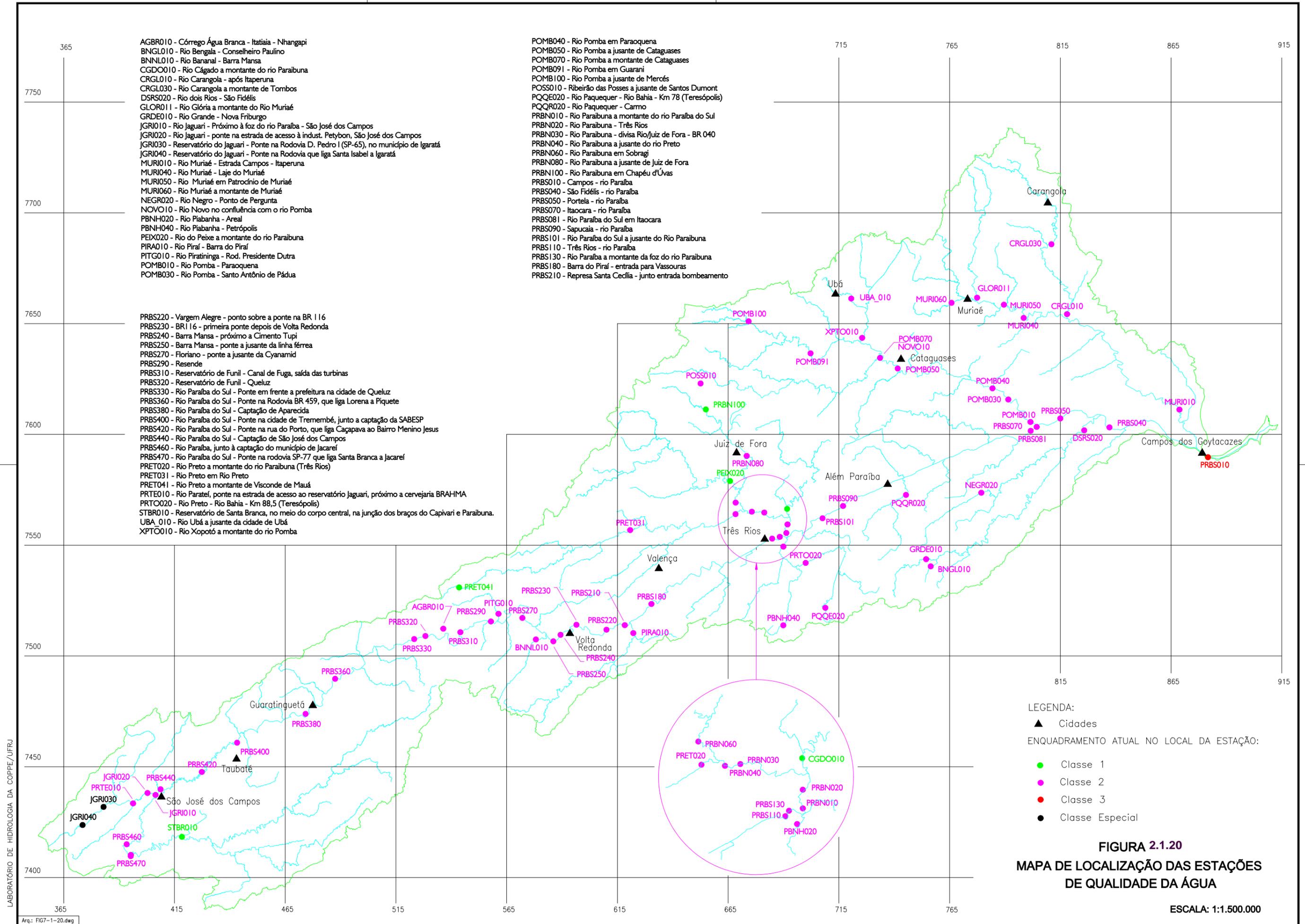
Depois de algumas análises na estrutura do banco de dados da Cooperação França – Brasil e da verificação dos dados armazenados, utilizando-se alguns originais cedidos pelo laboratório de análises de água da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), constataram-se inconsistências tanto na forma de armazenamento como nos dados inseridos. Dessa forma, os dados de qualidade da água provenientes do banco de dados da Cooperação França-Brasil não foram utilizados neste estudo por serem inconfiáveis.

São consideradas nas análises algumas informações resultantes de um monitoramento realizado por FURNAS-ENGEVIX (1990) para subsidiar os estudos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos de Anta, Sapucaia, Simplício e Itaocara, localizados, à exceção de Itaocara, dentro do trecho em estudo.

Também são utilizados alguns dados relativos ao estirão a jusante de Santa Cecília, elaborados por LIGHT-DNAEE em uma campanha que teve por objetivo caracterizar a qualidade da água do rio Paraíba do Sul nesse estirão, na ocorrência de vazões remanescentes extremamente baixas, devido a um bombeamento maior na elevatória de Santa Cecília.

Foram incorporados ao diagnóstico os dados provenientes do monitoramento de qualidade da água do rio Paraíba do Sul realizado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), como parte das ações previstas no Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TAC), assinado pela empresa e o Governo do Estado do Rio de Janeiro. Os dados foram obtidos nos relatórios “Monitoramento do Rio Paraíba do Sul”, elaborados em junho e novembro de 2001 e as informações a respeito do andamento do TAC foram obtidas no “Relatório de Acompanhamento Mensal – Agosto 2001”, elaborado pela CSN.

Além disso, o diagnóstico também inclui dados e informações do Plano de Bacia dos afluentes ao rio Paraíba do Sul no trecho paulista, dos Programas Estaduais de Investimentos dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais e do Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul.



**Tabela 2.1.28 – Dados Disponíveis nas Estações Operadas pela CETESB**

Código	Cód. do Operador	Localização	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1
JGRI010	00SP02645JAGI02900	Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos																	
JGRI020	00SP02645JAGI02700	Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos																	
JGRI030	01SP02350JAGJ00400	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá																	
JGRI040	01SP02616JAGJ00200	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá																	
PRBS330	00SP02567PARB02900	Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente à Prefeitura na cidade de Queluz																	
PRBS360	00SP02420PARB02700	Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete																	
PRBS380	00SP02174PARB02600	Rio Paraíba do Sul - Ponte que interliga os municípios de Aparecida e Potim																	
PRBS400	00SP02695PARB02490	Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto à captação da SABESP																	
PRBS420	00SP02234PARB02400	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus																	
PRBS440	00SP02645PARB02300	Rio Paraíba do Sul - Ponte Flaminio Vaz Lima (acesso ao loteamento Urbanova), bairro Serimbura, São José dos Campos																	
PRBS460	00SP02392PARB02200	Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí																	
PRBS470	00SP02608PARB02100	Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia SP-77, que liga Santa Branca a Jacareí																	
PRTE010	00SP02392PTEI02900	Rio Parateí - Ponte na estrada de acesso ao reservatório Jaguari, próximo à cervejaria BRAHMA																	
STBR010	01SP02397SANT00100	Reservatório de Santa Branca, no meio do corpo central, na junção dos braços do Capivari e Paraibuna																	

Estação sem operação     
  Dado existente, mas não disponível     
  Dado inserido no banco de qualidade     
  Sem informação

**Tabela 2.1.29 – Dados Disponíveis nas Estações Operadas pela FEEMA**

Código	Cód. do Operador	Localização	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1
AGBR010	AB0155	Córrego Água Branca - Itatiaia - Nhangapi																	
BNGL010	00RJ02BG0366	Rio Bengala - Conselheiro Paulino																	
BNNL010	BN0180	Rio Bananal - Barra Mansa																	
CRGL010	00RJ02CR0020	Rio Carangola - após Itaperuna																	
DSRS020	00RJ02DR0350	Rio dois Rios - São Fidélis																	
PRBS320	00RJ02FN0130	Reservatório de Funil - Queluz																	
GRDE010	00RJ02GR0361	Rio Grande - Nova Friburgo																	
MURI010	00RJ02MR0370	Rio Muriaé - Estrada Campos - Itaperuna																	
MURI040	00RJ02MR0374	Rio Muriaé - Laje do Muriaé																	
NEGR020	00RJ02NG0353	Rio Negro - Ponto de Pergunta																	
PQQR020	00RJ02PA0290	Rio Paquequer - Carmo																	
PBNH40	PB0002	Rio Piabanha - Petrópolis																	
PBNH20	PB0011	Rio Piabanha - Areal																	
PIRA010	PI0241	Rio Piraí - Barra do Piraí																	
POMB030	00RJ02PM0331	Rio Pomba - Santo Antônio de Pádua																	
POMB010	00RJ02PM0332	Rio Pomba - Paraoquena																	
PRBN020	PN0270	Rio Paraibuna - Três Rios																	
PRBN030	00RJ02PN0273	Rio Paraibuna - divisa Rio/Juiz de Fora - BR 040																	
PITG010	PP0160	Rio Piratininga - Rod. Presidente Dutra																	
PQQE020	00RJ02PQ0113	Rio Paquequer - Rio Bahia Km 78 (Teresópolis)																	
PRTO020	PR0091	Rio Preto - Rio Bahia - Km 88,5 (Teresópolis)																	



Estação sem operação



Dado existente, mas não disponível



Dado inserido no banco de qualidade



Sem informação

**Tabela 2.1.29 – Dados Disponíveis nas Estações Operadas pela FEEMA (continuação)**

Código	Cód. do Operador	Localização	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1
PRBS310	PS0410	Reserv. Funil - Canal de Fuga, saída turbinas																	
PRBS290	PS0413	Resende																	
PRBS270	PS0415	Floriano - ponte a jusante da Cyanamid																	
PRBS250	PS0418	Barra Mansa - ponte a jusante da linha férrea																	
PRBS240	PS0419	Barra Mansa - próximo a Cimento Tupi																	
PRBS230	PS0421	BR116 – 1ª ponte depois de Volta Redonda																	
PRBS220	PS0423	Vargem Alegre - pto sobre a ponte na BR 116																	
PRBS180	PS0425	Barra do Pirai - entrada para Vassouras																	
PRBS110	00RJ02PS0430	Três Rios - rio Paraíba do Sul																	
PRBS090	00RJ02PS0432	Sapucaia - rio Paraíba do Sul																	
PRBS070	00RJ02PS0434	Itaocara - rio Paraíba do Sul																	
PRBS050	00RJ02PS0436	Portela - rio Paraíba do Sul																	
PRBS040	00RJ02PS0439	São Fidélis - rio Paraíba do Sul																	
PRBS010	00RJ02PS0441	Campos - rio Paraíba do Sul																	
PRBS210	00RJ02SC0200	Represa Santa Cecília - junto ao bombeamento																	

Estação sem operação
  Dado existente, mas não disponível
  Dado inserido no banco de qualidade
  Sem informação

**Tabela 2.1.30 – Dados Disponíveis nas Estações Operadas pela FEAM**

Código	Cód. do Operador	Localização	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1
PRBN100	BS002	Rio Paraibuna em Chapéu d'Úvas																	
PRBN080	BS017	Rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora																	
PRBN060	BS024	Rio Paraibuna em Sobragi																	
PRET020	BS028	Rio Preto a montante do rio Paraibuna (Três Rios)																	
PRBN040	BS029	Rio Paraibuna a jusante do rio Preto																	
CGDO010	BS031	Rio Cágado a montante do rio Paraibuna																	
PRBN010	BS032	Rio Paraibuna a montante do rio Paraíba do Sul																	
POMB100	BS033	Rio Pomba a jusante de Mercés																	
XPTO010	BS042	Rio Xopotó a montante do rio Pomba																	
POMB070	BS043	Rio Pomba a montante de Cataguases																	
NOVO10	BS046	Rio Novo no confluência com o rio Pomba																	
POMB050	BS050	Rio Pomba a jusante de Cataguases																	
POMB040	BS054	Rio Pomba em Paraoquena																	
CRGL030	BS056	Rio Carangola a montante de Tombos																	
MURI050	BS057	Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé																	
GLOR011	BS058	Rio Glória a montante do Rio Muriaé																	
MURI060	BS059	Rio Muriaé a montante de Muriaé																	
PRBS130	BS060	Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraibuna																	
PEIX020	BS061	Rio do Peixe a montante do rio Paraibuna																	
PRET041	BS063	Rio Preto a montante de Visconde de Mauá																	

Estação sem operação     
  Dado existente, mas não disponível     
  Dado inserido no banco de qualidade     
  Sem informação

**Tabela 2.1.30 – Dados Disponíveis nas Estações operadas pela FEAM (continuação)**

Código	Cód. do Operador	Localização	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	
PRET031	BS065	Rio Preto em Rio Preto																		
PRBS101	BS067	Rio Paraíba do Sul a jusante do Rio Paraibuna																		
POMB091	BS069	Rio Pomba em Guarani																		
UBA_010	BS071	Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá																		
POSS010	BS073	Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont																		
PRBS081	BS075	Rio Paraíba do Sul em Itacara																		



Estação sem operação



Dado existente, mas não disponível



Dado inserido no banco de qualidade



Sem informação

### **2.1.2.3 Enquadramento do rio Paraíba do Sul**

Todas as análises realizadas neste estudo tiveram como padrão os limites de concentração estabelecidos pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 20/86, considerando o enquadramento dos diversos trechos dos cursos de água federais da bacia do rio Paraíba do Sul, estabelecido pela Portaria GM/086 de 04-06-81.

De acordo com a portaria GM/086, estão enquadrados em Classe 1 os rios Paraíba do Sul (trecho entre as cabeceiras e a barragem de Santa Branca), Paraibuna (trecho entre as cabeceiras e a barragem de Chapéu d'Uvas) e Preto (trecho entre as cabeceiras e a foz do rio Prata).

Em Classe 2 estão enquadrados os rios Pomba, Muriaé, Carangola, Preto (trecho entre a foz do rio Prata e a foz), Paraibuna (trecho entre a barragem de Chapéu d'Uvas e a foz), Bananal (trecho entre a cidade de Bananal e a foz) e Paraíba do Sul (trecho entre a barragem de Santa Branca e a cidade de Campos).

Além disso, o rio Paraíba do Sul no trecho entre a cidade de Campos e a foz se encontra enquadrado em Classe 3.

Para os rios estaduais da bacia que não possuem enquadramento, como é o caso dos afluentes do Pomba e do Muriaé e dos rios Piabanha, Dois Rios e seus afluentes, as análises foram realizadas tendo por base os limites para rios de Classe 2, de acordo com a CONAMA/020.

Com relação aos afluentes do Paraibuna, os rios do Peixe e Cágado, as análises tiveram como base o enquadramento estadual previsto na deliberação do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 16/96. De acordo com essa deliberação, esses rios estão enquadrados em Classe 1.

Para o rio Jaguari, afluente estadual do Paraíba do Sul no trecho paulista, a base foi o enquadramento previsto no Decreto Estadual nº 10.755 de 11/77. De acordo com esse decreto, o enquadramento do rio Jaguari é Classe 1. A comparação entre a Resolução CONAMA 020 e o Decreto nº 8.468, que classifica as águas no Estado de São Paulo, mostrou que os usos referentes à Classe 1 paulista são equivalentes aos da Classe Especial federal. Dessa forma, por simplificação, esse rio foi considerado como Classe Especial.

A **Figura 2.1.20**, apresentada anteriormente, mostra o enquadramento do rio no local de cada estação de qualidade da água.

### **2.1.2.4 Tratamento e análise dos dados**

Para automatizar o processo de análise, os dados de qualidade da água foram organizados em banco de dados e construídas ferramentas de análise para determinação de índices de violação de classe, do perfil de qualidade da água ao longo dos principais rios e da evolução temporal das medições em determinada estação. As etapas realizadas para o tratamento e análise dos dados são descritas a seguir.

## **Banco de Dados de Qualidade da Água**

Os dados fornecidos pelas instituições foram organizados em um banco de dados relacional do tipo Access, que conta com 73.452 registros de medição, sendo 34.481 da FEEMA, 30.631 da CETESB e 8.340 da FEAM.

Os dados fornecidos em papel pela CETESB e pela FEAM foram escaneados e transformados em planilha Excel, através do uso de um programa reconhecedor de caracteres. As planilhas em Excel resultantes e aquelas fornecidas pela FEEMA foram inseridas no banco de dados com o auxílio de um programa de conversão de dados, específico para cada entidade, desenvolvido no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ.

Em seguida, foi realizada uma compatibilização entre os parâmetros das diferentes instituições de forma a padronizar seus nomes e unidades. Na [Tabela 2.1.31](#) são apresentados os parâmetros analisados por instituição e os nomes e unidades dos parâmetros resultantes da compatibilização, organizados no banco de dados.

As estações de qualidade da água, que não dispunham de coordenadas geográficas, foram localizadas em cartas 1:50.000 do IBGE, em função da descrição de sua localização, fornecida pelos operadores. Com isso, todas as estações foram inseridas no Sistema de Informações de recursos hídricos da bacia, de modo que podem ser visualizadas no mapa da bacia e seus dados acessados automaticamente, buscando-se a estação desejada.

Além dos dados de qualidade da água, foram incorporados ao sistema o enquadramento dos rios da bacia e os limites de classe de cada parâmetro, de acordo com a resolução CONAMA 020.

Foram realizadas consultas para visualização da evolução temporal e do perfil de qualidade da água ao longo de cada rio, por parâmetro. Foram também desenvolvidas ferramentas de análise estatística que fornecem os índices de violação de classe, os valores máximos, médios, mínimos, o desvio padrão e o número de medições de um dado parâmetro por estação, por trecho de rio ou por sub-bacia.

**Tabela 2.1.31 - Nomes e Unidades dos Parâmetros das Diferentes Instituições e do Banco de Dados (Resultantes da Compatibilização)**

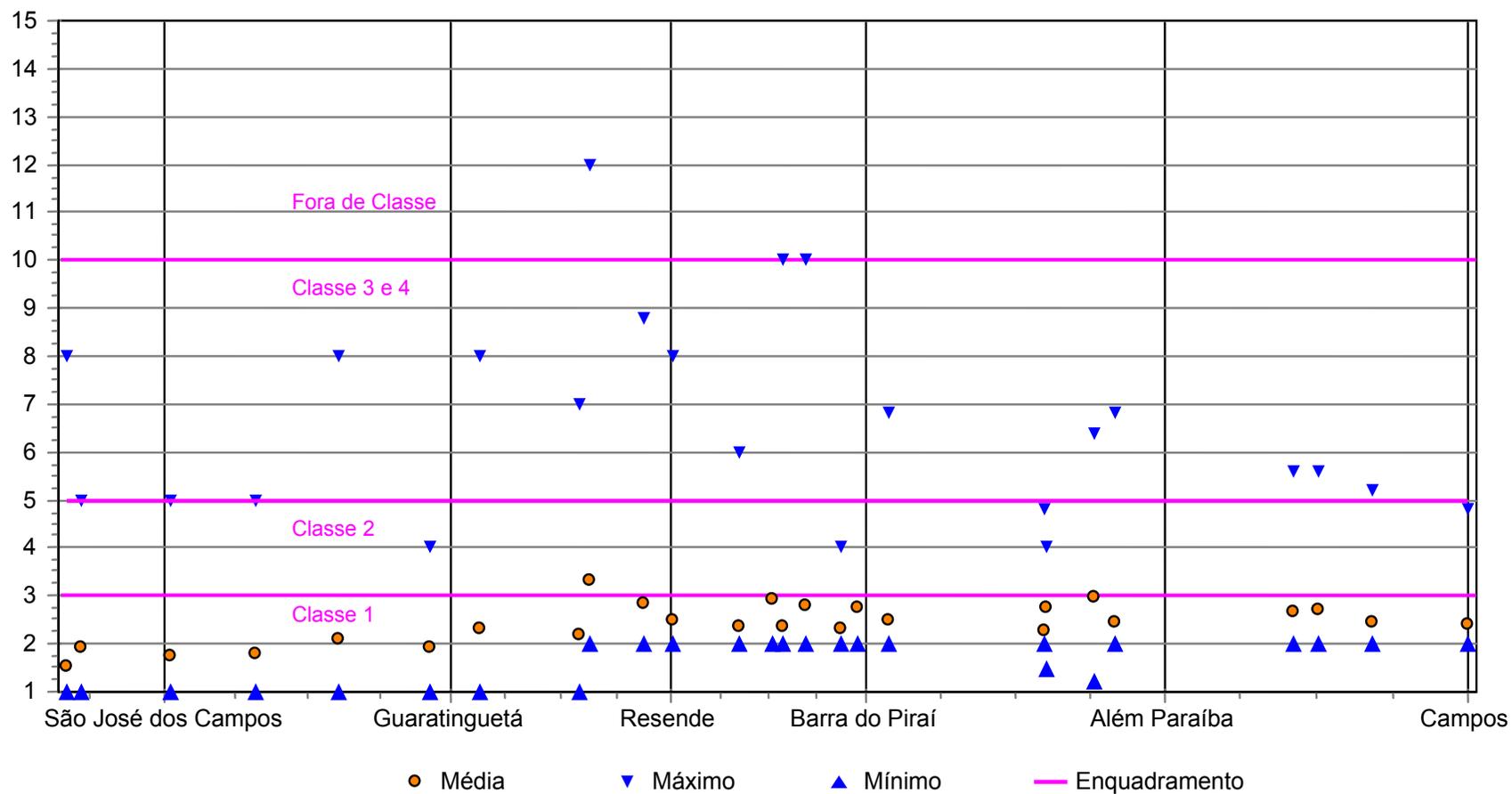
Banco de Dados		FEEMA		FEAM		CETESB	
Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade
Absorbância no Ultravioleta	nd					Absorbância no Ultravioleta	
Alcalinidade de Bicarbonato	mg/l			Alcalinidade de Bicarbonato	mg/l CaCO3		
Alcalinidade Total	mg/l	Alcalinidade	mg CaCO3/l	Alcalinidade Total	mg/l CaCO3		
Alumínio	mg/l	Alumínio	mg Al/l	Alumínio Total	mg/l	Alumínio	mg/l
Amônia	mg/l	N. amoniacal	mg N/l	Nitrogênio Amoniacal	mg/l	Amônia	mgN/l
Arsênio	mg/l	Arsênio	mg As/l	Arsênio Total	mg/l		
Bário	mg/l			Bário Total	mg/l	Bário	mg/l
Benzo (a) Pireno	µg/l	Benzo a Pireno	ug/l				
Boro Solúvel	mg/l			Boro Solúvel	mg/l		
Cádmio	mg/l	Cádmio	mg Cd/l	Cádmio Total	mg/l	Cádmio	mg/l
Cálcio Total	mg/l	Cálcio	mg Ca/l	Cálcio Total	mg/l		
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/l					Carbono Orgânico Dissolvido	mg/l
Carbono Orgânico Total	mg/l					Carbono Orgânico	mg/l
Chumbo	mg/l	Chumbo	mg Pb/l	Chumbo Total	mg/l	Chumbo	mg/l
Chuvas	nd					Chuvas	últ. 24 horas
Cianeto Total	mg/l	Cianeto	mg CN/l	Cianeto Total	mg/l		
Cloreto	mg/l	Cloreto	mg Cl/l	Cloretos	mg/l	Cloreto	mg/l
Clorofila-a	µg/l	Clorofila a Tot	ug/l			Clorofila-a	mg/l
Clostridium Perfringens	NMP/100 ml					Clostridium Perfringens	NMP/100ml
Cobre	mg/l	Cobre	mg Cu/l	Cobre Total	mg/l	Cobre	mg/l
Coliforme Fecal	NMP/100 ml	Coliformes Fecais	NMPmil/100 ml	Coliformes Fecais	NMP/100ml	Coliforme Fecal	NMP/100ml
Coliforme Total	NMP/100 ml	Coliformes Totais	NMPmil/100 ml	Coliformes Totais	NMP/100ml	Coliforme Total	NMP/100ml
Coloração	nd					Coloração	
Condições do Tempo	nd			Condições do Tempo			
Condutividade	µS/cm	Condutividade	umho/Cm	Condutividade Elétrica	umho/cm	Cond. Específica	mS/cm
Cor Real	Upt			Cor Real	Upt		
Cromo Hexavalente	mg/l	Cromo Hexavalente	mg Cr/l	Cromo Hexavalente	mg/l		
Cromo Total	mg/l	Cromo	mg Cr/l	Cromo Total	mg/l	Cromo Total	mg/l
Cromo Trivalente	mg/l	Cromo Trivalente	mg Cr/l	Cromo Trivalente	mg/l		
Cryptosporidium sp	oocistos/l					Cryptosporidium sp	cistos/l
DBO	mg/l	D.B.O	mg/l	Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/l	DBO5,20	mgO2/l
DQO	mg/l	D.Q.O	mg/l	Demanda Química de Oxigênio	mg/l	DQO	mgO2/l

**Tabela 2.1.31 - Nomes e unidades dos Parâmetros das Diferentes Instituições e do Banco de Dados (Resultantes da Compatibilização) (continuação)**

Banco de Dados		FEEMA		FEAM		CETESB	
Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade
Dureza de Cálcio	mg/l			Dureza de Cálcio	mg/l CaCO3		
Dureza de Magnésio	mg/l			Dureza de Magnésio	mg/l CaCO3		
Dureza Total	mg/l	Dureza	mg CaCO3/l	Dureza total	mg/l CaCO3		
Enterococos	NC.MF/100 ml					Enterococos	NC.MF/100ml
Estanho	mg/l					Estanho	
Estreptococos Fecais	NMP/100 ml	Estreptococos Fecais	NMPmil/100ml	Estreptococos Fecais	NMP/100ml	Estreptococos Fecais	NMP/100ml
Fenóis	mg/l	Fenóis	mg/l	Índice de Fenóis	mg/l	Fenóis	mg/l
Feofitina-a	µg/l	Feofitina	ug/l			Feofitina-a	mg/l
Ferro	mg/l	Ferro	mg Fe/l			Ferro	mg/l
Ferro Solúvel	mg/l	Ferro Sol	mg Fe/l	Ferro Solúvel	mg/l		
Fluoretos	mg/l	Fluoreto	mg F/l				
Fósforo Dissolvido	mg/l	Fosf.Filtr.Tot	mg P/l				
Fósforo Total	mg/l	Fósforo Total	mg P/l	Fosfato Total	mg/l P	Fósforo Total	mgP/l
Giardia sp	cistos/l					Giardia sp	cistos/l
Magnésio	mg/l	Magnésio	mg Mg/l	Magnésio Total	mg/l		
Manganês	mg/l	Manganês	mg Mn/l	Manganês Total	ug/l	Manganês	mg/l
Mercúrio	mg/l	Mercúrio	ug Hg/l	Mercúrio Total	µg/l	Mercúrio	mg/l
Níquel	mg/l	Níquel	mg Ni/l	Níquel Total	mg/l	Níquel	mg/l
Nitrato	mg/l	Nitrato	mg N/l	Nitrato	mg/l N	Nitrato	mgN/l
Nitrito	mg/l	Nitrito	mg N/l	Nitrito	mg/l N	Nitrito	mgN/l
Nitrogênio Kjeldahl	mg/l	N.Kjeldahl Tot	mg N/l			Kjeldahl	mgN/l
Nitrogênio Orgânico	mg/l			Nitrogênio Orgânico	mg/l N		
Nitrogênio Total	mg/l					Nitrogênio Total	mgN/l
Óleos e Graxas	mg/l			Óleos e Graxas	mg/l		
Ortofosfato Dissolvido	mg/l	Orto Fosf. Diss.	mg P/l			ortofosfato solúvel	mgP/l
Oxigênio Dissolvido	mg/l	O.D	mg/l	Oxigênio Dissolvido	mg/l	Oxigênio Dissolvido	mgO2/l
PCBs	µg/l	PCB's	ug/l				
ph	nd	PH	U.pH	PH "in loco"		pH	
Potássio	mg/l	Potássio	mg K/l				
Potássio Solúvel	mg/l			Potássio Solúvel	mg/l		
Potencial de Formação de THM	mg/l					Potencial de Formação de THM	mg/l
Salinidade	g/Kg	Salinidade	%o ou g/Kg				
Selênio	mg/l			Selênio Total	mg/l		

**Tabela 2.1.31 - Nomes e unidades dos Parâmetros das Diferentes Instituições e do Banco de Dados  
(Resultantes da Compatibilização)  
(continuação)**

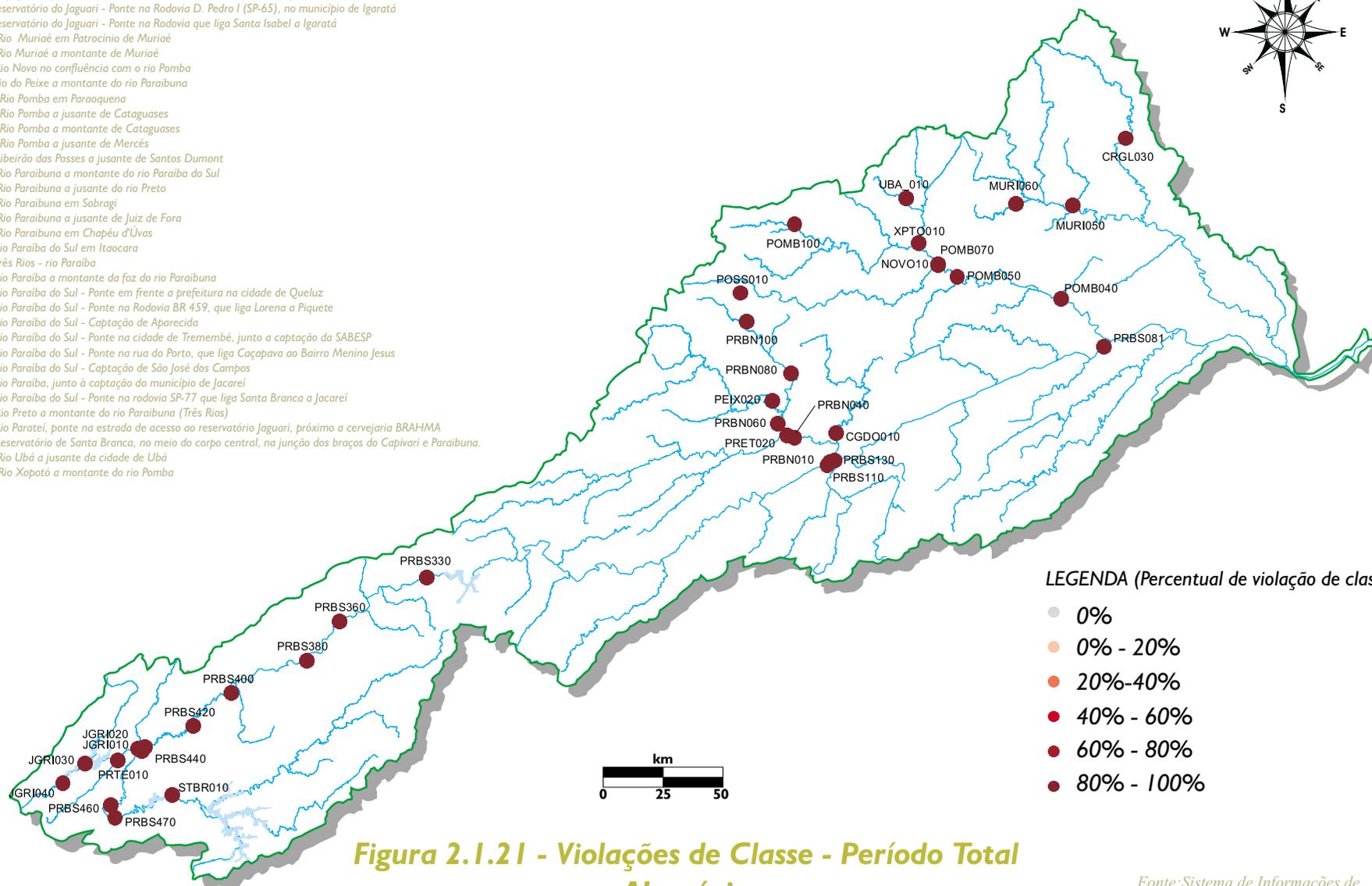
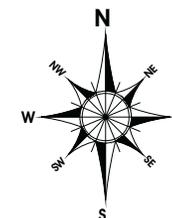
Banco de Dados		FEEMA		FEAM		CETESB	
Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade	Parâmetro	Unidade
Sódio	mg/l	Sódio	mg Na/l				
Sódio Solúvel	mg/l			Sódio Solúvel	mg/l		
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	R. Filt.Total	mg/l	Sólidos Dissolvidos Totais	mg/l	Resíduo Filtrável	mg/l
Sólidos em Suspensão	mg/l	R.N.F.T	mg/l	Sólidos em Suspensão	mg/l	Resíduo Não Filtrável	mg/l
Sólidos em Suspensão Fixos	mg/l	R.N.F.F	mg/l				
Sólidos em Suspensão Voláteis	mg/l	R.N.F.Vol	mg/l				
Sólidos Fixos	mg/l					Resíduo Fixo	mg/l
Sólidos Totais	mg/l	Resíduo Total	mg/l	Sólidos Totais	mg/l	Resíduo Total	mg/l
Sólidos Voláteis	mg/l	Resíduo Volátil	mg/l			Resíduo Volátil	mg/l
Sulfatos	mg/l	Sulfato	mg SO4/l	Sulfatos	mg/l		
Sulfetos	mg/l			Sulfetos	mg/l		
Surfactantes	mg/l					Surfactantes	mg/l
Surfactantes Aniônicos	nd			Surfactantes Aniônicos	mg/l		
Temperatura da Água	°C	Temp. Amostra	C	Temperatura da Água	°C	Temperatura da Água	oC
Temperatura do Ar	°C			Temperatura do Ar	°C	Temperatura do Ar	oC
Teste de Toxicidade Crônica	nd					Teste de Toxicidade Crônica	
Transparência	m	Transparência	M			Transparência	M
Turbidez	UNT	Turbidez	UT	Turbidez	UNT	Turbidez	UNT
Zinco	mg/l	Zinco	mg Zn/l	Zinco Total	mg/l	Zinco	mg/l



**Figura 2.1.26 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul**  
**DBO (mg/l)**

## Código da Estação - Localização da Estação

CGDO010 - Rio Cágado a montante do rio Paraíba  
 CRGL030 - Rio Carangola a montante de Tombos  
 JGRI010 - Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos  
 JGRI020 - Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos  
 JGRI030 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá  
 JGRI040 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá  
 MURI050 - Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé  
 MURI060 - Rio Muriaé a montante de Muriaé  
 NOVO10 - Rio Novo no confluência com o rio Pomba  
 PEIX020 - Rio do Peixe a montante do rio Paraíba  
 POMB040 - Rio Pomba em Paraaquena  
 POMB050 - Rio Pomba a jusante de Cataguases  
 POMB070 - Rio Pomba a montante de Cataguases  
 POMB100 - Rio Pomba a jusante de Mercês  
 POSS010 - Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont  
 PRBN010 - Rio Paraíba a montante do rio Paraíba do Sul  
 PRBN040 - Rio Paraíba a jusante do rio Preto  
 PRBN060 - Rio Paraíba em Sobragi  
 PRBN080 - Rio Paraíba a jusante de Juiz de Fora  
 PRBN100 - Rio Paraíba em Chapéu d'Uvas  
 PRBS081 - Rio Paraíba do Sul em Itaocara  
 PRBS110 - Três Rios - rio Paraíba  
 PRBS130 - Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraíba  
 PRBS330 - Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz  
 PRBS360 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete  
 PRBS380 - Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida  
 PRBS400 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP  
 PRBS420 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçaçava ao Bairro Menino Jesus  
 PRBS440 - Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos  
 PRBS460 - Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí  
 PRBS470 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí  
 PRET020 - Rio Preto a montante do rio Paraíba (Três Rios)  
 PRTE010 - Rio Parateti, ponte na estrada de acesso ao reservatório Jaguari, próximo a cervejaria BRAHMA  
 STBR010 - Reservatório de Santa Branca, no meio do corpo central, na junção dos braços do Capivari e Paraíba.  
 UBA\_010 - Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá  
 XPTO010 - Rio Xopotó a montante do rio Pomba



**Figura 2.1.21 - Violações de Classe - Período Total Alumínio**

Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul

## Código da Estação - Localização da Estação

AGBR010 - Córrego Água Branca - Itatiaia - Nhangapi  
 BNL010 - Rio Bengala - Conselheiro Paulino  
 BNNL010 - Rio Bananal - Barra Mansa  
 CGDO010 - Rio Cágado - montante do rio Paraíba  
 CRGL010 - Rio Carangola - após Itaperuna  
 CRGL030 - Rio Carangola - montante de Tombos  
 DRSO20 - Riados Rios - São Fidéls  
 GLOR011 - Rio Glória - montante do rio Muriaé  
 GRDE010 - Rio Grande - Nova Friburgo  
 JGRI010 - Rio Jaguari - Próximo ao fazdório Paraíba - São José dos Campos  
 JGRI020 - Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos  
 JGRI030 - Reservatório do Jaguari - Pontena Rodovia D. Pedro I (SP-65), município de Igaratá  
 JGRI040 - Reservatório do Jaguari - Pontena Rodovia que liga Santa Isabel a Garatá  
 MURIO10 - Rio Muriaé - Estrada Campos - Itaperuna  
 MURIO40 - Rio Muriaé - Lajedo Muriaé  
 MURIO50 - Rio Muriaé - em Patrocínio de Muriaé  
 MURIO60 - Rio Muriaé - montante de Muriaé  
 NEGRO20 - Rio Negro - Ponte de Pergunta  
 NOVO10 - Rio Novo - confluência com rio Pomba  
 PBNH020 - Rio Piabanha - Areal  
 PBNH040 - Rio Piabanha - Petrópolis  
 PEIXO20 - Rio do Peixe - montante do rio Paraíba  
 PIRA010 - Rio Pirai - Barrado Pirai  
 PITGO10 - Rio Piratininga - Rod. Presidente Dutra  
 POMB010 - Rio Pomba - Paraquena  
 POMB030 - Rio Pomba - Santo Antônio de Pádua  
 POMB040 - Rio Pomba - em Paraquena  
 POMB050 - Rio Pomba - jusante de Cataguases  
 POMB070 - Rio Pomba - montante de Cataguases  
 POMB091 - Rio Pomba - em Guarani  
 POMB100 - Rio Pomba - jusante de Mercês  
 POSS010 - Ribeirão das Posses - jusante de Santos Dumont  
 POQE020 - Rio Paqueta - Rio Bahia - Km 78 (Teresópolis)  
 POQR020 - Rio Paqueta - Carmo  
 PRBN010 - Rio Paraíba - montante do rio Paraíba Sul  
 PRBN020 - Rio Paraíba - Três Rios  
 PRBN030 - Rio Paraíba - divisa Rio/Juiz de Fora - BR040  
 PRBN040 - Rio Paraíba - jusante do rio Preto  
 PRBN060 - Rio Paraíba - em Sobragi  
 PRBN080 - Rio Paraíba - jusante de Juiz de Fora  
 PRBN100 - Rio Paraíba - em Chapéu d'Uvas  
 PRBS010 - Campos - rio Paraíba  
 PRBS040 - São Fidéls - rio Paraíba  
 PRBS050 - Portela - rio Paraíba  
 PRBS070 - Itaocara - rio Paraíba  
 PRBS081 - Rio Paraíba do Sul - em Itaocara  
 PRBS090 - Sapucaia - rio Paraíba  
 PRBS101 - Rio Paraíba do Sul - jusante do rio Paraíba

PRBS110 - Três Rios - rio Paraíba  
 PRBS130 - Rio Paraíba - montante do fazdório Paraíba  
 PRBS180 - Barrado Pirai - entrada para Vassouras  
 PRBS210 - Represa Santa Cecília - junto à entrada do bombeamento  
 PRBS220 - Vargem Alegre - pontos sobre a ponte na BR116  
 PRBS230 - BR116 - primeira ponte depois de Volta Redonda  
 PRBS240 - Barra Mansa - próximo a Cimento Tupi  
 PRBS250 - Barra Mansa - ponte jusante de Inhá Ferreira  
 PRBS270 - Floriano - ponte jusante de Cyanamid  
 PRBS290 - Resende  
 PRBS310 - Reservatório de Funil - Canal de Fuga, saída das turbinas  
 PRBS320 - Reservatório de Funil - Queluz  
 PRBS330 - Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz  
 PRBS360 - Rio Paraíba do Sul - Pontena Rodovia BR459, que liga Lorena a Piquete  
 PRBS380 - Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida  
 PRBS400 - Rio Paraíba do Sul - Pontena cidade de Tremembé, junto à captação da SABESP  
 PRBS420 - Rio Paraíba do Sul - Pontena ruado Porto, que liga Cacapava ao Bairro Menino Jesus  
 PRBS440 - Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos  
 PRBS460 - Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí  
 PRBS470 - Rio Paraíba do Sul - Pontena rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí  
 PRETO20 - Rio Preto - montante do rio Paraíba (Três Rios)  
 PRETO31 - Rio Preto - em Rio Preto  
 PRETO41 - Rio Preto - montante de Visconde de Mauá

PRTE010 - Rio Parateí, ponte na estrada de acesso ao reservatório Jaguari, próximo a cervejaria BRAHMA  
 PRTO020 - Rio Preto - Rio Bahia - Km 88,5 (Teresópolis)  
 STBR010 - Reservatório de Santa Branca, nome do corpo central, na junção dos braços do Capivari e Paraíba  
 UBA\_010 - Rio Ubá - jusante da cidade de Uba  
 XPTO010 - Rio Xopotó - montante do rio Pomba

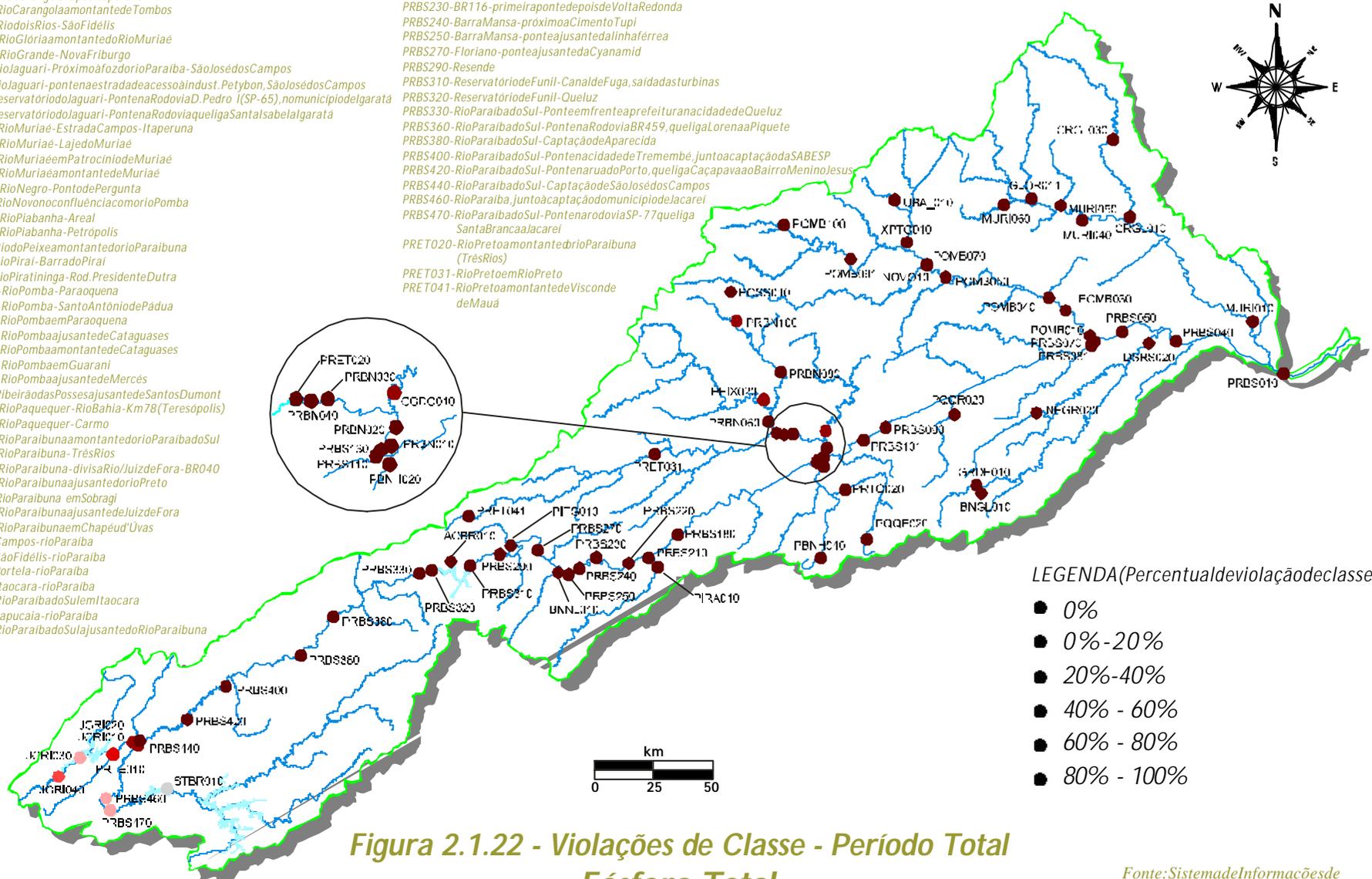


Figura 2.1.22 - Violações de Classe - Período Total Fósforo Total

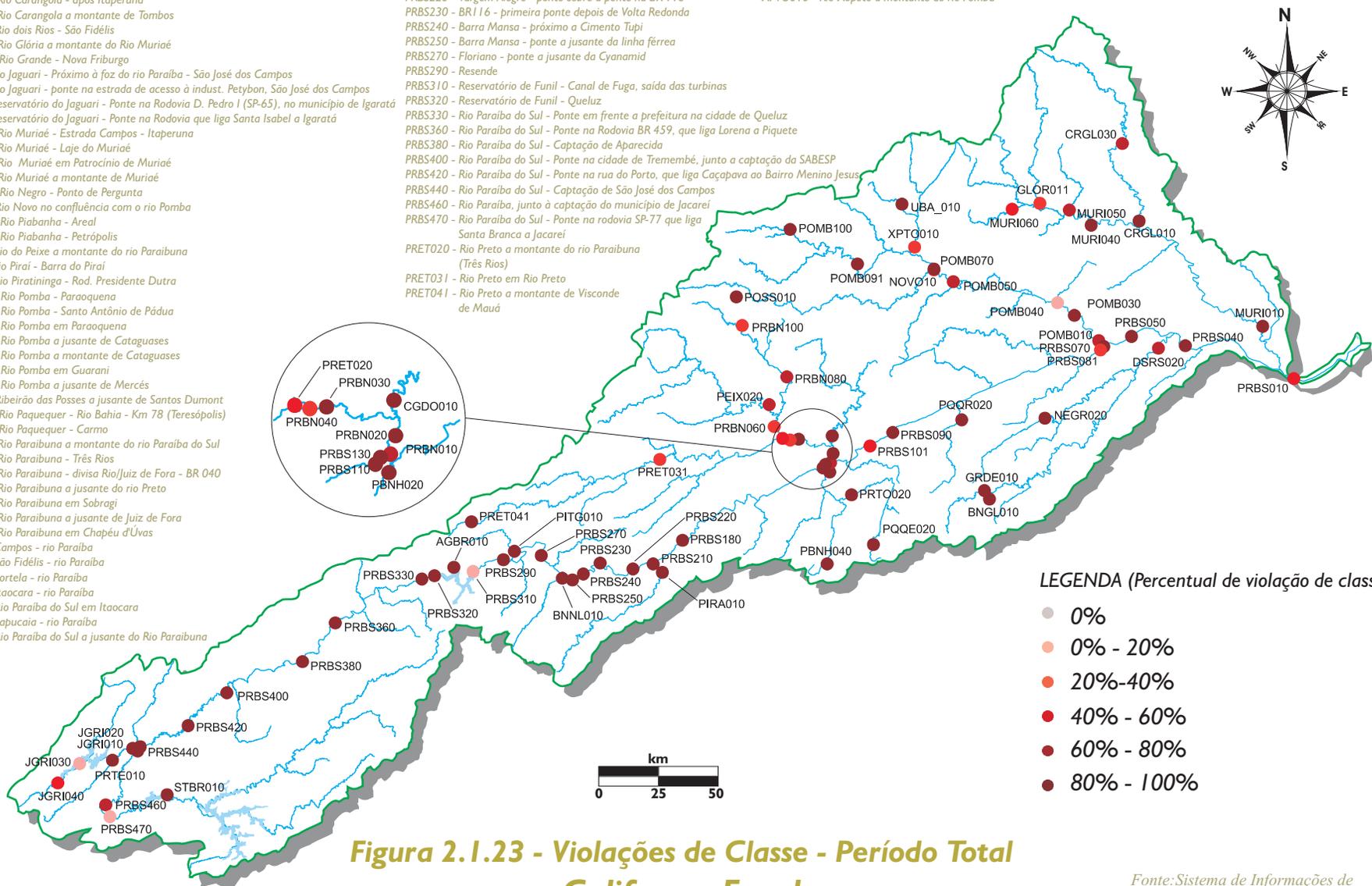
Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul

## Código da Estação - Localização da Estação

AGBR010 - Córrego Água Branca - Itaipava - Nhangapi  
 BNLG010 - Rio Bengala - Conselheiro Paulino  
 BNNL010 - Rio Bananal - Barra Mansa  
 CGDO010 - Rio Cógado a montante do rio Paraíba  
 CRGL010 - Rio Carangola - após Itaperuna  
 CRGL030 - Rio Carangola a montante de Tombos  
 DRSR020 - Rio dois Rios - São Fidélis  
 GLO011 - Rio Glória a montante do Rio Muriaé  
 GRDE010 - Rio Grande - Nova Friburgo  
 JGRI010 - Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos  
 JGRI020 - Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos  
 JGRI030 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá  
 JGRI040 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá  
 MURIO10 - Rio Muriaé - Estrada Campos - Itaperuna  
 MURIO40 - Rio Muriaé - Laje do Muriaé  
 MURIO50 - Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé  
 MURIO60 - Rio Muriaé a montante de Muriaé  
 NEGR020 - Rio Negro - Ponto de Pergunta  
 NOVO10 - Rio Novo na confluência com o rio Pomba  
 PBNH020 - Rio Piabanha - Areal  
 PBNH040 - Rio Piabanha - Petrópolis  
 PEIX020 - Rio do Peixe a montante do rio Paraíba  
 PIRA010 - Rio Pirai - Barra do Pirai  
 PITG010 - Rio Piratinga - Rod. Presidente Dutra  
 POMB010 - Rio Pomba - Paraoquena  
 POMB030 - Rio Pomba - Santo Antônio de Pádua  
 POMB040 - Rio Pomba em Paraoquena  
 POMB050 - Rio Pomba a jusante de Cataguases  
 POMB070 - Rio Pomba a montante de Cataguases  
 POMB091 - Rio Pomba em Guarani  
 POMB100 - Rio Pomba a jusante de Mercês  
 POSS010 - Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont  
 PQQR020 - Rio Paquequer - Rio Bahia - Km 78 (Teresópolis)  
 PQQR020 - Rio Paquequer - Carmo  
 PRBN010 - Rio Paraíba a montante do rio Paraíba do Sul  
 PRBN020 - Rio Paraíba - Três Rios  
 PRBN030 - Rio Paraíba - divisa Rio/Juiz de Fora - BR 040  
 PRBN040 - Rio Paraíba a jusante do rio Preto  
 PRBN060 - Rio Paraíba em Sobragi  
 PRBN080 - Rio Paraíba a jusante de Juiz de Fora  
 PRBN100 - Rio Paraíba em Chapéu d'Uvas  
 PRBS010 - Campos - rio Paraíba  
 PRBS040 - São Fidélis - rio Paraíba  
 PRBS050 - Portela - rio Paraíba  
 PRBS070 - Itaocara - rio Paraíba  
 PRBS081 - Rio Paraíba do Sul em Itaocara  
 PRBS090 - Sapucaia - rio Paraíba  
 PRBS101 - Rio Paraíba do Sul a jusante do Rio Paraíba

PRBS110 - Três Rios - rio Paraíba  
 PRBS130 - Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraíba  
 PRBS180 - Barra do Pirai - entrada para Vassouras  
 PRBS210 - Represa Santa Cecília - junto entrada bombeamento  
 PRBS220 - Vargem Alegre - ponto sobre a ponte na BR 116  
 PRBS230 - BR 116 - primeira ponte depois de Volta Redonda  
 PRBS240 - Barra Mansa - próximo a Cimento Tupi  
 PRBS250 - Barra Mansa - ponte a jusante da linha férrea  
 PRBS270 - Floriano - ponte a jusante da Cyanamid  
 PRBS290 - Resende  
 PRBS310 - Reservatório de Funil - Canal de Fuga, saída das turbinas  
 PRBS320 - Reservatório de Funil - Queluz  
 PRBS330 - Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz  
 PRBS360 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete  
 PRBS380 - Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida  
 PRBS400 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP  
 PRBS420 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus  
 PRBS440 - Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos  
 PRBS460 - Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí  
 PRBS470 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí  
 PRET020 - Rio Preto a montante do rio Paraíba (Três Rios)  
 PRET031 - Rio Preto em Rio Preto  
 PRET041 - Rio Preto a montante de Visconde de Mauá

PRTE010 - Rio Parateí, ponte na estrada de acesso ao reservatório Jaguari, próximo a cervejaria BRAHMA  
 PRTO020 - Rio Preto - Rio Bahia - Km 88,5 (Teresópolis)  
 STBR010 - Reservatório de Santa Branca, no meio do corpo central, na junção dos braços do Capivari e Paraíba.  
 UBA\_010 - Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá  
 XPTO010 - Rio Xopotó a montante do rio Pomba

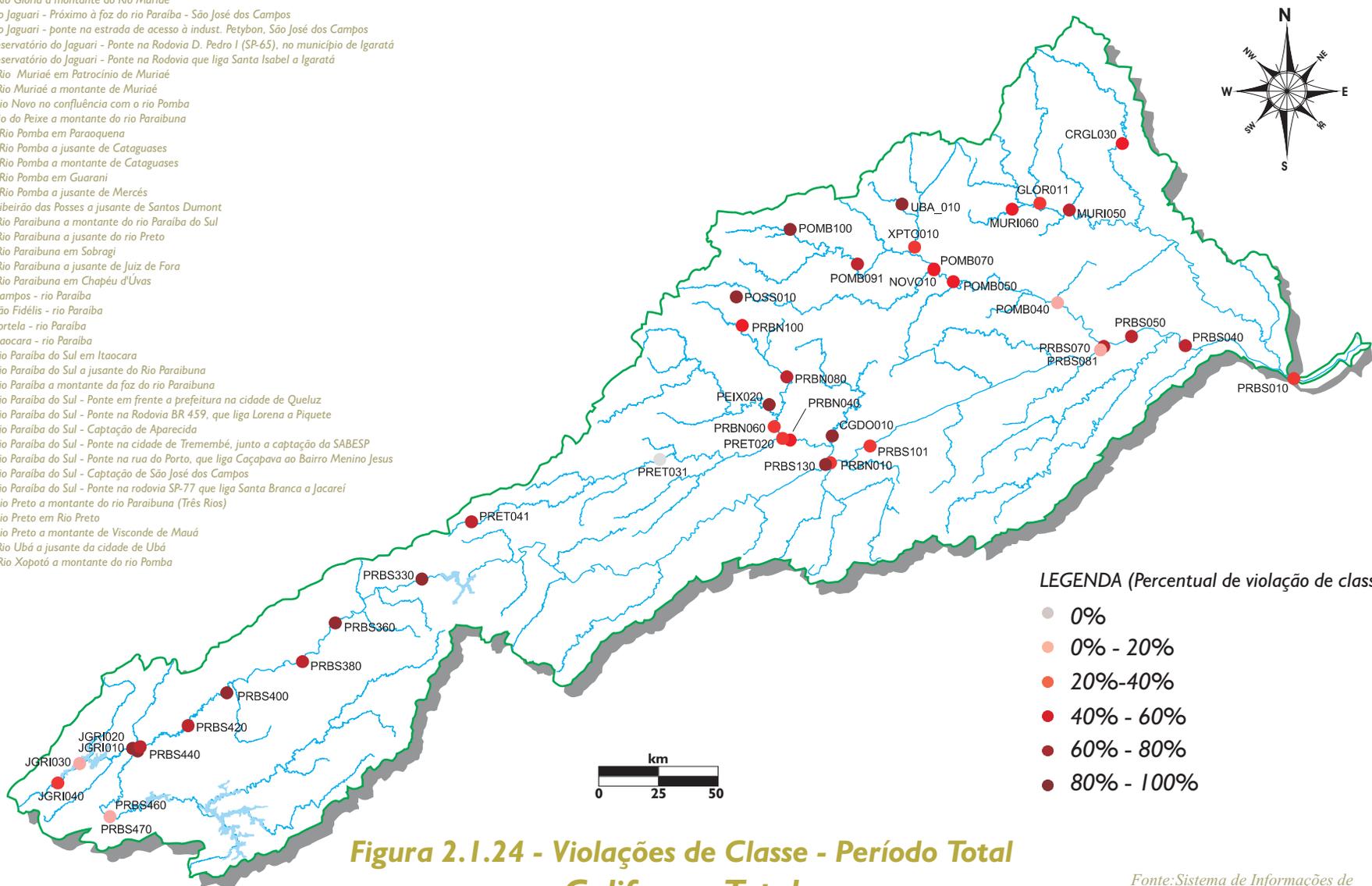


**Figura 2.1.23 - Violações de Classe - Período Total Coliforme Fecal**

Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul

## Código da Estação - Localização da Estação

CGDO010 - Rio Cágado a montante do rio Paraibuna  
 CRGL030 - Rio Carangola a montante de Tombos  
 GLOR011 - Rio Glória a montante do Rio Muriaé  
 JGRI010 - Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos  
 JGRI020 - Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos  
 JGRI030 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá  
 JGRI040 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá  
 MURI050 - Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé  
 MURI060 - Rio Muriaé a montante de Muriaé  
 NOVO10 - Rio Novo no confluência com o rio Pomba  
 PEIX020 - Rio do Peixe a montante do rio Paraibuna  
 POMB040 - Rio Pomba em Paraquena  
 POMB050 - Rio Pomba a jusante de Cataguases  
 POMB070 - Rio Pomba a montante de Cataguases  
 POMB091 - Rio Pomba em Guarani  
 POMB100 - Rio Pomba a jusante de Mercês  
 POSS010 - Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont  
 PRBN010 - Rio Paraibuna a montante do rio Paraíba do Sul  
 PRBN040 - Rio Paraibuna a jusante do rio Preto  
 PRBN060 - Rio Paraibuna em Sobragi  
 PRBN080 - Rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora  
 PRBN100 - Rio Paraibuna em Chapéu d'Uvas  
 PRBS010 - Campos - rio Paraíba  
 PRBS040 - São Fidélis - rio Paraíba  
 PRBS050 - Portela - rio Paraíba  
 PRBS070 - Itaocara - rio Paraíba  
 PRBS081 - Rio Paraíba do Sul em Itaocara  
 PRBS101 - Rio Paraíba do Sul a jusante do Rio Paraibuna  
 PRBS130 - Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraibuna  
 PRBS330 - Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz  
 PRBS360 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete  
 PRBS380 - Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida  
 PRBS400 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP  
 PRBS420 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Parto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus  
 PRBS440 - Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos  
 PRBS470 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí  
 PRET020 - Rio Preto a montante do rio Paraibuna (Três Rios)  
 PRET031 - Rio Preto em Rio Preto  
 PRET041 - Rio Preto a montante de Visconde de Mauá  
 UBA\_010 - Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá  
 XPTO010 - Rio Xopotó a montante do rio Pomba



**Figura 2.1.24 - Violações de Classe - Período Total Coliforme Total**

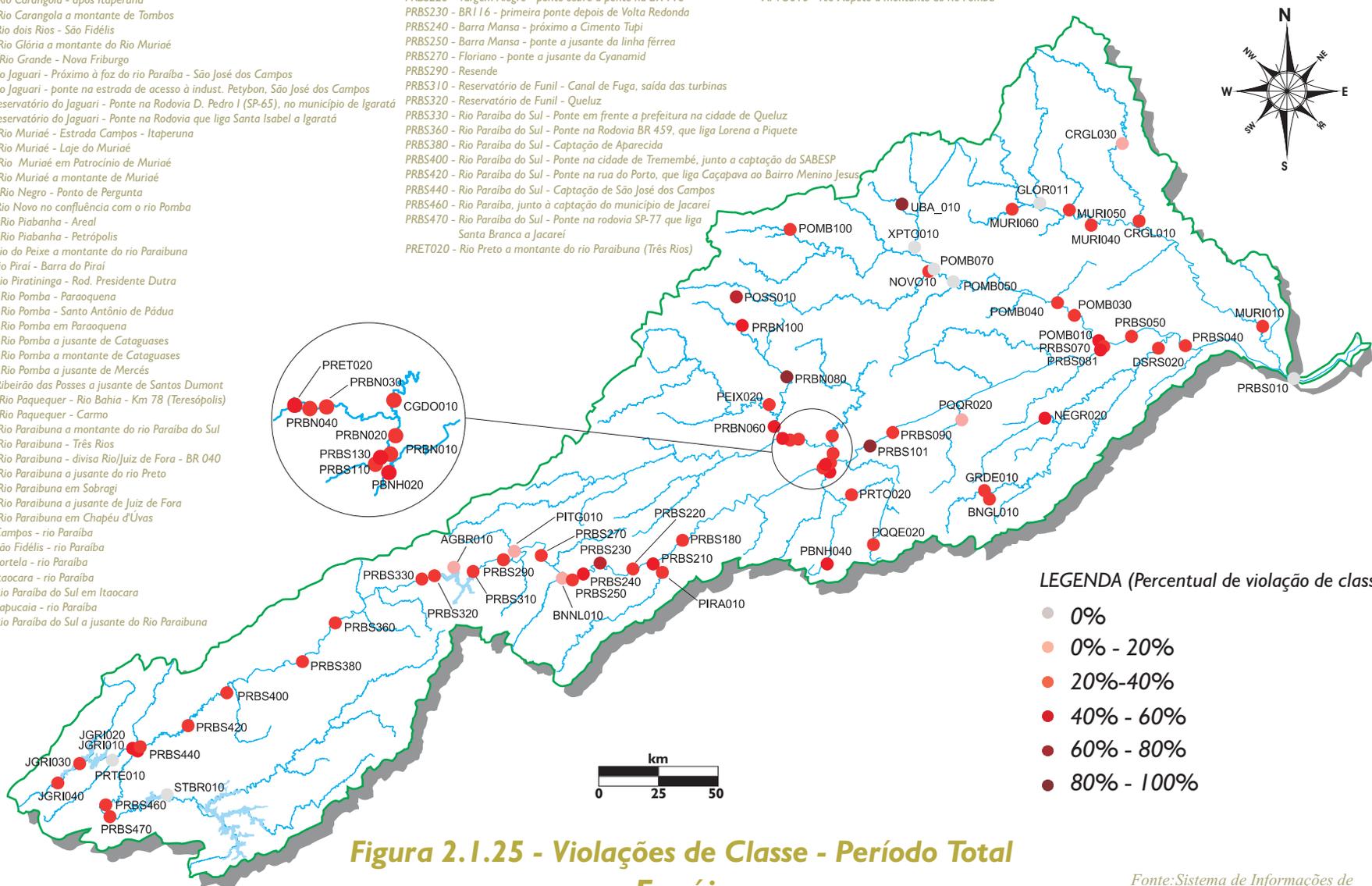
Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul

## Código da Estação - Localização da Estação

AGBR010 - Córrego Água Branca - Itaíania - Nhangopi  
 BNGL010 - Rio Bengala - Conselheiro Paulino  
 BNNL010 - Rio Bananal - Barra Mansa  
 CGDO010 - Rio Cágado a montante do rio Paraíba  
 CRGL010 - Rio Carangola - após Itaperuna  
 CRGL030 - Rio Carangola a montante de Tombos  
 DRSR020 - Rio dois Rios - São Fidélis  
 GLO011 - Rio Glória a montante do Rio Muriaé  
 GRDE010 - Rio Grande - Nova Friburgo  
 JGRI010 - Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos  
 JGRI020 - Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos  
 JGRI030 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá  
 JGRI040 - Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá  
 MURIO10 - Rio Muriaé - Estrada Campos - Itaperuna  
 MURIO40 - Rio Muriaé - Laje do Muriaé  
 MURIO50 - Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé  
 MURIO60 - Rio Muriaé a montante de Muriaé  
 NEGR020 - Rio Negro - Ponto de Pergunta  
 NOVO10 - Rio Novo no confluência com o rio Pomba  
 PBNH020 - Rio Piabanha - Areal  
 PBNH040 - Rio Piabanha - Petrópolis  
 PEIX020 - Rio do Peixe a montante do rio Paraíba  
 PIRA010 - Rio Pirai - Barra do Pirai  
 PITG010 - Rio Piratinga - Rod. Presidente Dutra  
 POMB010 - Rio Pomba - Paraquena  
 POMB030 - Rio Pomba - Santo Antônio de Pádua  
 POMB040 - Rio Pomba em Paraquena  
 POMB050 - Rio Pomba a jusante de Cataguases  
 POMB070 - Rio Pomba a montante de Cataguases  
 POMB100 - Rio Pomba a jusante de Mercês  
 POSS010 - Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont  
 PQQE020 - Rio Paquequer - Rio Bahia - Km 78 (Teresópolis)  
 PQQR020 - Rio Paquequer - Carmo  
 PRBN010 - Rio Paraíba a montante do rio Paraíba do Sul  
 PRBN020 - Rio Paraíba - Três Rios  
 PRBN030 - Rio Paraíba - divisa Rio/Juiz de Fora - BR 040  
 PRBN040 - Rio Paraíba a jusante do rio Preto  
 PRBN060 - Rio Paraíba em Sobragi  
 PRBN080 - Rio Paraíba a jusante de Juiz de Fora  
 PRBN100 - Rio Paraíba em Chapéu d'Uvas  
 PRBS010 - Campos - rio Paraíba  
 PRBS040 - São Fidélis - rio Paraíba  
 PRBS050 - Portela - rio Paraíba  
 PRBS070 - Itaocara - rio Paraíba  
 PRBS081 - Rio Paraíba do Sul em Itaocara  
 PRBS090 - Sapucaia - rio Paraíba  
 PRBS101 - Rio Paraíba do Sul a jusante do Rio Paraíba

PRBS110 - Três Rios - rio Paraíba  
 PRBS130 - Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraíba  
 PRBS180 - Barra do Pirai - entrada para Vassouras  
 PRBS210 - Represa Santa Cecília - junto entrada bombeamento  
 PRBS220 - Vargem Alegre - ponto sobre a ponte na BR 116  
 PRBS230 - BR 116 - primeira ponte depois de Volta Redonda  
 PRBS240 - Barra Mansa - próximo a Cimento Tupi  
 PRBS250 - Barra Mansa - ponte a jusante da linha férrea  
 PRBS270 - Floriano - ponte a jusante da Cyanamid  
 PRBS290 - Resende  
 PRBS310 - Reservatório de Funil - Canal de Fuga, saída das turbinas  
 PRBS320 - Reservatório de Funil - Queluz  
 PRBS330 - Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz  
 PRBS360 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete  
 PRBS380 - Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida  
 PRBS400 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP  
 PRBS420 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus  
 PRBS440 - Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos  
 PRBS460 - Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí  
 PRBS470 - Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí  
 PRET020 - Rio Preto a montante do rio Paraíba (Três Rios)

PRTE010 - Rio Parateí, ponte na estrada de acesso ao reservatório Jaguari, próximo a cervejaria BRAHMA  
 PRT0020 - Rio Preto - Rio Bahia - Km 88,5 (Teresópolis)  
 STBR010 - Reservatório de Santa Branca, no meio do corpo central, na junção dos braços do Capivari e Paraíba.  
 UBA\_010 - Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá  
 XPT0010 - Rio Xopotó a montante do rio Pomba



**Figura 2.1.25 - Violações de Classe - Período Total Fenóis**

Fonte: Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul

## Índices de Violação de Classe

Para análise dos dados de qualidade da água, foi realizada uma estatística, para cada parâmetro e cada estação de amostragem, do percentual de amostras cujas concentrações violaram os padrões do CONAMA 020, considerando o enquadramento do rio, seja federal ou estadual, no local de cada estação (Figura 2.1.20).

Com o objetivo de conhecer os parâmetros que apresentam concentrações mais significativas em toda a bacia, foi calculada a média das violações de classe de todas as estações da bacia para cada parâmetro de qualidade da água. A classificação em ordem decrescente das médias obtidas para cada parâmetro é um indicativo dos constituintes mais críticos na bacia. As [Tabelas 2.1.32 e 2.1.33](#) apresentam essas classificações para o período total disponível e para o período de 1997 a 2001, respectivamente.

Comparando-se as [Tabelas 2.1.32 e 2.1.33](#), verifica-se um pequeno aumento no índice médio de violações de classe no período de 1997 a 2001. Por outro lado, a classificação se manteve praticamente a mesma nos dois períodos, apenas com inversão de ordem entre os parâmetros DBO e mercúrio e entre níquel e turbidez.

Nas [Figuras 2.1.21 a 2.1.25](#) são apresentados mapas que indicam as faixas de violação de classe dos cinco parâmetros com as maiores violações médias, para todas as estações de qualidade da água que possuem dados no período total disponível.

Além disso, a partir da classificação realizada foram selecionados quinze parâmetros para os quais foram calculadas as violações de classe em cada estação. Esses resultados são apresentados nas [Tabelas 2.1.34 a 2.1.40](#) para os principais rios estudados, considerando o período total de informações.

Para o outro período analisado, de 1997 a 2001, o cálculo das violações foi apenas realizado para as estações operadas pela CETESB, uma vez que os dados da FEAMA já se referem a este período e, portanto, já haviam sido calculados. A FEAMA possui poucas medições nesses anos, o que inviabiliza o cálculo dos índices de violação. A [Tabela 2.1.41](#) apresenta as violações de classe das estações situadas no rio Jaguari e no trecho paulista do rio Paraíba do Sul para o período de 1997 a 2001.

As diferenças entre os índices calculados para o período total disponível e para o período de 1997 a 2001, apresentadas na [Tabela 2.1.42](#), mostram que em algumas estações ocorreu aumento nas concentrações de certos parâmetros, resultando em deterioração da qualidade da água, que é representada pelos sinais negativos. Por outro lado, em outras estações ocorreu diminuição nas concentrações, resultando em melhoria da qualidade da água, representada pelos sinais positivos.

Portanto, os parâmetros OD, fenóis, coliformes fecais e coliformes totais apresentaram as maiores diferenças negativas, principalmente nas estações PRBS420 e PRBS380, o que representa aumento nas suas concentrações e, por conseguinte, incremento nas violações de classe para o período de 1997 a 2001. Essas estações localizam-se, respectivamente, nas cidades de Caçapava e Aparecida.

Por outro lado, os parâmetros cobre, níquel e zinco apresentaram as maiores diferenças positivas, o que representa diminuição nas suas concentrações e conseqüente redução nas violações de classe para o período de 1997 a 2001.

Os parâmetros sulfetos, chumbo, mercúrio e cádmio, apesar de mostrarem elevados índices de violações de classe, não foram apresentados nas [Tabelas 2.1.34 a 2.1.42](#) e nas [Figuras 2.1.21 a 2.1.25](#). Com relação aos sulfetos, medidos apenas pela FEAM no Estado de Minas Gerais, só foram feitas quatro medições por estação, o que prejudicou o cálculo dos índices.

Com relação aos parâmetros chumbo, mercúrio e cádmio, as análises indicam que os limites de classe do CONAMA 020 são inferiores ao limite de detecção dos métodos de análise da CETESB, o mesmo ocorrendo com a da FEEMA no caso do cádmio. Isto resulta em elevados índices de violação de classe, que certamente não representam a realidade.

### **Perfil de Qualidade da Água**

As informações disponíveis a respeito dos parâmetros DBO e fósforo total foram condensadas em gráficos que mostram perfis de concentrações médias, máximas e mínimas ao longo dos principais rios da bacia. Nesses gráficos também são apresentados os limites de classe de cada parâmetro. As [Figuras 2.1.26 a 2.1.35](#) apresentam os perfis de qualidade de DBO e fósforo total nos rios Paraíba do Sul, Paraibuna, Piabanha, Pomba e Muriaé.

Além dos perfis, são apresentadas ao longo das análises dos parâmetros de qualidade da água (item 2.1.2.6) as concentrações médias e máximas do rio Paraíba do Sul e dos principais afluentes estudados.

### **Evolução Temporal**

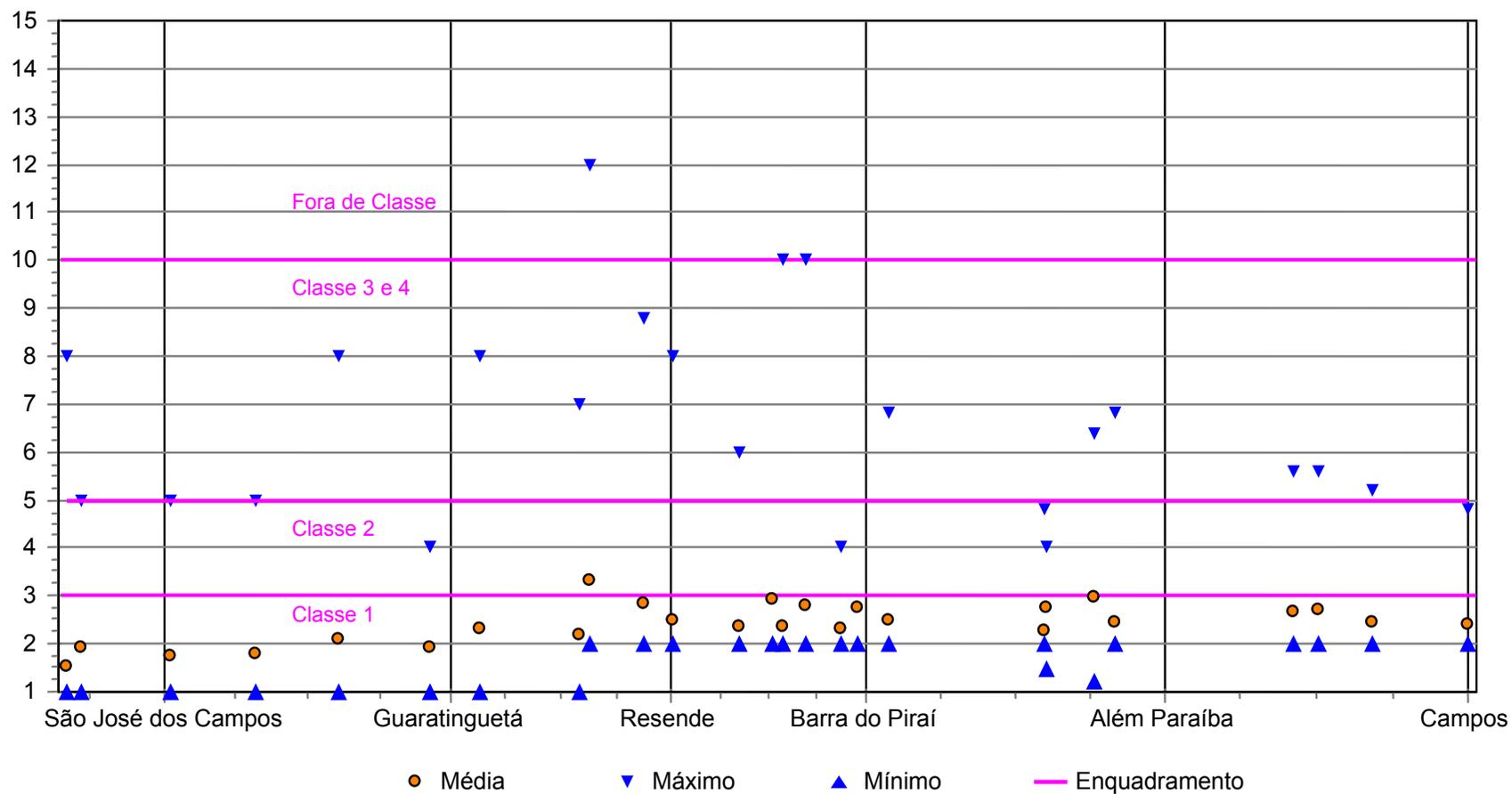
Como parte dos estudos, também foi analisada a evolução temporal das medições de alguns parâmetros de qualidade da água de estações situadas a jusante das cidades de São José dos Campos, Juiz de Fora e Volta Redonda. Os gráficos indicando a evolução temporal de cada estação são apresentados no próximo item, ao longo das análises realizadas.

#### **2.1.2.5 Análise dos Parâmetros de Qualidade da Água**

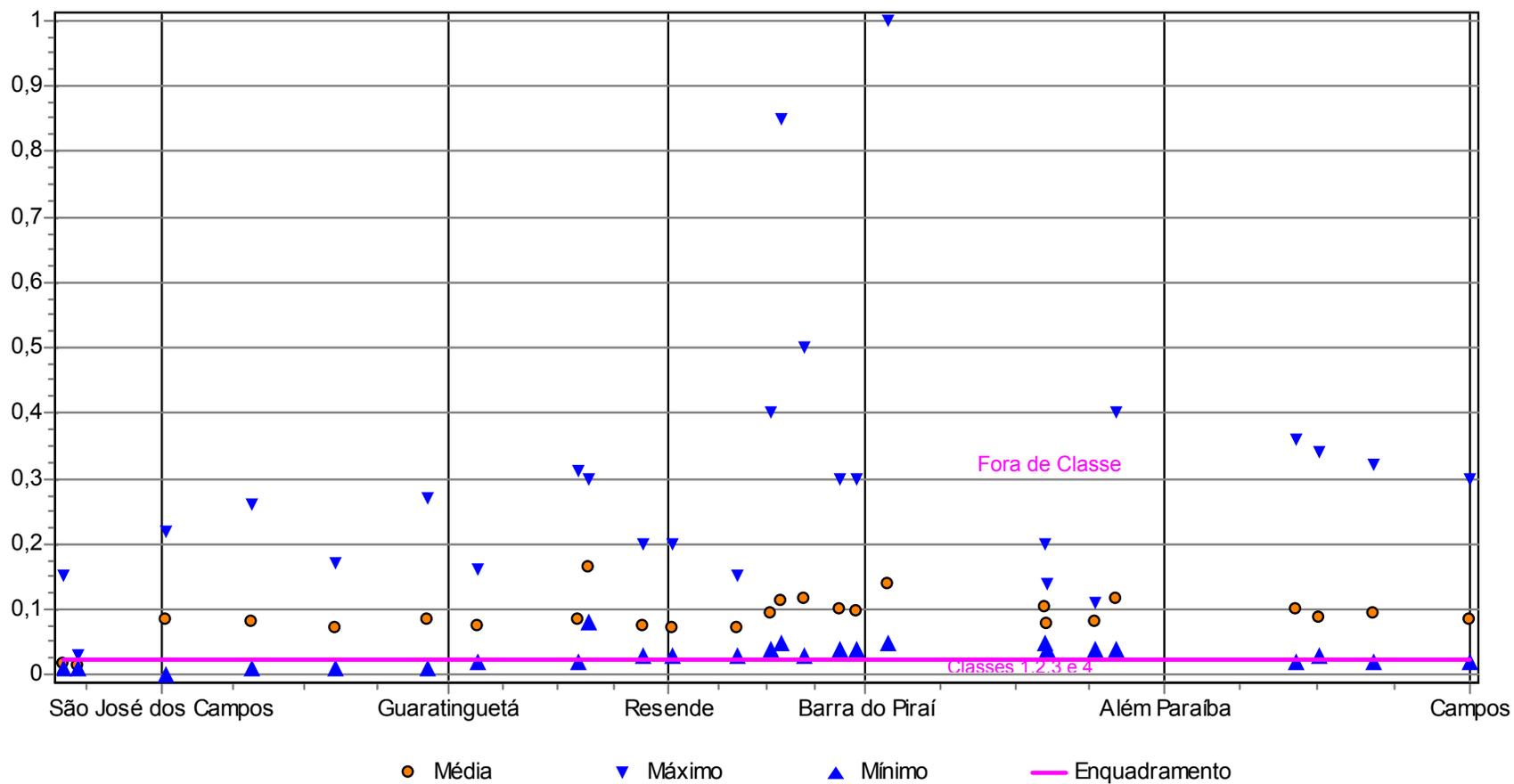
Considerando os usos atuais na bacia, foi realizada uma análise focalizando isoladamente cada constituinte monitorado, descrevendo suas principais características, avaliando suas concentrações em relação aos padrões do CONAMA e procurando justificar os resultados encontrados. Nessa análise foram utilizados os gráficos de evolução temporal e de perfil de qualidade da água, bem como as estatísticas determinadas anteriormente. A análise de cada parâmetro é apresentada na seqüência do texto.

#### **pH**

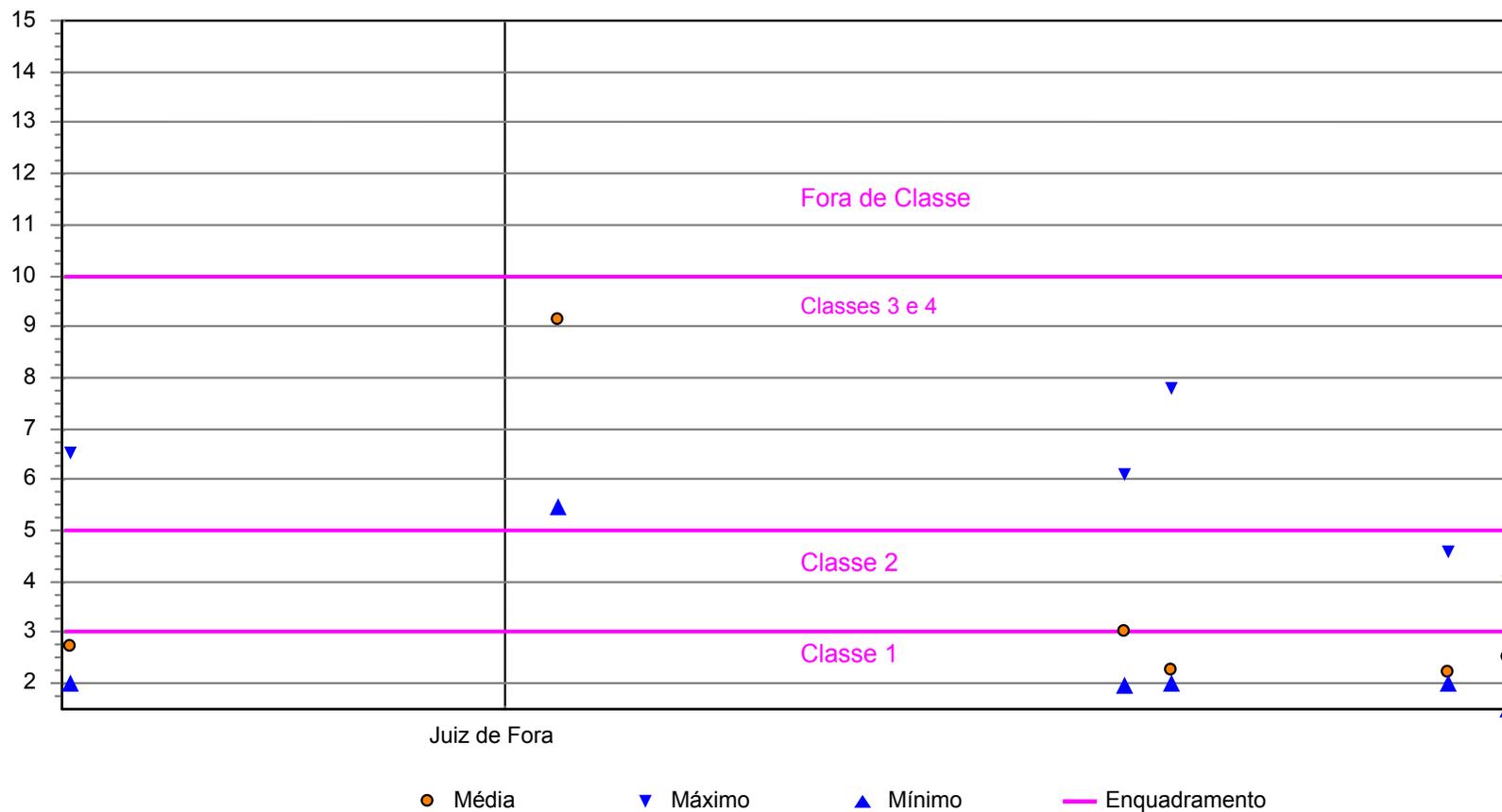
O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  (em escala antilogarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH varia na faixa de 0 a 14, e valores muito baixos indicam condições ácidas do meio, o que constitui um indicador de processos de decomposição de matéria orgânica, corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento. Valores de pH em torno de 7 indicam neutralidade e valores muito



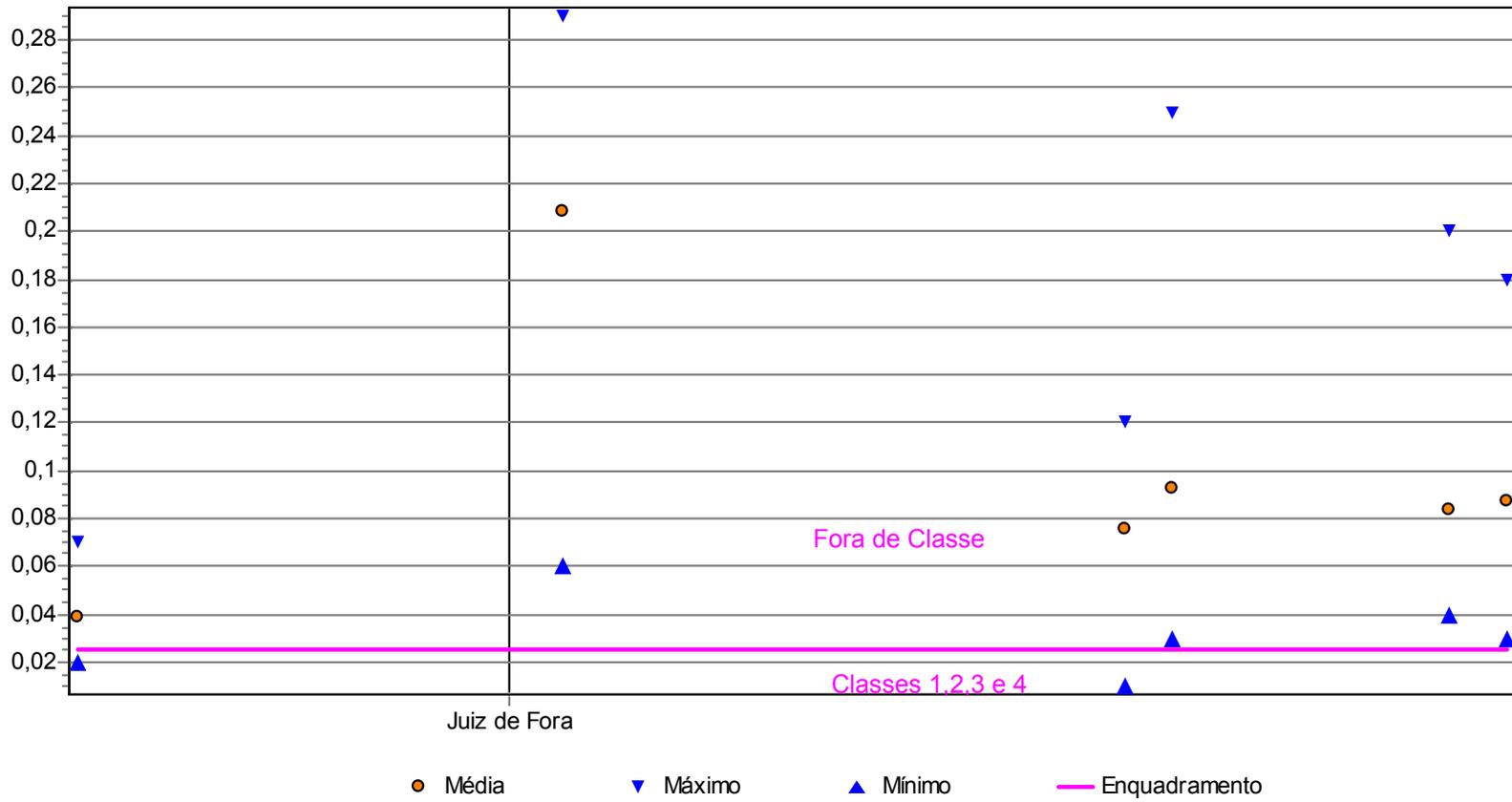
**Figura 2.1.26 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul**  
**DBO (mg/l)**



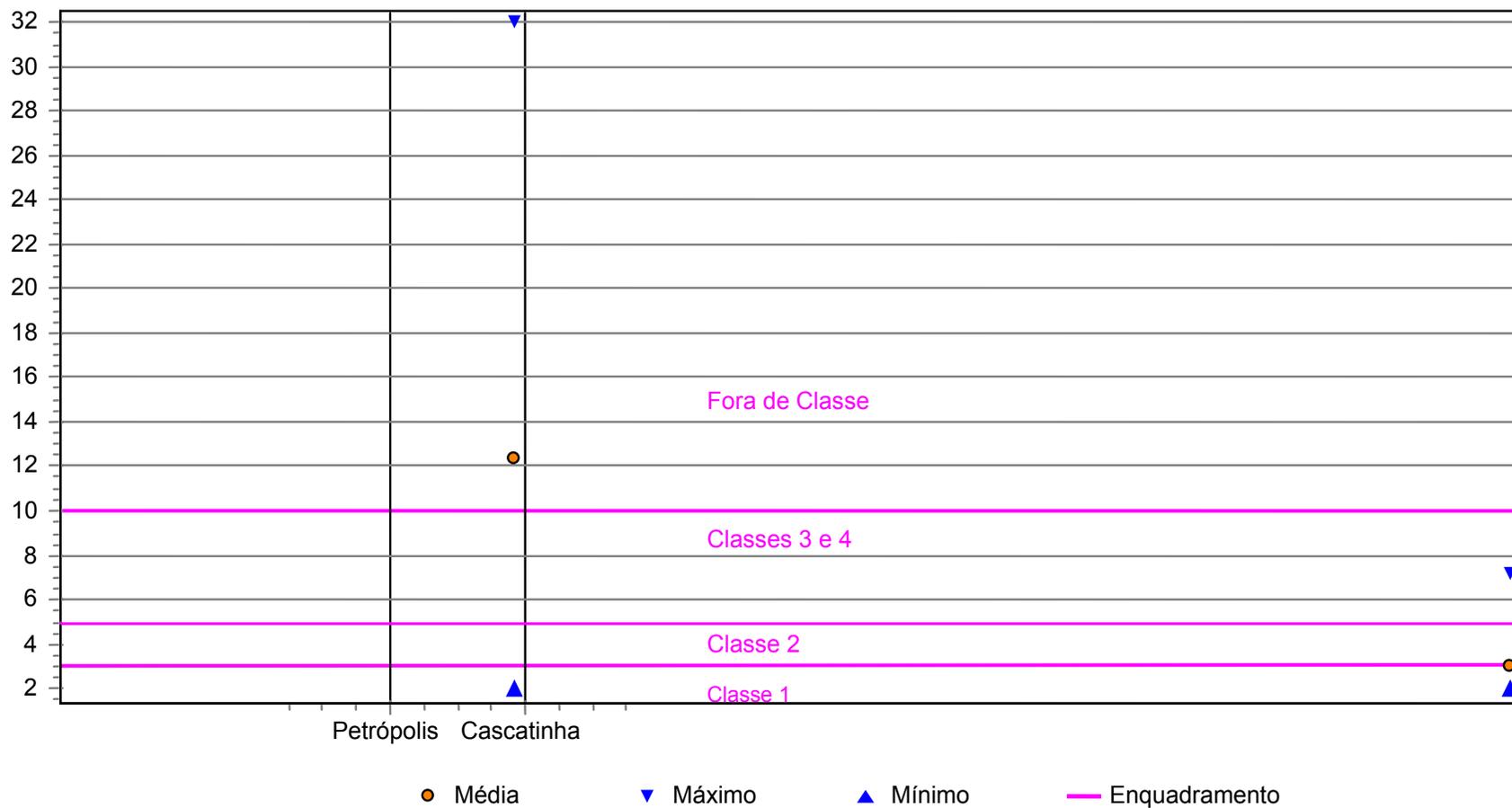
**Figura 2.1.27 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul  
Fósforo Total (mg/l)**



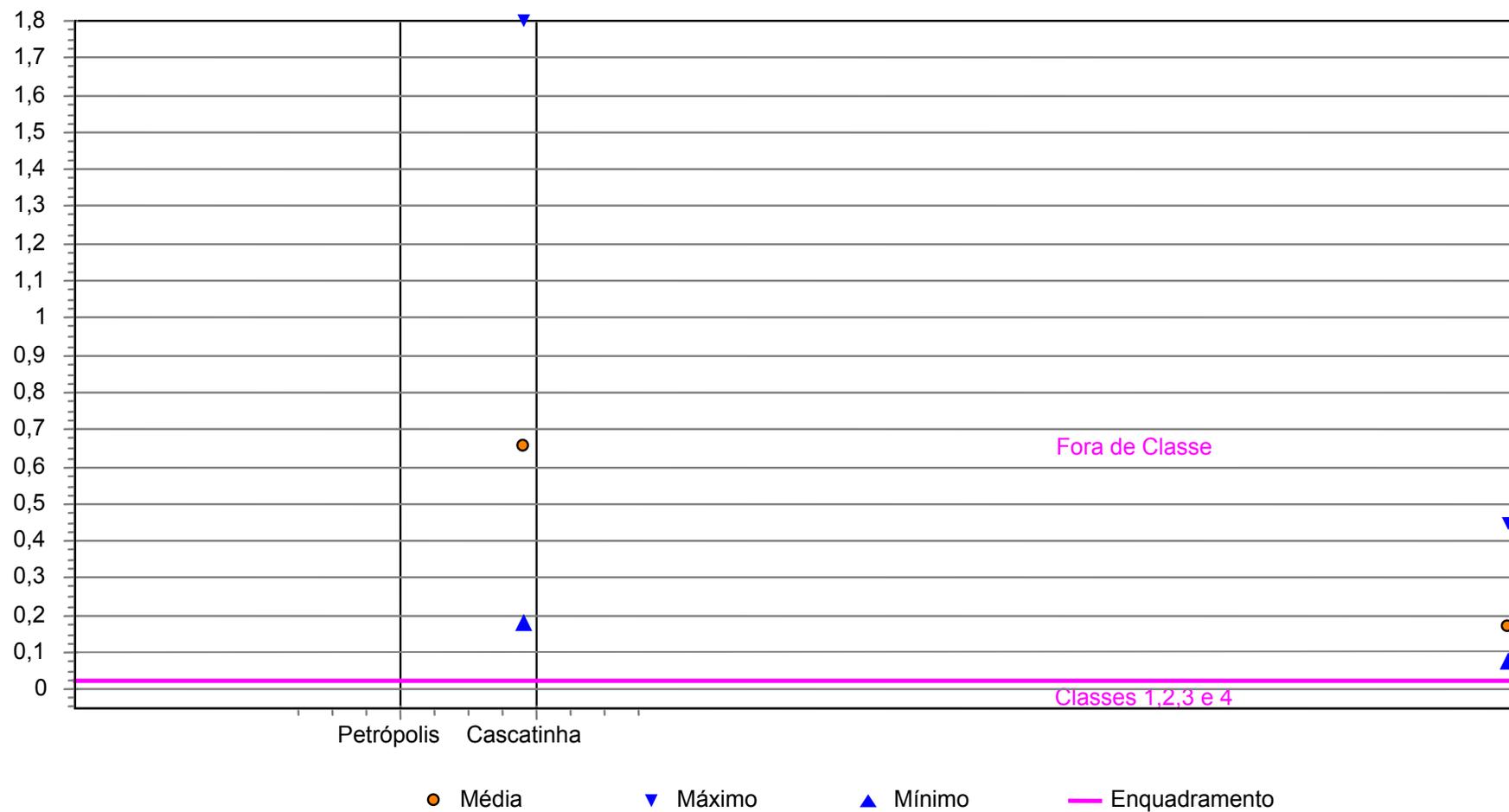
**Figura 2.1.28 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Paraibuna  
DBO (mg/l)**



**Figura 2.1.29 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul**  
**Fósforo Total (mg/l)**



**Figura 2.1.30 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Piabanha  
DBO (mg/l)**



**Figura 2.1.31 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Piabanha**  
**Fósforo Total (mg/l)**

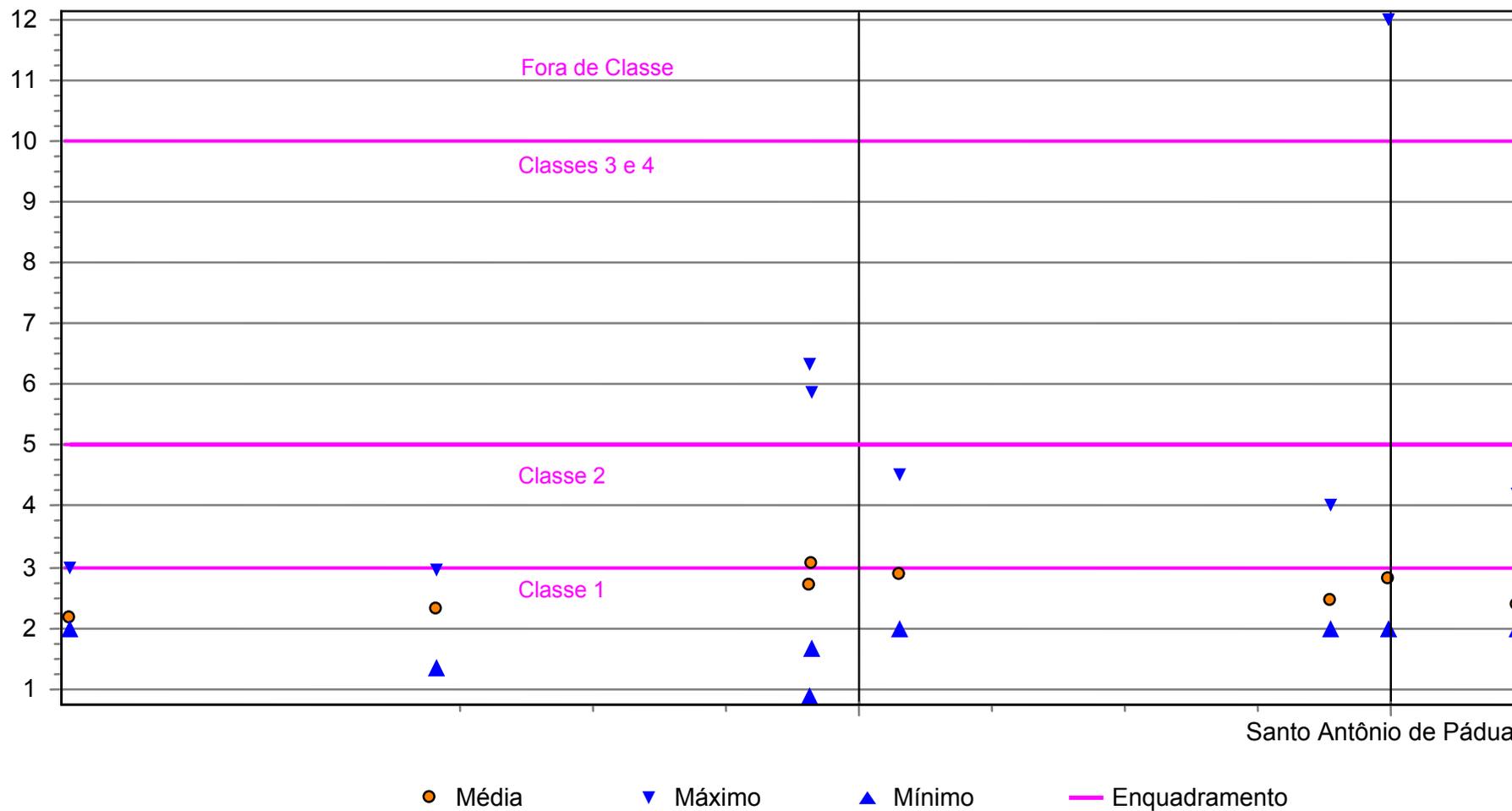


Figura 2.1.32 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Pomba  
DBO (mg/l)

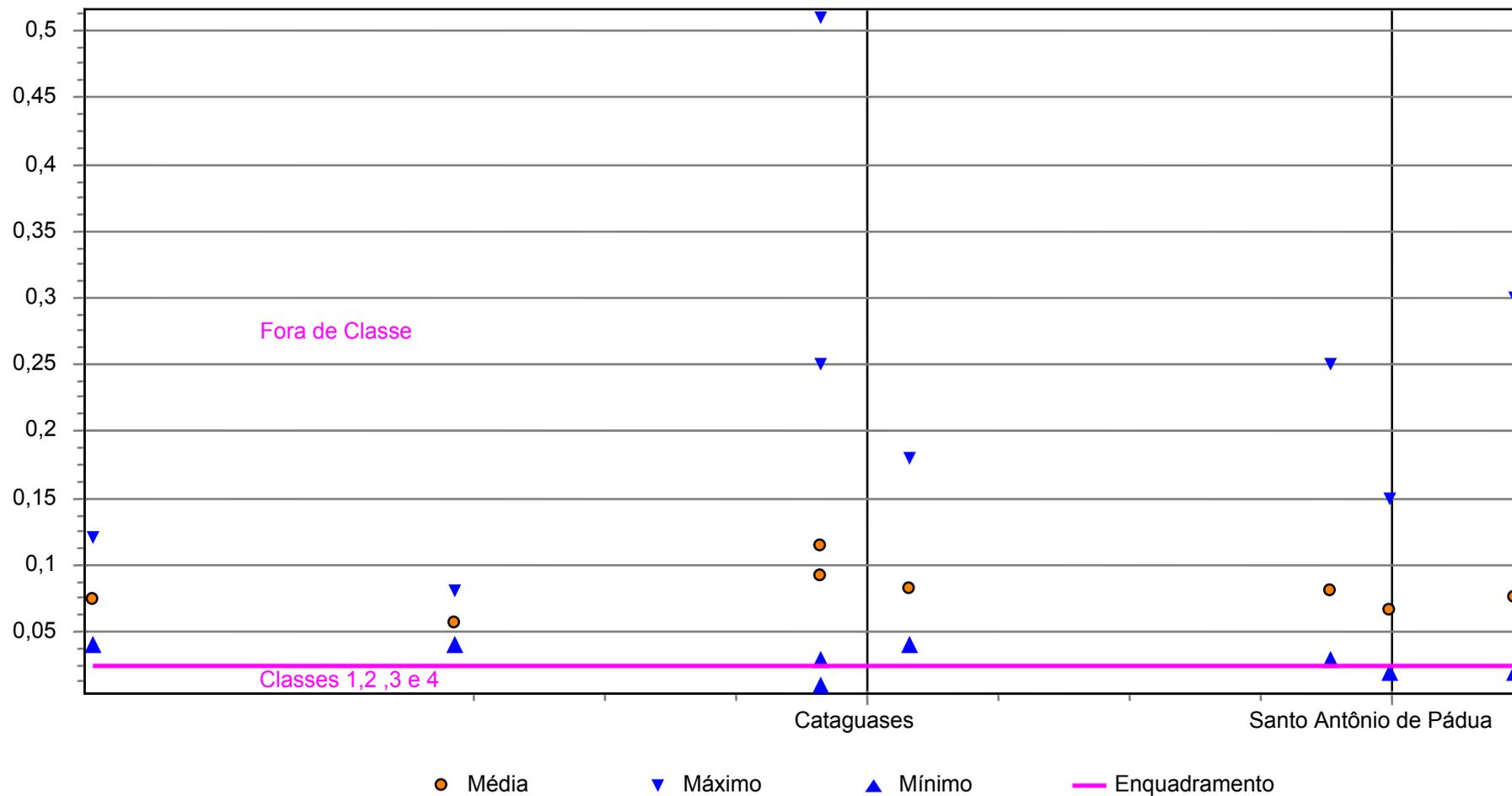


Figura 2.1.33 – Perfil de Qualidade da Água do Rio Pomba  
Fósforo Total (mg/l)

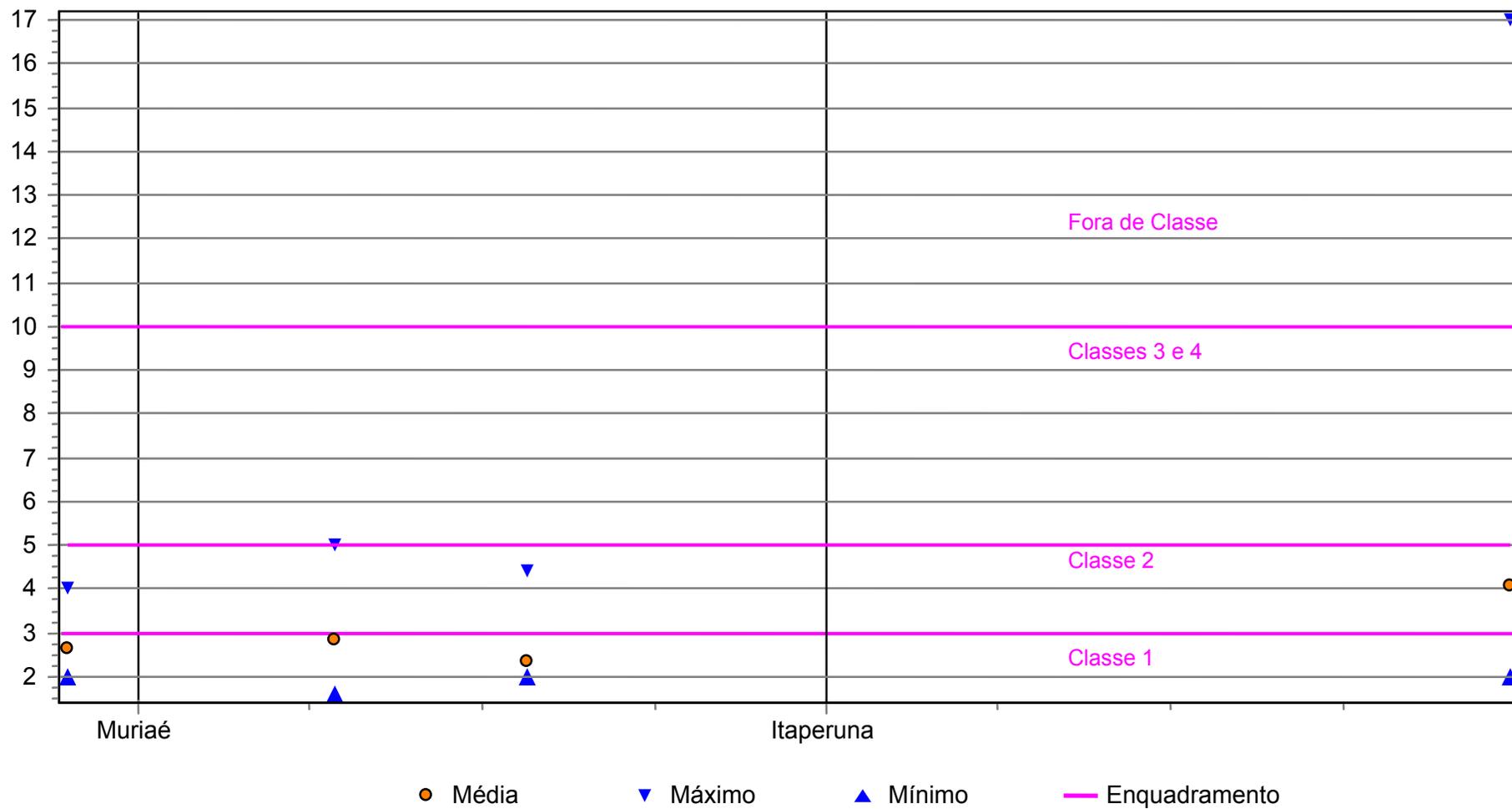


Figura 2.1.34 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Muriaé  
DBO ( mg/l )

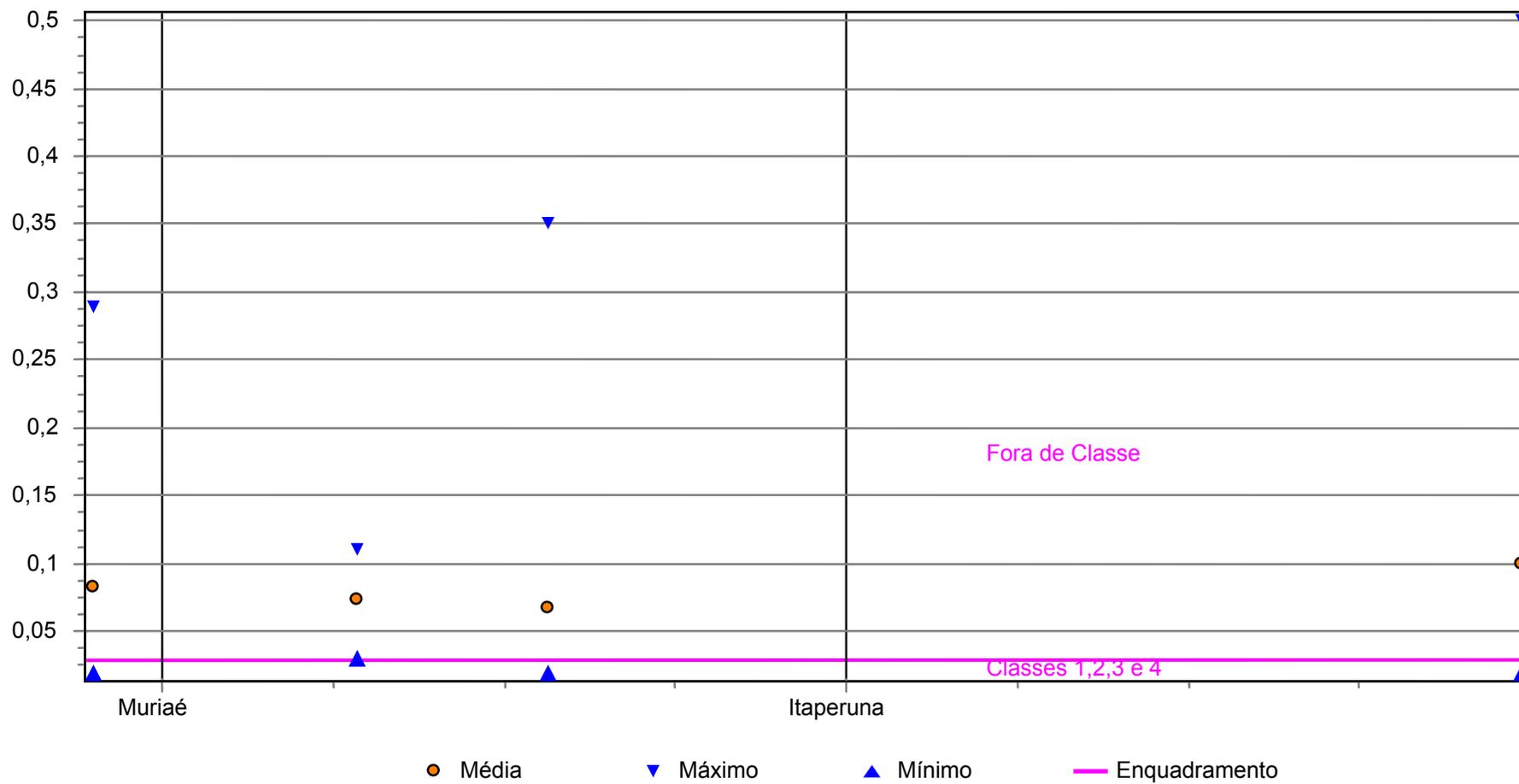


Figura 2.1.35 - Perfil de Qualidade da Água do Rio Muriaé  
Fósforo Total (mg/l)

altos, condições básicas e alcalinas, possibilitando incrustações nas águas de abastecimento.

O padrão do CONAMA para todas as classes é  $6 < \text{pH} < 9$ .

O rio Paraíba do Sul apresenta pequenas violações em algumas estações dos trechos paulista e fluminense. O maior índice relativo ao limite inferior do pH ocorre na estação PRBS380, localizada na captação para abastecimento de água do município de Aparecida, com violação de apenas 3%. Com relação ao limite superior, o maior índice é de 1,6%, na estação situada em Caçapava.

No caso dos afluentes, foram observados índices de violação de classe do limite inferior do pH na bacia dos rios Pomba, Paraibuna, Água Branca, Piratininga, Preto, Bananal e Piraí. Apesar de apresentarem índices pouco mais elevados que os do rio Paraíba do Sul, os valores encontrados são relativos a violações em um número reduzido de amostras.

### **Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência à passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Os sólidos em suspensão, em grande parte formados por argila, silte, partículas de despejos domésticos e industriais e processos erosivos, são os constituintes responsáveis pela turbidez. Em ambientes lênticos a turbidez reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.

O CONAMA prevê o limite de 40 UNT para Classe 1 e 100 UNT para Classes 2 e 3.

No trecho paulista da bacia foram verificadas violações de classe de até 14% na estação situada em Queluz, a montante do reservatório de Funil. Já no trecho fluminense, o maior valor encontrado foi de 10%, na estação localizada em Sapucaia.

Nos afluentes as condições de turbidez são mais favoráveis, com pequenas violações de classe apenas nos rios Paraibuna, Pomba e Jaguari, com índices de até 9%, 10% e 8% respectivamente. O quadro a seguir apresenta os valores médios e máximos ao longo desses rios e do Paraíba do Sul.

<b>Curso de Água</b>	<b>Turbidez média (UNT)</b>	<b>Turbidez máxima (UNT)</b>
Paraíba do Sul	25	300
Jaguari	17	170
Paraibuna	20	165
Pomba	23	182

### **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Oxigênio Dissolvido (OD)**

Com o desenvolvimento urbano e industrial de toda a bacia do Paraíba do Sul, houve um comprometimento da qualidade da água por despejos que contêm grande quantidade de matéria orgânica, haja vista a ausência quase completa de tratamento de esgotos.

A matéria orgânica proveniente desses despejos sofre, no curso de água, um processo natural de degradação que inclui a diluição, neutralização e a estabilização

bioquímica. Esse processo ocorre por meio da oxidação dos compostos orgânicos por ações microbiológicas, processos físicos e químicos, com depleções nos níveis de oxigênio dissolvido na água.

Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias consomem oxigênio nos seus processos respiratórios, causando uma redução de sua concentração no meio, com conseqüências que dependem da magnitude do fenômeno: pode haver mortandade de peixes e de outros organismos aeróbios e, caso o oxigênio seja totalmente consumido, ocorrem condições anaeróbias, com geração de odor, ocasionado pela liberação de gases derivados de processos de oxirredução.

Por isso, o oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas ocasionada por despejos orgânicos.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) estima os níveis de oxigênio consumidos na oxidação biológica da matéria orgânica presente no sistema aquático, sendo importante método de avaliação indireta da carga orgânica poluidora à qual está sujeito tal ambiente.

Já a demanda química de oxigênio (DQO) estima o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica obtida por meio de um forte oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido. Na DQO são oxidadas tanto a fração biodegradável quanto a fração inerte do despejo.

A resolução do CONAMA estabelece o limite máximo para DBO de 3 mg/l para Classe 1, de 5,0 mg/l para Classe 2 e de 10mg/l para Classe 3. Para a DQO a referida legislação não prevê limites. Para o oxigênio dissolvido, o limite mínimo admissível na Classe 1 é de 6 mg/l, na Classe 2, de 5,0 mg/l, na Classe 3, de 4 mg/l e na Classe 4, de 2 mg/l.

A DQO, que expressa indiretamente o teor de matéria orgânica na água, apresentou os seguintes valores médios e máximos para alguns trechos do Paraíba do Sul.

Trecho	DQO Média (mg/l)	DQO Máxima (mg/l)
Conf. Paraibuna e Paraitinga – Funil	13,3	70
Funil – Santa Cecília	14,0	80
Santa Cecília - Foz	15,2	110

No rio Paraíba do Sul ocorreram violações de classe do parâmetro DBO ao longo de praticamente todo o estirão, sendo que os maiores índices correspondem ao reservatório de Funil em Queluz (15,4%) e a jusante da confluência com os rios Paraibuna e Piabanha (14,8%). Não foram identificadas variações sazonais bem-definidas de DBO.

A jusante de Volta Redonda, na estação PRBS230, foram observados índices de violação de classe de 7%, com níveis médios de 2,8 mg/l para um valor máximo de 10 mg/l.

Cumprе ressaltar que os valores encontrados referem-se ao período total de dados, podendo ocorrer um aumento significativo, se a análise for realizada apenas para os períodos de estiagem.

O quadro a seguir apresenta os níveis médios e máximos de DBO ao longo de alguns trechos do Rio Paraíba.

Trecho	DBO Média (mg/l)	DBO Máxima (mg/l)
Conf. Paraibuna e Paraitinga – Funil	2,1	12,0
Funil – Santa Cecília	2,6	30,0
Santa Cecília - Foz	2,6	6,8

Por esse quadro observa-se que a maior concentração de DBO medida no rio Paraíba do Sul encontra-se no trecho entre Funil e Santa Cecília. Esse valor máximo foi observado na estação PRBS250, situada na cidade de Barra Mansa, a jusante da linha férrea, sendo, dessa forma, influenciada pelos efluentes domésticos e industriais da cidade.

Com relação ao OD e DBO, os maiores índices de violação de classe no rio Jaguari, afluente do Paraíba no trecho paulista, foram verificados na estação JGRI040, situada nas proximidades da cidade de Santa Isabel, com valores de 11% para DBO e 26% para oxigênio dissolvido.

Com relação ao trecho paulista do rio Paraíba do Sul, foram verificados elevados índices de violação de classe de OD nas estações situadas entre as cidades de São José dos Campos e Lorena, onde são observadas violações de até 65% e concentração média de 6,1 mg/l. Na estação situada a jusante da cidade de São José dos Campos verifica-se diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido ao longo do tempo, conforme apresenta a [Figura 2.1.36](#).

Verifica-se uma certa incompatibilidade entre as concentrações de OD e DBO no trecho paulista entre São José dos Campos e Lorena. Nesse trecho existe um deficit de OD e não foram observados aumentos na concentração de DBO.

No trecho fluminense, a estação que possui concentrações mais baixas de OD e maiores índices de violação de classe (até 23%) situa-se logo a jusante da usina de Funil, recebendo água do reservatório. Dependendo das condições de qualidade da água do reservatório, influenciada pela temperatura, nível de água e profundidade da vazão turbinada, a água liberada sai com déficit de OD elevado. Nesses casos, a reaeração provocada pela turbulência no canal de fuga e no pequeno trecho até as duas cidades não é capaz de elevar os teores de OD a valores aceitáveis.

A jusante da cidade de Resende o rio Paraíba do Sul apresenta boas condições de oxigenação de suas águas, a despeito dos despejos orgânicos que recebe, devido à sua excelente capacidade de autodepuração, fruto do escoamento geralmente turbulento em todo o estirão. O maior índice de violação de classe nesse trecho é de 10%, havendo a menor concentração (0,6 mg/L) ocorrido em Barra Mansa, próximo a indústria de Cimentos Tupi. A concentração média do trecho entre Funil e a foz é de 7,3 mg/l.

Já no caso dos afluentes a situação é preocupante. O rio Paraibuna só apresenta condições adequadas à Classe 2 na estação de Chapéu d'Uvas, em suas cabeceiras. Entretanto, as estações de jusante apresentam elevadas concentrações de DBO e baixas de OD, principalmente na estação a jusante de Juiz de Fora (PRBN080), onde todas as amostras revelaram oxigênio dissolvido abaixo e DBO acima do limite de



Classe 2. A [Figura 2.1.37](#) apresenta a evolução temporal do oxigênio dissolvido nessa estação.

Situação semelhante ocorre com os rios Piabanha e Bengala (afluente do rio Grande), em função dos lançamentos de esgotos das cidades de Petrópolis e Nova Friburgo, respectivamente. As estações de Petrópolis e Conselheiro Paulino são críticas do ponto de vista de OD e DBO devido às baixas vazões naturais para diluição dos efluentes lançados, e apresentam índices de violação de classe para OD de 66% e 82% e para DBO de 86% e 80%, respectivamente.

No caso do Piabanha a autodepuração permite que o rio consiga recuperar o teor de oxigênio dissolvido antes de lançar-se no Paraíba do Sul, mesmo com a DBO apresentando concentrações ainda elevadas para a Classe 2. Já o rio Dois Rios, formado pelos rios Grande e Negro, apresenta, na confluência com o Paraíba do Sul, boas condições, tanto de OD como de DBO.

Os afluentes Pomba e Muriaé apresentam níveis de demanda bioquímica de oxigênio menores e de oxigênio maiores do que os rios Paraíba e Piabanha, ocorrendo pequenas violações de padrão apenas em algumas estações. A exceção são os postos situados na bacia do rio Xopotó, afluente do rio Pomba, cujas águas apresentaram déficit de oxigênio e aumento de DBO, consequência do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento das cidades de Ubá e Visconde do Rio Branco.

O quadro a seguir apresenta os valores médios, máximos e mínimos de DBO e OD dos afluentes estudados.

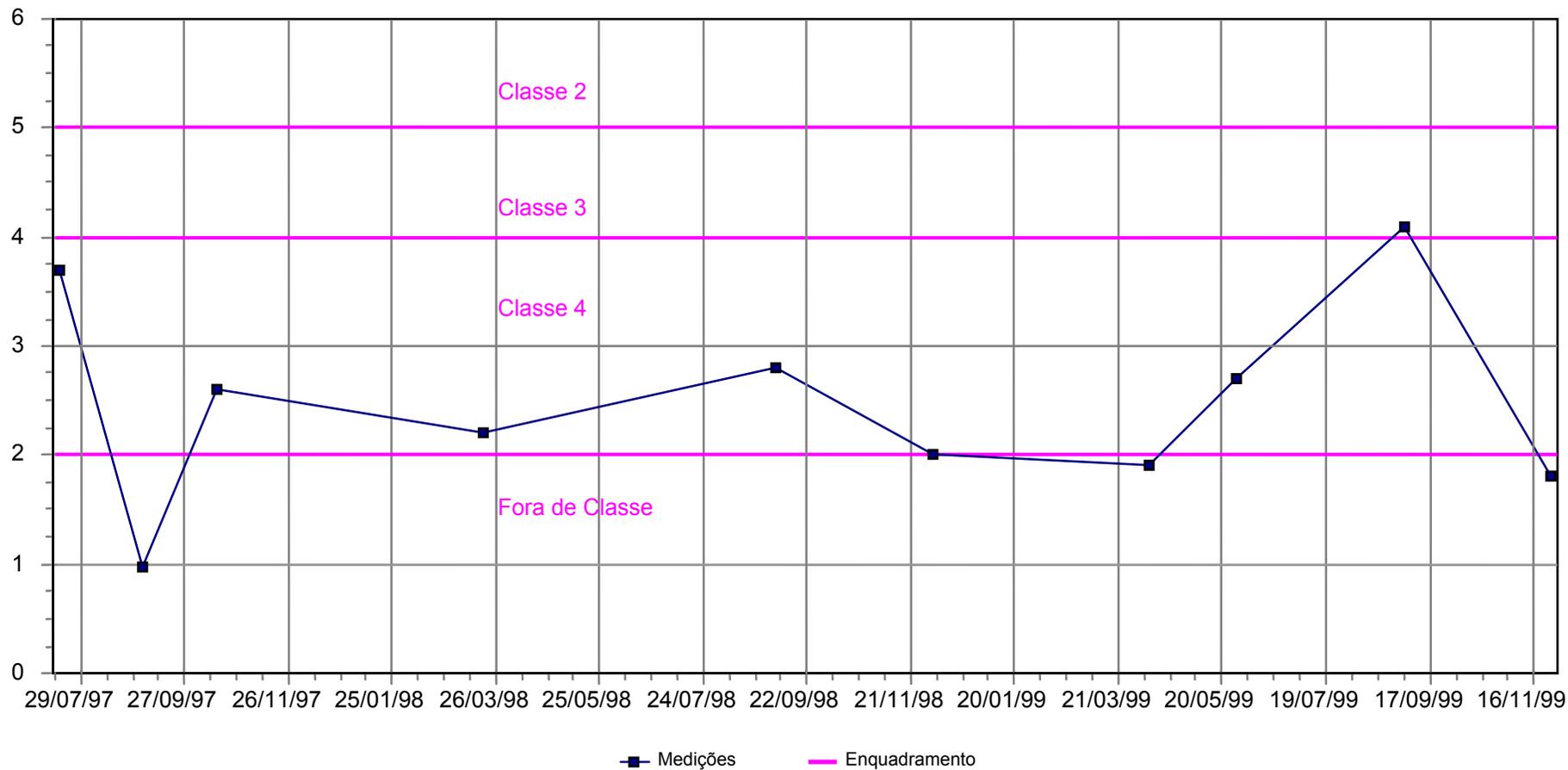
Curso de Água	DBO Média (mg/l)	DBO Máxima (mg/l)	OD Médio (mg/l)	OD Mínimo (mg/l)
Jaguari	1,7	13,0	6,4	0,6
Piabanha	7,7	32,0	5,9	0,6
Paraibuna	3,6	18,0	7,1	0,98
Dois Rios	4,3	20,0	7,1	2,0
Pomba	3,0	17,0	7,3	2,4
Muriaé	2,5	12,0	7,7	5,2

### Sólidos em Suspensão e Dissolvidos totais

Uma das características de um corpo de água com influência de cargas poluidoras é o aumento do material em suspensão. As consequências decorrentes do incremento desse material na água dependerão da sua natureza e quantidade.

As principais fontes de sólidos nos cursos de água estão relacionadas com os despejos domésticos e industriais. Os processos erosivos e o desmatamento de áreas periféricas são também significativos para o aumento da carga sólida.

A fração dos resíduos de grande importância para avaliação da qualidade da água é a não filtrável, conhecida como sólidos em suspensão, pois, por seu intermédio, pode-se avaliar o nível de comprometimento pela poluição. Pode-se, além disso, avaliar a capacidade do sistema de assimilar determinadas cargas, comparando-se, por exemplo, vários pontos de coleta. Segundo a CETESB (1978), o conhecimento dessa fração é tão importante para o controle da poluição quanto o conhecimento da DBO. O quadro a seguir apresenta os valores médios e máximos de sólidos em suspensão de diversos trechos do Paraíba do Sul e seus principais afluentes.



**Figura 2.1.37 - Série Temporal de Medições de OD (mg/l)  
Estação PRBN 080 - Rio Paraibuna a Jusante de Juiz de Fora**

Curso de Água	Sólidos em Suspensão Médios (mg/l)	Sólidos em Suspensão Médios Máximos (mg/l)
Paraíba do Sul (Sta. Branca – Funil)	38	720
Paraíba do Sul (Funil – Santa Cecília)	17	110
Paraíba do Sul (Santa Cecília – Foz)	25	170
Jaguari	27	320
Piabanha	36	280
Paraibuna	24	112
Dois Rios	34	180
Pomba	26	209
Muriaé	16	110

A fração filtrável, conhecida como sólidos dissolvidos, influencia diretamente na cor e no sabor da água. De acordo com os níveis de sólidos dissolvidos estabelecidos pelo CONAMA (500 mg/l para todas as classes), o Paraíba do Sul não pode ser considerado comprometido, uma vez que as concentrações observadas em todo o trecho apresentam valores inferiores, de 70,7 mg/l em média. Foram verificadas pequenas violações de classe nas estações situadas nas proximidades de Lorena, Resende e São Fidélis.

Dos afluentes, apenas o Pirai teve uma amostra com concentração superior a 500 mg/l, em virtude da localização do ponto de coleta, nas proximidades dos lançamentos de esgoto da cidade de Barra do Pirai. O quadro a seguir apresenta os valores médios e máximos de sólidos dissolvidos totais de alguns trechos do Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

Curso de Água	Sólidos Dissolvidos Totais Médios (mg/l)	Sólidos Dissolvidos Totais Máximos (mg/l)
Paraíba do Sul (Sta. Branca – Funil)	67,8	504
Paraíba do Sul (Funil – Santa Cecília)	75,1	700
Paraíba do Sul (Santa Cecília – Foz)	69,3	600
Jaguari	46,9	296
Piabanha	111,5	300
Paraibuna	48,0	190
Dois Rios	74,8	170
Pomba	50,8	380
Muriaé	59,2	360

O estabelecimento definitivo das conseqüências dos resíduos sólidos num corpo de água é de difícil previsão, e somente o monitoramento contínuo pode avaliar com maior precisão o seu papel num sistema aquático.

### Compostos Fosfatados

O fósforo tem importância fundamental na proliferação de microalgas, podendo, assim, atuar como fator limitante da produtividade de sistemas aquáticos.

Esgotos domésticos e determinados despejos industriais, além da água da chuva que carrega material da área da bacia de drenagem de cursos de água, são importantes fontes de fosfatos, em suas várias formas, para reservatórios e rios.

Devido à complexidade de seu ciclo, não é possível estabelecer limites definitivos para os fosfatos de modo a evitar problemas relacionados aos processos de eutrofização.

Lagos relativamente protegidos de contaminações possuem concentrações entre 0,01 mg/l e 0,03 mg/l de fósforo total (BRANCO, 1977).

Esses valores podem, no entanto, ser suficientes para ocasionar condições eutróficas em alguns sistemas, dependendo de outros parâmetros da água, como composição do material em suspensão, concentração de nitrogênio e outros.

Considerando o monitoramento disponível, pode-se comprovar a importância dos compostos fosfatados entre os parâmetros mais críticos, que apresentam concentração média na bacia superior a 0,10 mg/l. Entre as maiores violações de classe na bacia, [Tabela 2.1.32](#), o fósforo total aparece em segundo lugar.

No rio Paraíba do Sul, a maioria das estações analisadas apresenta comprometimento dos níveis de fósforo, com praticamente todos os resultados acima do recomendado, de 0,025 mg/l para as classes 1, 2 e 3 do CONAMA. A concentração média observada em todo o rio foi de 0,0873 mg/l, muito elevada, tendo sido medidas concentrações de até 1 mg/l na estação de Barra do Piraí (entrada para Vassouras). Esses níveis provavelmente se relacionam aos despejos domésticos e industriais lançados sem tratamento no rio Paraíba do Sul. As melhores condições de fósforo total são observadas a montante da cidade de Jacareí.

Também foram verificadas nas estações do Paraíba do Sul concentrações elevadas de fósforo dissolvido, com média geral de 0,038 mg/l, de acordo com o monitoramento da FEEMA. Essa fração pode ser prontamente incorporada pelos organismos aquáticos, proporcionando um aumento exponencial da proliferação de algas, e, em vista disso, ocasionar reduções nos níveis de oxigênio dissolvido, desde que ocorram outras condições favoráveis, como, por exemplo, a existência de sistemas lênticos.

Dessa forma, os reservatórios existentes e a serem construídos podem ou poderão estar comprometidos pelo aporte excessivo de nutrientes, caso os despejos orgânicos não sejam reduzidos. Outro problema associado aos altos teores de fósforo é o crescimento excessivo de algas nas estações de tratamento de água.

Os afluentes Paraibuna, Piabanha e Bengala, mais afetados pelos lançamentos de esgotos devido às menores vazões, apresentam situação ainda pior, em que 100% das amostras de fósforo total violam os padrões da Classe 2 nas estações a jusante de Juiz de Fora, Petrópolis e Nova Friburgo.

Os afluentes Pomba e Muriaé apresentam concentrações médias de fosfato total pouco menores que no rio Paraíba do Sul, mas o percentual de amostras com violação do padrão da Classe 2 é, igualmente, elevado.

O índice médio de violação de classe, considerando todas as estações, é de 90,3%, o segundo maior valor encontrado para toda bacia. O quadro a seguir apresenta os valores médios e máximos de fósforo total de diversos trechos do Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

Curso de Água	Fósforo Total Médio (mg/l)	Fósforo Total Máximo (mg/l)
Paraíba do Sul (Sta. Branca – Funil)	0,0751	0,31
Paraíba do Sul (Funil – Santa Cecília)	0,0918	0,85
Paraíba do Sul (Santa Cecília – Foz)	0,0951	1,00
Jaguari	0,0354	0,34
Piabanha	0,4117	1,80
Paraibuna	0,1002	0,29
Dois Rios	0,2082	1,00
Pomba	0,0783	0,30
Muriaé	0,0812	0,50

Pelo quadro acima, verifica-se que todos os valores médios de fósforo total referentes aos rios estudados estão acima do padrão CONAMA, com valor máximo de 1,8 mg/l no rio Piabanha, na estação situada nas proximidades dos lançamentos de esgotos da cidade de Petrópolis.

### Coliformes Totais e Fecais

A presença do grupo coliforme constitui um dos fatores mais importantes para a avaliação da qualidade da água, sendo o principal indicador de contaminação por esgotos domésticos.

As bactérias pertencentes ao grupo coliforme, apesar de não serem patogênicas, podem indicar a presença de organismos patogênicos, se forem conhecidos os padrões epidemiológicos locais. Das bactérias intestinais, a representante mais importante e freqüente é a *Escherichia coli*, unicamente de origem fecal, além de outros organismos patogênicos, como protozoários e vermes em geral. Sua utilização vai além da determinação de focos de poluição orgânica, sendo bastante útil na avaliação da capacidade de autodepuração de corpos de água.

O CONAMA determina, para Classe 1, níveis máximos de 200 N/100ml, para Classe 2, níveis de 1.000N/100ml e para Classe 3, níveis de 4.000 N/100ml. Para os coliformes totais os limites são 1.000 N/100ml, 5.000 N/100ml e 20.000 N/100ml para as Classes 1, 2, e 3, respectivamente.

O monitoramento disponível denuncia uma situação crítica de concentrações de coliformes nas águas do Paraíba do Sul e seus afluentes, com níveis muito acima dos permitidos pelo CONAMA. Todas as estações apresentaram percentuais altos de violação dos padrões, principalmente para os coliformes fecais, com índice médio de violação em toda a bacia de 78%. No caso dos coliformes totais esse valor é de 59%.

Nos afluentes, mesmo as estações próximas da foz apresentaram concentrações altas de coliformes fecais, indicando sua incapacidade de absorver a carga lançada. Em termos comparativos, entretanto, o rio Paraíba do Sul apresenta situação ambiental menos comprometida. O quadro a seguir mostra os valores médios e máximos de coliformes fecais do Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

Curso de Água	Coliformes Fecais Médios (N/100ml)	Coliformes Fecais Máximos (N/100ml)
Paraíba do Sul (Sta. Branca – Funil)	1334	8.000.000
Paraíba do Sul (Funil – Santa Cecília)	2783	1.600.000
Paraíba do Sul (Santa Cecília – Foz)	2553	1.600.000
Jaguari	5077	1.600.000
Piabanha	6771	16.000.000
Paraibuna	3381	240.000
Dois Rios	9274	800.000
Pomba	5467	300.000
Muriaé	5037	300.000

### Compostos Nitrogenados

Os compostos nitrogenados são componentes celulares fundamentais. Por isso, sistemas aquáticos, onde suas concentrações são elevadas, propiciam condições para proliferações excessivas de organismos fotossintetizantes, com todas as implicações negativas que esse processo pode acarretar, principalmente considerando sua utilização para abastecimento público.

Águas que recebem esgotos, em geral, apresentam grandes quantidades desses compostos, principalmente amônia e nitritos, que podem ser indicador de poluição orgânica recente, dada sua rápida oxidação em sistemas com grande disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Além disso, a lavagem dos solos da bacia de drenagem pelas águas das chuvas e os despejos industriais carregam grandes quantidades de nitrogênio para os corpos de água, contribuindo para o incremento desses compostos nos sistemas aquáticos.

As principais formas de compostos nitrogenados de interesse para controle de poluição de sistemas aquáticos são a amônia, o nitrato e o nitrogênio orgânico. Segundo o *Water Quality Criteria* (1968), por ser a amônia substância bastante poluidora, seus níveis máximos recomendados são de 0,5 mg/l, sendo o ideal abaixo de 0,01 mg/l. A amônia ocorre naturalmente nas águas naturais e residuárias, provenientes da transformação de compostos orgânicos nitrogenados e da redução química do nitrato em condições anaeróbias (CETESB-1978).

Para o nitrato o limite recomendado é de 10 mg/l, o mesmo estabelecido pelo CONAMA para as Classes 1, 2 e 3. Segundo BRANCO (1977), águas de represas e lagos, contendo concentrações acima de 0,3 mg/l de nitrato, já são potencialmente suficientes para causar proliferações excessivas de algas. Em condições aeróbias, altos níveis de nitrato podem indicar alta taxa de oxidação da amônia e nitrogênio orgânico, significando, assim, poluição mais antiga.

O nitrogênio orgânico tem sua importância na avaliação da capacidade do sistema em permitir proliferações de microorganismos e, como a amônia, é indicador de poluição recente. Essa fração corresponde ao nitrogênio organicamente ligado, fazendo parte de substâncias, tais como proteínas, uréia, ácidos nucléicos e substâncias orgânicas sintéticas. Não existem limites definidos para essa fração, porém, segundo a CETESB (1978), nas águas naturais ocorrem em concentrações de 10 ug/l ou menos e em águas residuárias, em concentrações acima de 10 mg/l.

No rio Paraíba do Sul, o monitoramento disponível revelou que os compostos nitrogenados não apresentaram níveis que superassem o máximo recomendado pelo CONAMA. Os valores médios de nitrito, nitrato e amônia no rio Paraíba do Sul são respectivamente 0,018mg/l, 0,49mg/l e 0,102mg/l.

### **Substâncias Tóxicas**

A poluição química causada pelo lançamento de despejos industriais e outras fontes não pontuais constitui uma das mais graves formas de contaminação dos sistemas aquáticos. Presentes em sistemas não alterados, em concentrações muito pequenas, algumas dessas substâncias fazem parte dos organismos e do meio ambiente, porém, em concentrações mais elevadas, geram graves problemas associados à bioacumulação, além de efeitos fisiológicos adversos na fauna aquática e, inclusive, no homem. Destacam-se como substâncias mais tóxicas os metais pesados, fenóis e o benzo(a)pireno.

### **Metais Pesados**

- **Mercúrio**

A presença de mercúrio no meio ambiente ocorre devido a sua utilização na indústria, na agricultura e na extração de ouro. Verifica-se sua aplicação em diversas atividades industriais, tais como produção de soda cáustica, produtos farmacêuticos, pinturas, defensivos agrícolas e explosivos, entre outras, constituindo-se assim, num componente freqüente de vários resíduos industriais comuns na região.

Diversas são as formas de mercúrio encontradas nos rios. Sabe-se, no entanto, que os compostos orgânicos na forma alquil são os mais tóxicos, principalmente o metil mercúrio, sendo necessárias pequenas concentrações para manifestação dos efeitos prejudiciais sobre o homem e a biota aquática.

O CONAMA prevê para as Classes 1 e 2 o limite máximo para o mercúrio de 0,0002 mg/l. Para Classe 3 o limite é de 0,002mg/l.

No trecho paulista do rio Paraíba do Sul verificam-se as maiores violações de classe de mercúrio, ocorrendo índices de até 35% na estação situada na ponte que liga Lorena a Piquete. Entretanto, esses valores devem ser tomados com certo cuidado, uma vez que as concentrações mínimas observadas, correspondentes aos limites de detecção dos métodos de análise, são variáveis ao longo do tempo. De 1985 até novembro de 1996, esse limite era de <0,0001mg/l, passando para <0,0002mg/l até agosto de 2000, e daí em diante, para <0,001mg/l, valor superior ao limite do CONAMA para a Classe 2. Dessa forma, sempre ocorrerão violações de classe nos dados posteriores a agosto de 2000.

O mesmo não ocorre nas estações operadas pela FEEMA e pela FEAM, cujos limites de detecção são respectivamente 0,0001 e 0,0002.

No trecho fluminense foram observadas pequenas violações de classe em praticamente todo o estirão, sendo que as maiores ocorrem na estação situada em Floriano, a jusante da indústria Cyanamid, e em Três Rios, com valores de 11,4% e 13,6%, respectivamente. O valor médio de mercúrio no trecho fluminense é de 0,00015mg/l, e o máximo medido foi de 0,0016mg/l.

Com relação aos afluentes, a situação é semelhante à do Paraíba do Sul, ocorrendo pequenas violações no rio Piabanha, na bacia do rio Dois Rios e nos trechos finais do Paraibuna, Pomba e Muriaé.

- **Chumbo**

O elemento chumbo é amplamente utilizado na indústria, sendo o consumo mundial estimado em 3.969.000 t em 1976. Seu principal uso é verificado na indústria de baterias, aditivos para combustíveis, soldas, etc.

Na água, ocorre em diversos estados de oxidação, provavelmente complexado com ligantes orgânicos na forma solúvel, coloidal ou particulada.

O chumbo não é elemento essencial para os organismos, sendo acumulado metabolicamente pelo homem, peixes, plâncton e macrófitas aquáticas. O chumbo inibe a fotossíntese, a síntese de ATP (adenosina trifosfato) e de algumas proteínas estruturais.

O CONAMA estabelece o limite de 0,03 mg/l de chumbo para as Classes 1 e 2. Para Classe 3 o limite é de 0,05 mg/l.

No trecho paulista da bacia foram observados índices elevados de violação de classe de chumbo em todas as estações operadas pela CETESB. Esses altos índices ocorrem em função dos limites de detecção dos métodos de análise, variáveis ao longo do tempo, e muitas vezes superiores ao limite do CONAMA. A faixa dos valores de limite de detecção encontrados varia entre 0,02 mg/l a 0,1 mg/l. Dessa forma, a análise desse trecho ficou prejudicada, e os resultados devem ser utilizados com muita cautela. Para exemplificar, a [Figura 2.1.38](#) apresenta a evolução temporal do chumbo na estação situada em São José dos Campos (PRBS440).

O mesmo não ocorre com os limites de detecção utilizados pela FEEMA e FEAM, inferiores ao limite do CONAMA.

Com relação ao trecho fluminense, foram observadas pequenas violações de classe ao longo de praticamente todo o Paraíba do Sul, com índices de até 9% de violação na estação situada em Portela. O valor médio de chumbo, ao longo do trecho, é de 0,021 mg/l.

Nos afluentes ocorrem pequenas violações de classe na bacia do rio Piabanha, nos trechos finais dos rios Pomba e Paraibuna e no rio Muriaé, a jusante de Laje do Muriaé. A maior violação de classe ocorre na estação localizada no rio Pomba em Paraoquena, que apresenta índice de violação de 24%.

- **Cádmio**

O elemento cádmio, devido à sua instabilidade nos compostos orgânicos, é predominantemente encontrado na forma inorgânica. Industrialmente, é utilizado na fabricação de tintas, tubos para televisores e plásticos, no processo de galvanoplastia e na produção de fertilizantes.

Apresenta alto potencial tóxico, mesmo em concentrações relativamente baixas, para numerosos organismos, possuindo efeito cumulativo. Adicionalmente à sua toxidez, foram observados, também, efeitos carcinogênicos, genéticos e teratogênicos em



animais. Na água, o cádmio é encontrado, principalmente, nos sedimentos de fundo e nas partículas em suspensão.

O limite estabelecido pelo CONAMA para as Classes 1 e 2 é de 0,001 mg/l. Para a Classe 3 o limite é de 0,01 mg/l.

O cádmio aparece em quinto lugar dentre as maiores violações de classe na bacia ([Tabela 2.1.32](#)), com índice de 66,7%. Entretanto, assim como no caso do mercúrio e do chumbo, as análises foram prejudicadas em função dos limites de detecção dos métodos de análise, superiores ao limite do CONAMA.

No trecho paulista da bacia, as estações operadas pela CETESB apresentam limites de detecção variáveis ao longo do tempo, sendo que apenas o período entre julho de 1992 e julho de 1997 possui limite de 0,001mg/l, inferior ao padrão CONAMA.

Nas estações operadas pela FEEMA, situadas no trecho fluminense, a situação é ainda mais grave, uma vez que o limite de detecção é sempre superior ao do CONAMA, com valor de 0,002 mg/l. Esse caso é ilustrado na [Figura 2.1.39](#) para a estação situada a jusante de Volta Redonda (PRBS230).

As análises referentes ao parâmetro cádmio restringiram-se ao trecho mineiro da bacia, onde as estações operadas pela FEAM apresentam limites de detecção inferiores ao do CONAMA. Sendo assim, foram observadas violações de classe apenas no rio Paraibuna, onde o maior índice é de 67% na estação situada a jusante da cidade de Juiz de Fora.

#### • **Cobre**

O cobre é encontrado em sistemas aquáticos em pequenas quantidades. Foram detectadas concentrações no rio Amazonas de aproximadamente 0,0024 mg/l, não associadas a ações antropogênicas.

Na água, está presente, normalmente, em forma cúprica ( $\text{Cu}^{+2}$ ), complexado com carbonatos, cianetos, aminoácidos e outras substâncias químicas. Em sedimentos, apresenta-se depositado em forma de hidróxidos, fosfatos e sulfetos.

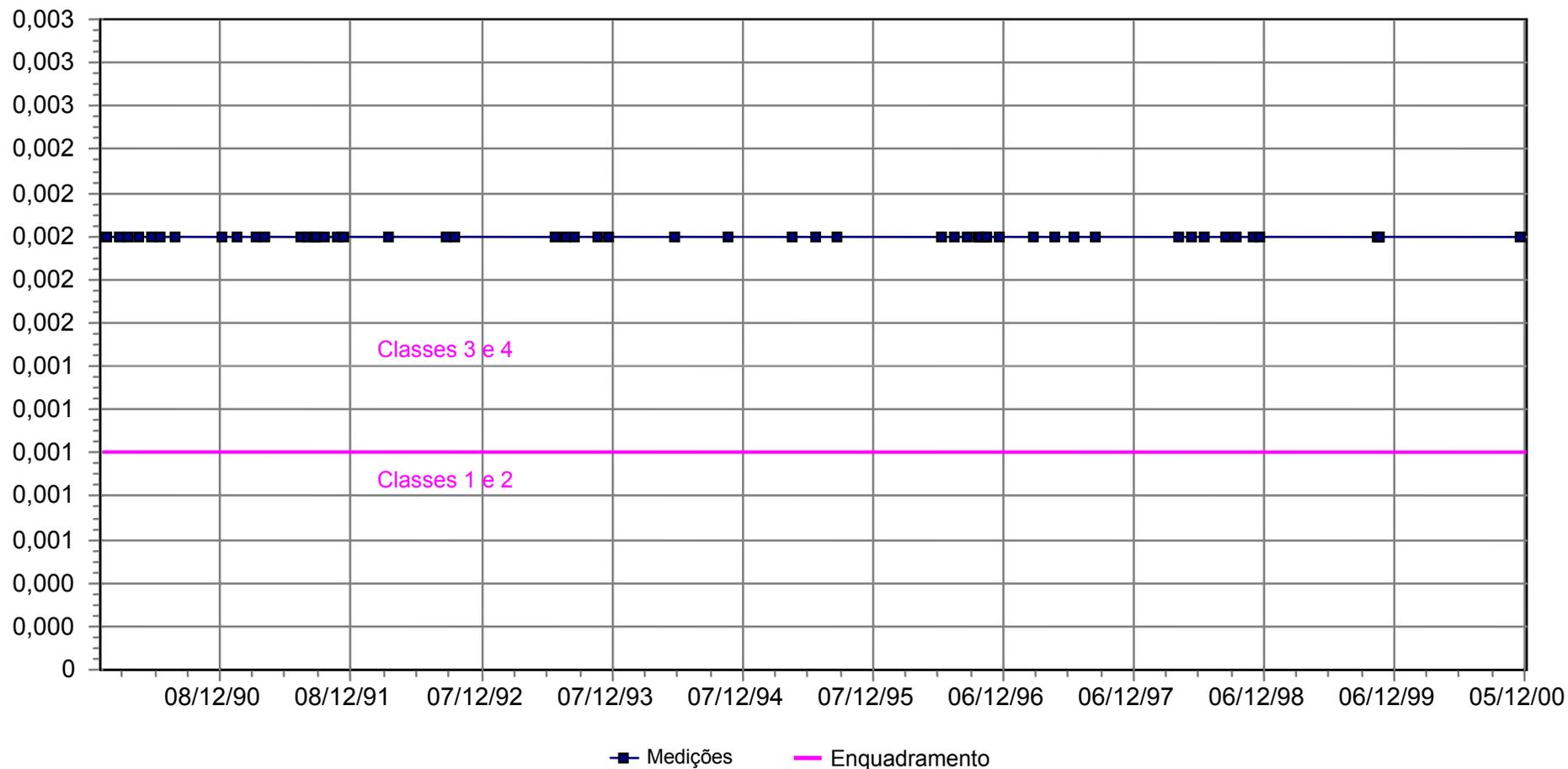
Na indústria é amplamente utilizado, principalmente na fabricação de fios elétricos e variedades de aço e numa série de ligas metálicas (bronze e latão, por exemplo).

É considerado elemento tóxico de efeito cumulativo como o chumbo, cádmio e mercúrio, sendo prejudicial a uma ampla variedade de espécies aquáticas, bactérias e peixes.

O padrão recomendado pelo CONAMA para Classes 1 e 2 é de 0,02 mg/l. Para Classe 3 o limite é de 0,5 mg/l.

No Paraíba do Sul foram verificadas pequenas violações de classe ao longo de praticamente todo o rio. O maior índice observado é o da estação situada a montante da confluência com o rio Paraibuna, com valor de 18%.

Com relação aos afluentes, também foram verificadas pequenas violações de classe, sendo os maiores índices encontrados no rio Paraibuna, com valores de 22% na estação a jusante de Juiz de Fora e 25% na estação localizada em Chapéu d'Uvas. O



**Figura 2.1.39 - Série Temporal de Medições de Cádmio (mg/l)  
Estação PRBS230 – Primeira Ponte a Jusante de Volta Redonda**

quadro a seguir apresenta os valores máximos e médios de cobre do rio Paraíba do Sul e principais afluentes.

Curso de Água	Cobre Médio (mg/l)	Cobre Máximo (mg/l)
Paraíba do Sul	0,0087	0,160
Jaguari	0,0097	0,040
Piabanha	0,0197	0,600
Paraibuna	0,0150	0,088
Dois Rios	0,0079	0,090
Pomba	0,0065	0,057
Muriaé	0,0075	0,090

#### • Manganês

O manganês, em águas, é proveniente da lixiviação de rochas e minerais ou de efluentes industriais. Suas principais aplicações estão na metalurgia, na preparação de aços especiais e na química fina para a preparação de compostos orgânicos. A preocupação no estabelecimento de limites para esse parâmetro está praticamente associada aos aspectos organolépticos, uma vez que não foram registrados efeitos tóxicos quando ingerido.

A resolução CONAMA prevê o limite para a Classes 1 e 2 de 0,1mg/l. Para a Classe 3 o limite é de 0,5 mg/l.

No trecho paulista do rio Paraíba do Sul foram observadas violações de classe em todo estirão, sendo que o maior valor encontrado foi de 40%, na estação situada a jusante da captação de Jacareí, e a menor violação (6%) foi verificada na estação localizada no reservatório de Funil. O valor médio no trecho é de 0,0981mg/l.

No trecho fluminense a maior violação de classe ocorre na estação situada em Sapucaia, com índice de 33%. A média de manganês, ao longo do trecho, é de 0,083mg/l.

Com relação aos afluentes, as melhores condições em relação ao manganês localizam-se nas regiões de montante dos rios Pomba e Muriaé e nas bacias dos rios Peixe e Preto, afluentes do Paraibuna, onde não ocorrem violações de classe. Nos demais trechos e bacias estudadas, principalmente a jusante das grandes cidades de Juiz de Fora, Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis, onde atravessam respectivamente os rios Paraibuna, Bengala, Paquequer e Piabanha, ocorrem índices de violação de classe elevados, da ordem de 100%, 64%, 73% e 58%. No quadro a seguir são apresentados os valores médios e máximos de manganês dos principais afluentes do Paraíba do Sul.

Curso de Água	Manganês Médio (mg/l)	Manganês Máximo (mg/l)
Jaguari	0,095	0,52
Piabanha	0,109	0,45
Paraibuna	0,116	0,40
Dois Rios	0,064	0,20
Pomba	0,052	0,20
Muriaé	0,057	0,45

Pelo quadro acima verifica-se que os valores médios dos rios Piabanha e Paraibuna estão acima do limite estabelecido pelo CONAMA para a Classe 2. A [Figura 2.1.40](#) apresenta a evolução temporal do manganês na estação PRBN080, situada no rio Paraibuna a jusante da cidade de Juiz de Fora.

- **Zinco e Cromo**

Esses metais, considerados de baixa toxidez, são oriundos de atividades industriais, basicamente de metalurgia e curtume. O padrão do CONAMA para as Classes 1 e 2 para o zinco é de 0,18 mg/l e para a Classe 3 é de 5 mg/l. O limite para as Classes 1, 2 e 3 do cromo hexavalente é 0,05mg e do cromo trivalente, 0,5 mg/l.

O monitoramento disponível mostra que não existem violações de classe de cromo em toda a bacia, apenas uma amostra de cromo hexavalente na estação PRTO020 situada no rio Preto, afluente do rio Piabanha.

Com relação ao zinco, no trecho paulista da bacia ocorrem pequenas violações de classe em praticamente em todo o estirão. Os maiores índices foram observados nas estações PRBS420 e PRBS440, situadas em São José dos Campos e Caçapava. A média no trecho é de 0,052 mg/l, valor muito inferior ao padrão do CONAMA.

No trecho fluminense, foram observadas pequenas violações nas estações situadas em Santa Cecília, Barra do Piraí, Itaocara, Portela e São Fidélis, sendo que o maior índice é de 6,1%, referente a violação em duas amostras da estação localizada em Santa Cecília. A média no trecho é de 0,027mg/l.

Nos afluentes foram observadas pequenas violações nos rios Paraibuna, Piabanha e Ubá, sendo que nesse último foram encontradas três amostras com violação de classe.

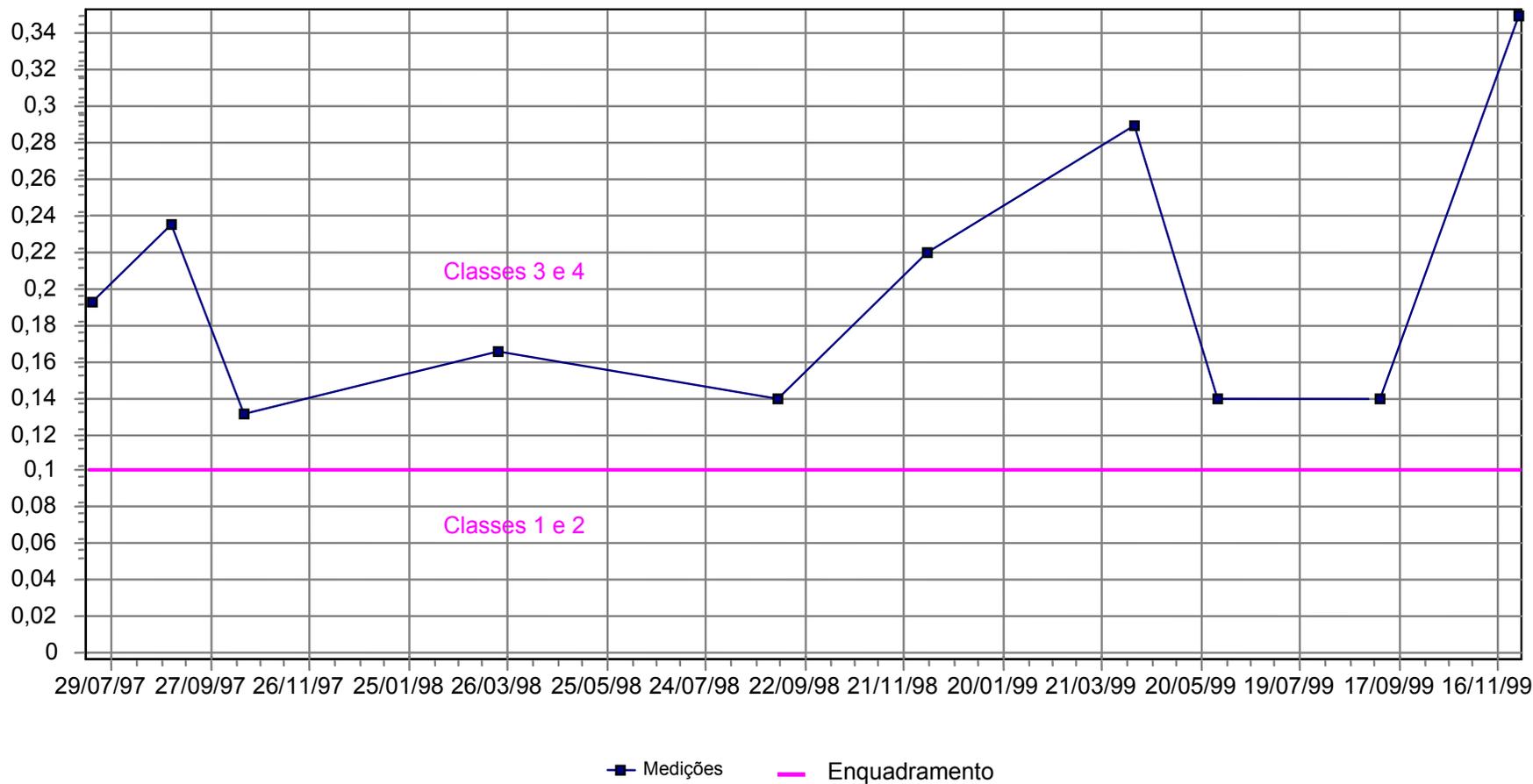
- **Alumínio**

O alumínio ocorre na superfície terrestre em uma combinação de silício e oxigênio, formando feldspatos e micas. É utilizado em processos de transferência de calor, partes de aviões, materiais de construção, etc. Concentrações superiores a 1,5 mg/l podem gerar toxicidade ao ambiente marinho. Nos seres humanos, o alumínio afeta a absorção de fósforo, causando fraqueza, doenças nos ossos e anorexia. O mal de Alzheimer também tem sido associado ao alumínio.

De acordo com a resolução CONAMA, o limite do alumínio para as Classes 1, 2 e 3 é de 0,1 mg/l.

A situação do alumínio é crítica, aparecendo em primeiro lugar dentre os maiores violadores de classe de toda a bacia ([Tabela 2.1.32](#)), com o índice médio de 98,9%.

O quadro a seguir apresenta os valores médios do trecho paulista do Paraíba do Sul e dos rios Paraibuna, Pomba e Muriaé, que possuem dados da CETESB e da FEAM. A FEEMA não disponibilizou os dados sobre alumínio para este estudo.



**Figura 2.1.40 - Série Temporal de Medições de Manganês**  
**Estação PRBN 080 - Rio Paraibuna a Jusante de Juiz de Fora**

Curso de Água	Alumínio Médio (mg/l)	Alumínio Máximo (mg/l)
Paraíba do Sul – trecho paulista	2,1	12,6
Jaguari	1,4	17,1
Paraibuna	2,0	10,2
Pomba	1,1	5,1
Muriaé	0,4	1,3

#### • Ferro

Geralmente, nas águas, o ferro solúvel está associado a bicarbonatos e cloretos. Sua presença não causa danos ao ser humano, porém, quando oxidado, acarreta sérios inconvenientes, com formação do precipitado, provocando manchas em sanitários e roupas e favorecendo o crescimento da bactéria do gênero *Chrenotrix*.

O ferro solúvel ocupa o oitavo lugar dentre os parâmetros com maiores violações de classe na bacia (Tabela 2.1.32). O limite do CONAMA para as Classes 1 e 2 é de 0,3 mg/l e para a Classe 3, 5,0 mg/l.

As análises de ferro solúvel do trecho paulista da bacia restringiram-se à estação localizada no reservatório de Funil, uma vez que a CETESB não realiza medições desse parâmetro. A violação de classe nesse local é de 36,8%, e a concentração média, de 0,34 mg/l, superior ao CONAMA. No trecho fluminense do Paraíba do Sul, ocorrem violações de classe com índices que variam de 9% a 44%, sendo o maior valor correspondente à estação localizada em Vargem Alegre.

Com relação aos afluentes, a situação é semelhante à do Paraíba do Sul, com índices de violação elevados. Os valores médios e máximos de ferro solúvel do trecho fluminense desse rio e de seus principais afluentes são apresentados a seguir.

Curso de Água	Ferro Solúvel Médio (mg/l)	Ferro Solúvel Máximo (mg/l)
Paraíba do Sul – trecho fluminense	0,20	2,00
Piabanha	0,29	1,40
Dois Rios	0,18	0,65
Paraibuna	0,37	1,93
Pomba	0,26	1,20
Muriaé	0,32	1,17

#### Fenóis

A presença de compostos fenólicos na água deve-se, principalmente, aos despejos industriais, à degradação microbiológica e à fotoquímica dos pesticidas e às substâncias naturais. Quanto à toxidez, são conhecidos efeitos prejudiciais nos peixes em concentrações ao redor de 5,0 mg/l e sua ampla utilização em desinfecções (BATALHA, 1977). No abastecimento público, a presença de fenóis em grandes quantidades provoca odor e gosto desagradáveis quando as águas são submetidas a cloração.

O CONAMA estabeleceu, como limite para as Classes 1 e 2, concentração de 0,001 mg/l de fenol. Para a Classe 3 o limite é de 0,3 mg/l.

Até alguns anos atrás, de acordo com a FEEMA, a CSN seria a principal fonte de fenóis, lançando alguns despejos diretamente no rio Paraíba do Sul. A partir de janeiro de 2000, quando foi assinado o Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental (TAC), entre a CSN e o Governo do Estado do Rio de Janeiro, a empresa tem empreendido uma série de ações, visando reduzir e controlar o lançamento de efluentes no Paraíba do Sul, conforme é descrito em CSN (2001).

Além disso, a CSN realizou uma campanha de monitoramento, no período de fevereiro a setembro de 2001, havendo encontrado, com relação aos fenóis, que os resultados variaram mensalmente, tanto a jusante como a montante da CSN, não sendo evidenciada nenhuma contribuição da empresa. As amostras coletadas foram analisadas pelo Laboratório Analytical Solutions, indicado pela Comissão de Meio Ambiente da Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (ALERJ). Os resultados do monitoramento estão reunidos em CSN (6/2001 e 11/2001).

Os fenóis aparecem em sétimo lugar dentre as maiores violações de classe na bacia, com o índice médio de 34% (Tabela 2.1.32). Ao longo de todo o rio Paraíba do Sul, seja no trecho paulista, seja no fluminense, ocorrem altos índices de violações de classe, atingindo valores de até 63% na estação a jusante de Volta Redonda, onde se localiza a CSN. Os dados dessa estação compreendem o período de 1990 a 1996, sendo que a partir do último ano só existe uma única medição, realizada em novembro de 2000, conforme mostra a Figura 2.1.41. Assim sendo, os dados disponíveis não refletem a situação atual no que diz respeito às ações realizadas recentemente pela CSN.

Com relação aos afluentes, a situação é bem crítica, com índices de violação de 59% na estação situada em Petrópolis, 88% na estação a jusante de Juiz de Fora e 33% a jusante de Nova Friburgo. No quadro seguinte são apresentados os valores médios e máximos de fenóis de diversos trechos do Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

Curso de Água	Fenóis Médios (mg/l)	Fenóis Máximos (mg/l)
Paraíba do Sul (Sta. Branca – Funil)	0,0031	0,300
Paraíba do Sul (Funil – Santa Cecília)	0,0320	0,100
Paraíba do Sul (Santa Cecília – Foz)	0,0024	0,040
Jaguari	0,0018	0,008
Piabanha	0,0032	0,020
Paraibuna	0,0028	0,042
Dois Rios	0,0021	0,020
Pomba	0,0017	0,020
Muriaé	0,0018	0,008

### Benzo(a)pireno

O benzo(a)pireno faz parte do grupo dos hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH) que são formados durante a queima incompleta de carvão, óleo, gás, madeira, lixo ou outras substâncias orgânicas, como o tabaco. Os PAH podem ser encontrados por todo o meio ambiente, no ar, na água e no solo. São componentes extremamente tóxicos, que podem causar câncer em seres humanos, a partir de concentrações relativamente baixas.

O limite do CONAMA para todas as classes é de 0,01 µg/l.

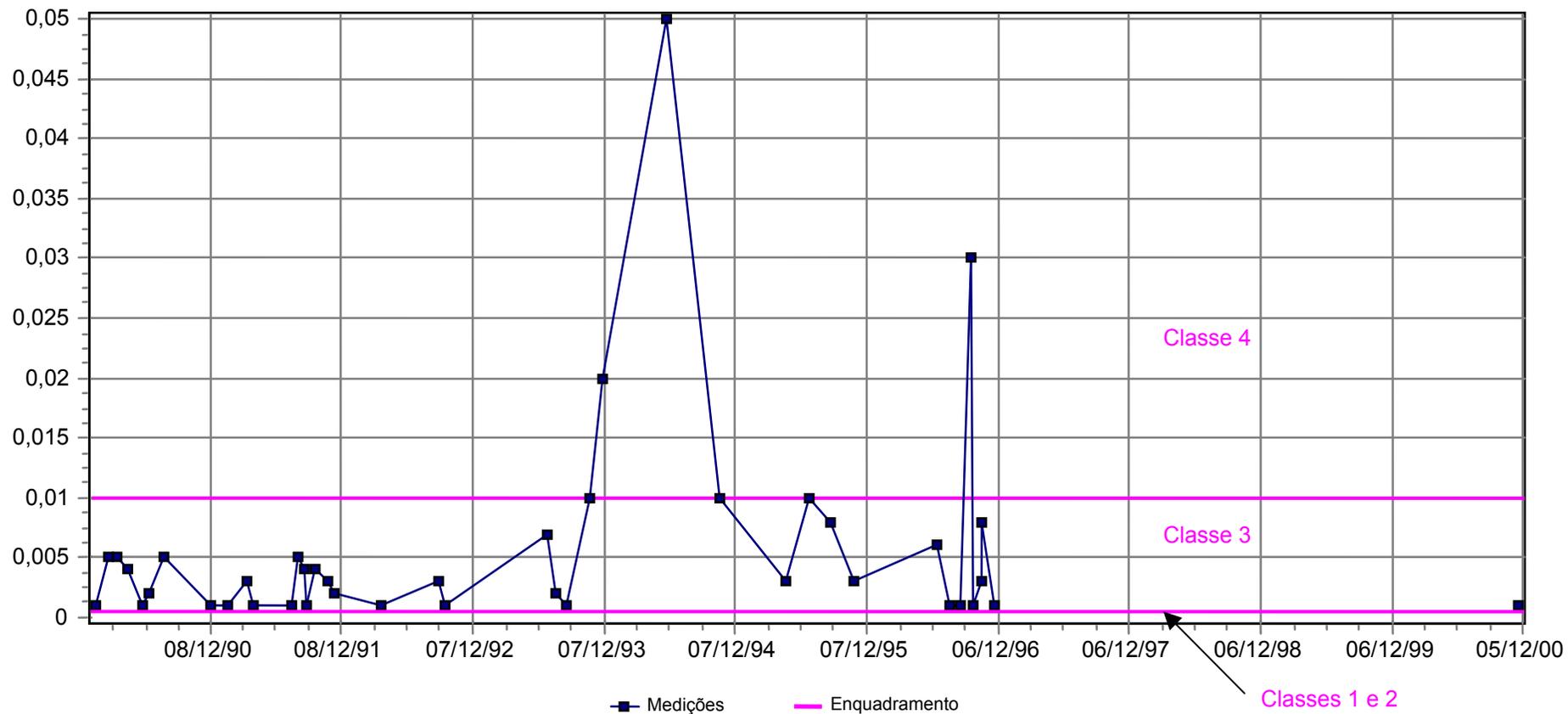


Figura 2.1.41 - Série Temporal de Medições de Fenóis (mg/l)

Estação PRBS230 – Primeira Ponte a Jusante de Volta Redonda

O benzo(a)pireno é medido apenas pela FEEMA no trecho fluminense do rio Paraíba do Sul, sendo o valor médio do estirão igual a 0,028 µg/l, superior ao do CONAMA. As maiores violações são observadas nas estações situadas no trecho entre Volta Redonda (PRBS230), onde se localiza a CSN, e a cidade de Barra do Pirai. Nesse trecho os índices variam entre 20% e 43% de violação.

Algumas das estações localizadas no trecho fluminense possuem apenas uma medição no período posterior a março de 2000, quando foi assinado o TAC entre a CSN e o Governo do Estado do Rio de Janeiro. Assim, por meio dos dados da FEEMA, não é possível afirmar se houve alguma melhoria na qualidade da água do rio Paraíba do Sul, após as implementações das ações de controle de lançamento de efluentes, realizadas pela empresa.

No entanto, o resultado das análises do monitoramento efetuado pela CSN indica que das diversas amostras coletadas no período de fevereiro a setembro de 2001, apenas duas apresentaram concentrações de benzo(a)pireno superiores ao limite do CONAMA. A primeira indicou o valor de 0,08 µg/l em maio de 2001, no ponto a jusante da empresa, coincidindo com a detecção de benzo(a)pireno na saída da Estação de Tratamento Biológico (ETB), em um período onde a recirculação dos efluentes da ETB era apenas parcial (50%), o que hoje já não ocorre.

A segunda violação ocorreu no ponto situado em Vargem Alegre, a jusante da usina, em setembro de 2001, com o valor de 0,02 µg/l. Entretanto, não ficou evidente se a responsabilidade foi da CSN, uma vez que o produto não foi identificado na saída da ETB nem na saída do emissário. Informações a respeito do termo de Ajustamento de Conduta Ambiental e do monitoramento realizado pela CSN estão reunidas em CSN (2001, 6/2001 e 9/2001).

### **2.1.2.6 Considerações finais**

A bacia do rio Paraíba do Sul foi caracterizada em seus aspectos de qualidade da água com base nos dados históricos obtidos da FEEMA, da CETESB, da FEAM e das campanhas de monitoramento realizadas pela CSN, caso em que as análises de qualidade da água foram feitas pelo laboratório *Analytical Solutions*. Pelos resultados da análise dos parâmetros mais significativos nos processos de comprometimento de um sistema aquático foi possível estabelecer o seguinte quadro geral.

A maior parte das águas do rio Paraíba do Sul e de seus afluentes estudados apresentou alta disponibilidade de oxigênio durante todo o período de estudo, em função de suas características físicas, favoráveis aos processos de oxigenação. Esse aspecto é relevante na manutenção dos mecanismos de oxidação da matéria orgânica residual, de grande importância em algumas estações. As exceções ocorreram, no rio Paraíba do Sul, em seu trecho paulista, a jusante da cidade de São José dos Campos, e nos principais afluentes, a jusante dos grandes centros urbanos.

Entre os parâmetros que apresentaram maior nível de comprometimento estão os compostos fosfatados, os coliformes e a demanda bioquímica de oxigênio, evidenciando contínuo processo de poluição por material orgânico.

Com relação ao fósforo total, classificado em segundo lugar dentre as maiores violações médias na bacia ([Tabela 2.1.32](#)), várias estações apresentaram níveis médios superiores a 0,1 mg/l, considerados excessivos em relação à classificação do

CONAMA. Esses resultados são característicos de um sistema com produtividade aquática de alta a muito alta, sujeito a eutrofização. A grande capacidade de reaeração do rio Paraíba do Sul e seus afluentes, entretanto, garante a oxidação desse excesso de matéria orgânica. Os reservatórios existentes e a serem construídos poderão estar comprometidos pelo aporte excessivo de nutrientes, caso os despejos orgânicos não sejam reduzidos.

Os coliformes fecais e totais, quarto e sexto colocados dentre as maiores violações médias na bacia (Tabela 2.1.32), comprometem a qualidade da água em praticamente todas as estações, de modo especial naquelas onde a influência dos despejos domésticos é mais acentuada, ou seja, nas proximidades das maiores cidades ribeirinhas.

Com relação às substâncias tóxicas, o alumínio e os fenóis, primeiro e sétimo colocados, respectivamente, dentre os maiores violadores (Tabela 2.1.32), apresentaram níveis de concentração elevados. Por sua importância para a saúde humana os níveis de alumínio e de outros metais devem ser destacados, considerando que houve violações significativas em algumas estações e que em outras as concentrações se apresentaram próximas aos limites de classe. É importante a realização de monitoramentos ao longo da bacia para avaliação do acúmulo de metais nos sedimentos, principalmente a jusante de áreas industriais críticas.

A análise dos metais revelou que, no monitoramento da CETESB, os parâmetros mercúrio, chumbo e cádmio apresentam limites de detecção dos métodos de análise superiores ao limite CONAMA. Esse aspecto também foi verificado para o parâmetro cádmio nos dados da FEEMA. Dessa forma, a análise desses parâmetros ficou prejudicada, ocorrendo índices de violação elevados que não retratam a realidade da bacia.

É importante ressaltar a necessidade de integração entre as instituições responsáveis pelo monitoramento de qualidade da água nos três Estados da bacia. A análise dos dados mostrou diferenças nas nomenclaturas dos parâmetros, nas unidades, nos processos de medição, na frequência de amostragem, e nos métodos analíticos, sendo evidente a necessidade de padronização.

Estudos posteriores deverão aprofundar as análises dos parâmetros mais significativos e sua interação com o uso da água na bacia, à medida que novos dados e informações sejam levantados. Nesse sentido, o projeto da rede telemétrica de monitoramento será um grande avanço para a implantação de um sistema comum a toda bacia, gerando grande quantidade de dados em tempo real. Além disso, o cadastramento de usuários da bacia possibilitará o conhecimento mais preciso a respeito das cargas poluidoras e das demandas hídricas.

Ressalta-se, ainda, a importância do Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental, assinado pela CSN e o Governo do Estado do Rio de Janeiro, mediante o qual tem sido implementada uma série de ações visando reduzir e controlar o lançamento de efluentes no Paraíba do Sul. Essas ações, como, por exemplo, a implantação da estação de tratamento biológico na CSN, vêm reduzindo os lançamentos de diversos poluentes, de modo especial os fenóis e o benzo(a)pireno. Esse termo de ajustamento poderá servir de modelo para que novos acordos sejam celebrados com outras indústrias da bacia no mesmo sentido.

**Tabela 2.1.32 - Classificação dos Parâmetros em Ordem Decrescente Segundo a Média das Violações de Classe em Toda a Bacia (Período Total dos Dados)**

Posição	Parâmetro	Violações Médias (%)	Desvio Padrão
1	Alumínio	98,9	2,8
2	Fósforo Total	90,3	23,1
3	Sulfetos	83,1	7,9
4	Coliforme Fecal	77,8	27,2
5	Cádmio	66,7	43,8
6	Coliforme Total	58,7	29,6
7	Fenóis	34,4	19,7
8	Ferro Solúvel	33,7	17,7
9	Manganês	21,3	25,6
10	Chumbo	17,2	29,3
11	Benzo(a)Pireno	15,4	16,8
12	DBO	11,8	23,5
13	Mercúrio	11,3	21,1
14	Oxigênio Dissolvido	10,8	23,4
15	Cianeto Total	7,5	9,9
16	Cobre	4,7	6,3
17	Níquel	3,4	5,1
18	Turbidez	3,2	5,5
19	Zinco	1,9	8,7
20	Cor Real	0,9	3,9
21	Bário	0,3	1,6
22	Sólidos Dissolvidos Totais	0,2	1,0
23	Cromo Hexavalente	0,2	1,2
24	ph	0,1	0,3
25	Cloreto	0,0	0,1
26	Cromo Trivalente	0,0	0,0
27	Nitrito	0,0	0,0
28	Estanho	0,0	0,0
29	Fluoretos	0,0	0,0
30	Boro Solúvel	0,0	0,0
31	Arsênio	0,0	0,0
32	Amônia	0,0	0,0
33	Nitrato	0,0	0,0
34	Selênio	0,0	0,0
35	Sulfatos	0,0	0,0

**Tabela 2.1.33 - Classificação dos Parâmetros em Ordem Decrescente Segundo a Média das Violações de Classe em Toda a Bacia (Período: 1997 a 2001)**

Posição	Parâmetro	Violações Médias (%)	Desvio Padrão
1	Alumínio	98,9	2,8
2	Fósforo Total	90,6	22,3
3	Sulfetos	83,1	7,9
4	Coliforme Fecal	78,4	27,4
5	Cádmio	67,0	43,8
6	Coliforme Total	61,0	31,0
7	Fenóis	35,6	19,8
8	Ferro Solúvel	33,7	17,7
9	Manganês	21,4	25,6
10	Chumbo	18,3	31,1
11	Benzo(a)Pireno	15,4	16,8
12	Mercúrio	12,9	22,4
13	DBO	11,9	23,4
14	Oxigênio Dissolvido	11,3	24,4
15	Cianeto Total	7,5	9,9
16	Cobre	4,3	6,4
17	Turbidez	3,5	6,3
18	Níquel	2,6	3,7
19	Zinco	1,5	8,7
20	Cor Real	0,9	3,9
21	Bário	0,3	1,6
22	Sólidos Dissolvidos Totais	0,2	1,0

**Tabela 2.1.33 - Classificação dos Parâmetros em Ordem Decrescente Segundo a Média das Violações de Classe em Toda a Bacia (Período: 1997 a 2001)**  
(continuação)

<b>Posição</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Violações Médias (%)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
23	Cromo Hexavalente	0,2	1,2
24	pH (limite superior)	0,1	0,6
25	Cloreto	0,0	0,3
26	Fluoretos	0,0	0,0
27	Nitrito	0,0	0,0
28	Amônia	0,0	0,0
29	Arsênio	0,0	0,0
30	Boro Solúvel	0,0	0,0
31	Nitrato	0,0	0,0
32	Cromo Trivalente	0,0	0,0
33	Selênio	0,0	0,0
34	Sulfatos	0,0	0,0

**Tabela 2.1.34- Índice de Violação de Classe - Rio Paraíba do Sul (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Alumínio	Benzo(a)Pireno	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRBS470	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí	95,0			5,7	14,8	9,7	1,6	23,1		14,0	16,0	18,0	3,1	1,6	4,3
PRBS460	Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí	100,0			0,0	70,0		0,0	30,0		10,0	40,0	0,0	10,0	0,0	0,0
PRBS440	Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos	100,0			4,3	84,4	78,8	0,0	30,8		91,4	35,0	16,7	39,1	3,2	8,6
PRBS420	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus	100,0			7,7	87,5	78,8	0,0	31,1		96,1	26,0	19,8	64,8	4,8	8,6
PRBS400	Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP	100,0			0,0	100,0	89,7	1,9	30,3		94,4	19,5	5,9	13,0	2,0	0,0
PRBS380	Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida	100,0			5,6	86,7	79,6	0,0	29,7		98,4	29,0	16,1	24,2	7,3	5,4
PRBS360	Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete	100,0			2,9	96,3	100,0	1,9	30,3		98,1	26,8	5,9	29,6	10,0	2,9
PRBS330	Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente à Prefeitura na cidade de Queluz	100,0			7,8	88,3	85,1	1,6	28,6		99,2	31,0	12,1	1,6	14,5	5,4
PRBS320	Reservatório de Funil - Queluz		2,5	10,3	0,0	92,9		15,4	25,0	36,8	100,0	6,0	4,0	1,6	0,0	0,0
PRBS310	Reservatório de Funil - Canal de Fuga, saída das turbinas		0,0	18,9	0,0	15,8		8,2	25,7	34,4	100,0	2,1	2,0	23,2	0,0	0,0
PRBS290	Resende		0,0	14,6	0,0	91,4		4,1	26,3	29,4	100,0	0,0	4,3	10,6	0,0	0,0
PRBS270	Floriano - ponte a jusante da Cyanamid		0,0	10,5	2,2	93,8		4,4	31,4	32,3	100,0	2,2	2,2	2,3	0,0	0,0
PRBS250	Barra Mansa - ponte a jusante da linha férrea		4,5	11,1	5,6	100,0		5,4	31,7	34,3	100,0	9,3	1,9	1,8	0,0	0,0
PRBS240	Barra Mansa - próximo à Cimento Tupi		7,7	20,0	1,9	100,0		3,6	42,5	31,4	100,0	3,8	0,0	3,6	0,0	0,0
PRBS230	BR116 - primeira ponte depois de Volta Redonda		39,1	38,3	3,7	100,0		7,0	63,4	37,1	100,0	11,1	1,9	0,0	0,0	0,0
PRBS220	Vargem Alegre - ponto sobre a ponte na BR 116		20,0	30,2	6,3	100,0		0,0	35,9	44,1	100,0	12,8	4,2	0,0	0,0	0,0

**Tabela 2.1.34- Índice de Violação de Classe - Rio Paraíba do Sul (Período Total dos Dados)  
(continuação)**

Código	Localização	Alumínio	Benzo(a)Pireno	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRBS210	Represa Santa Cecília – junto à entrada bombeamento		33,3	11,6	2,1	100,0		4,0	41,0	41,2	100,0	6,4	4,2	2,0	0,0	6,1
PRBS180	Barra do Pirai - entrada para Vassouras		43,2	25,0	4,3	100,0		4,2	37,8	32,4	100,0	14,9	4,3	0,0	4,4	2,2
PRBS130	Rio Paraíba a montante da foz do rio Paraibuna	100,0		0,0	18,2	100,0	100,0	0,0	45,5	9,1	100,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBS110	Três Rios - rio Paraíba	100,0	12,5	15,0	4,3	97,1		0,0	39,5	22,9	100,0	14,9	4,4	2,1	0,0	0,0
PRBS101	Rio Paraíba do Sul a jusante do Rio Paraibuna				0,0	42,9	28,6	14,3	100,0		100,0	0,0		0,0	0,0	0,0
PRBS090	Sapucaia - rio Paraíba		7,7	0,0	0,0	88,2		4,2	29,4	33,3	100,0	33,3	4,0	0,0	9,5	0,0
PRBS081	Rio Paraíba do Sul em Itaocara	100,0		0,0	8,3	33,3	16,7	0,0	57,1	14,3	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBS070	Itaocara - rio Paraíba		50,0	3,9	0,0	97,7	62,5	3,3	34,9	35,0	98,1	13,8	3,4	0,0	1,8	1,7
PRBS050	Portela - rio Paraíba		0,0	2,1	1,8	88,9	71,4	1,7	24,4	36,8	100,0	12,7	3,6	1,8	1,9	1,8
PRBS040	São Fidélis - rio Paraíba		12,5	2,0	0,0	100,0	75,0	1,6	27,3	32,5	96,3	11,9	5,1	1,7	1,9	3,3
PRBS010	Campos - rio Paraíba		13,0	0,0	0,0	54,5	37,5	0,0	0,0	0,0	98,0	0,0	7,0	1,8	1,9	0,0

**Tabela 2.1.35 - Índice de Violação de Classe (%) - Rio Jaguari (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Alumínio	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
JGRI040	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá	90,0	5,0	42,4	39,0	10,9	40,0	20,9	29,6	5,0	26,1	3,4	0,0
JGRI030	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá	88,9	0,0	10,7	7,0	1,2	38,9	7,1	16,0	0,0	14,3	0,0	0,0
JGRI020	Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos	92,9	0,0	95,5	85,7	0,0	57,1	65,9	52,4	7,1	20,5	7,5	0,0
JGRI010	Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos	95,0	0,0	92,6	94,9	0,0	42,1	66,7	33,3	5,0	16,7	8,0	0,0

**Tabela 2.1.36 - Índice de Violação de Classe (%) - Bacia do Rio Paraibuna (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Alumínio	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRET041	Rio Preto a montante de Visconde de Mauá			0,0	100,0	66,7	0,0			100,0			0,0	0,0	0,0
PRET031	Rio Preto em Rio Preto			0,0	33,3	0,0	0,0			100,0	0,0		0,0	0,0	0,0
PRET020	Rio Preto a montante do rio Paraibuna (Três Rios)	100,0	0,0	11,1	50,0	35,7	14,3	60,0	28,6	92,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBN100	Rio Paraibuna em Chapéu d'Uvas	100,0	0,0	25,0	30,0	50,0	20,0	50,0	57,1	70,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBN080	Rio Paraibuna a jusante de Juiz de Fora	100,0	0,0	22,2	70,0	80,0	100,0	87,5	42,9	100,0	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0
PRBN060	Rio Paraibuna em Sobragi	100,0	0,0	15,4	35,7	35,7	7,1	55,6	42,9	100,0	7,1	0,0	0,0	7,1	0,0
PRBN040	Rio Paraibuna a jusante do rio Preto	100,0	0,0	16,7	28,6	50,0	7,1	40,0	42,9	92,9	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBN030	Rio Paraibuna - divisa Rio/Juiz de Fora - BR 040		3,1	0,0	88,0		3,1	30,0	39,1	100,0	25,0	3,4	0,0	0,0	3,3
PRBN020	Rio Paraibuna - Três Rios		5,6	0,0	93,1		0,0	28,6	40,7	100,0	11,8	0,0	0,0	0,0	2,9
PRBN010	Rio Paraibuna a montante do rio Paraíba do Sul	100,0	0,0	18,2	63,6	36,4	0,0	40,0	27,3	100,0	27,3	16,7	0,0	9,1	0,0
PEIX020	Rio do Peixe a montante do rio Paraibuna	100,0	0,0	16,7	80,0	100,0	40,0	33,3	42,9	80,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0
CGDO010	Rio Cágado a montante do rio Paraibuna	100,0	0,0	0,0	92,3	92,3	15,4	22,2	71,4	76,9	0,0	0,0	0,0	15,4	7,7

**Tabela 2.1.37 - Índice de Violação de Classe (%) - Bacia do Rio Pomba (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Alumínio	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
XPTO010	Rio Xopotó a montante do rio Pomba	100,0	0,0	0,0	37,5	37,5	37,5	0,0	42,9	100,0	40,0	0,0	0,0	12,5	0,0
UBA_010	Rio Ubá a jusante da cidade de Ubá	100,0	0,0	0,0	85,7	85,7	100,0	100,0	50,0	100,0	100,0	0,0	100,0	28,6	75,0
POSS010	Ribeirão das Posses a jusante de Santos Dumont	100,0	0,0	25,0	100,0	100,0	57,1	66,7	75,0	100,0	75,0	0,0	57,1	0,0	0,0
POMB100	Rio Pomba a jusante de Mercês	100,0	0,0	0,0	85,7	85,7	0,0	33,3	57,1	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POMB091	Rio Pomba em Guarani			0,0	100,0	66,7	0,0			100,0	0,0		0,0	0,0	0,0
POMB070	Rio Pomba a montante de Cataguases	100,0	0,0	0,0	90,0	60,0	10,0	0,0	42,9	100,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0
POMB050	Rio Pomba a jusante de Cataguases	100,0	0,0	7,7	61,5	46,2	0,0	0,0	28,6	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POMB040	Rio Pomba em Paraoquena	100,0	9,1	9,1	18,2	9,1	0,0	30,0	45,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POMB030	Rio Pomba - Santo Antônio de Pádua		3,6	0,0	100,0		3,3	37,5	10,0	96,7	7,4	3,7	0,0	0,0	0,0
POMB010	Rio Pomba - Paraoquena		8,0	4,0	68,4		0,0	42,9	11,8	92,3	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0
NOVO10	Rio Novo na confluência com o rio Pomba	100,0	0,0	0,0	30,8	23,1	23,1	33,3	42,9	92,3	10,0	0,0	0,0	7,7	0,0

**Tabela 2.1.38 - Índice de Violação de Classe (%) - Bacia do Rio Muriaé (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Alumínio	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
MURI060	Rio Muriaé a montante de Muriaé	100,0	0,0	0,0	42,9	57,1	0,0	33,3	57,1	85,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MURI050	Rio Muriaé em Patrocínio de Muriaé	100,0	0,0	0,0	64,3	78,6	0,0	25,0	60,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MURI040	Rio Muriaé - Laje do Muriaé		4,0	8,0	94,7		0,0	28,6	23,5	96,3	20,0	4,0	3,8	0,0	0,0
MURI010	Rio Muriaé - Estrada Campos - Itaperuna		3,6	0,0	92,0		15,2	34,8	15,0	97,0	17,9	0,0	6,3	0,0	0,0
GLOR011	Rio Glória a montante do Rio Muriaé			0,0	25,0	25,0	0,0	0,0		100,0	0,0		0,0	0,0	0,0
CRGL030	Rio Carangola a montante de Tombos	100,0	0,0	12,5	63,6	45,5	0,0	14,3	36,4	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CRGL010	Rio Carangola - após Itaperuna		15,0	4,8	85,7		0,0	31,3	15,4	95,5	9,5	14,3	0,0	4,5	0,0

**Tabela 2.1.39 - Índice de Violação de Classe (%) - Bacia do Rio Dois Rios (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
NEGR020	Rio Negro - Ponto de Pergunta	0,0	3,7	90,5	3,4	40,9	10,5	100,0	51,9	3,7	7,1	0,0	0,0
GRDE010	Rio Grande - Nova Friburgo	0,0	0,0	90,0	0,0	33,3	42,9	91,7	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
DSRS020	Rio dois Rios - São Fidélis	3,6	7,1	72,7	0,0	33,3	15,0	100,0	22,2	3,6	0,0	0,0	0,0
BNGL010	Rio Bengala - Conselheiro Paulino	36,4	0,0	100,0	80,0	33,3	0,0	100,0	63,6	0,0	81,8	0,0	0,0

**Tabela 2.1.40 - Índice de Violação de Classe (%) - Bacia do Rio Piabanha (Período Total dos Dados)**

Código	Localização	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRTO020	Rio Preto - Rio Bahia - Km 88,5 (Teresópolis)	0,0	0,0	90,9	0,0	27,3	11,1	100,0	7,7	7,7	0,0		0,0
PQQE020	Rio Paquequer - Rio Bahia - Km 78 (Teresópolis)	9,1	7,7	100,0	66,7	33,3	0,0	100,0	72,7	0,0	0,0	7,7	0,0
PBNH040	Rio Piabanha - Petrópolis	23,5	9,4	100,0	86,1	58,8	34,6	100,0	58,1	15,6	65,7	0,0	3,1
PBNH020	Rio Piabanha - Areal	11,4	0,0	100,0	11,1	47,1	26,9	100,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tabela 2.1.41 -Índice de Violação de Classe - Rios Paraíba do Sul e Jaguari (Período: 1997 a 2001)**

Código	Localização	Alumínio	Benzo(a)Pir eno	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRBS470	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí	95,0			0,0	15,4	16,7	2,6	40,0		15,6	21,2	3,8	7,7	2,9	0,0
PRBS460	Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí	100,0			0,0	70,0		0,0	30,0		10,0	40,0	0,0	10,0	0,0	0,0
PRBS440	Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos	100,0			0,0	100,0	95,8	0,0	40,0		84,6	36,4	3,8	38,5	5,7	0,0
PRBS420	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus	100,0			0,0	100,0	100,0	0,0	50,0		97,4	21,2	7,7	84,6	2,9	0,0
PRBS400	Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto a captação da SABESP	100,0			0,0	100,0	91,7	2,6	36,0		94,9	18,2	3,8	10,3	0,0	0,0
PRBS380	Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida	100,0			0,0	100,0	100,0	0,0	40,0		97,4	30,3	7,7	38,5	8,6	0,0
PRBS360	Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete	100,0			0,0	94,9	100,0	2,6	36,0		97,4	30,3	0,0	30,8	11,4	0,0
PRBS330	Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente a prefeitura na cidade de Queluz	100,0			3,8	100,0	100,0	2,6	52,0		97,4	33,3	7,7	2,6	28,6	3,8
PRBS320	Reservatório de Funil - Queluz		2,5	10,3	0,0	92,9		15,4	25,0	36,8	100,0	6,0	4,0	1,6	0,0	0,0
JGRI040	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá	90,0			5,0	39,5	47,8	13,2	40,0		35,1	29,6	5,0	36,8	8,8	0,0
JGRI030	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá	88,9			0,0	13,9	8,7	2,8	38,9		8,3	16,0	0,0	8,3	0,0	0,0
JGRI020	Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indúst. Petybon, São José dos Campos	92,9			0,0	93,8	87,0	0,0	57,1		71,9	52,4	7,1	18,8	10,7	0,0
JGRI010	Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos	95,0			0,0	89,5	95,7	0,0	42,1		71,1	33,3	5,0	18,4	11,8	0,0

**Tabela 2.1.42 - Diferenças entre os Índices de Violação de Classe do Período Total e de 1997 a 2001  
Rios Paraíba do Sul e Jaguari**

Código	Localização	Alumínio	Benzo(a) Pireno	Cianeto Total	Cobre	Coliforme Fecal	Coliforme Total	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganês	Níquel	Oxigênio Dissolvido	Turbidez	Zinco
PRBS470	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rodovia SP-77 que liga Santa Branca a Jacareí	0,0			-5,7	0,5	6,9	1,0	16,9		1,6	5,2	-14,1	4,6	1,2	-4,3
PRBS460	Rio Paraíba, junto à captação do município de Jacareí	0,0			0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PRBS440	Rio Paraíba do Sul - Captação de São José dos Campos	0,0			-4,3	15,6	17,1	0,0	9,2		-6,8	1,4	-12,8	-0,6	2,5	-8,6
PRBS420	Rio Paraíba do Sul - Ponte na rua do Porto, que liga Caçapava ao Bairro Menino Jesus	0,0			-7,7	12,5	21,2	0,0	18,9		1,3	-4,8	-12,1	19,8	-2,0	-8,6
PRBS400	Rio Paraíba do Sul - Ponte na cidade de Tremembé, junto à captação da SABESP	0,0			0,0	0,0	1,9	0,7	5,7		0,4	-1,3	-2,0	-2,7	-2,0	0,0
PRBS380	Rio Paraíba do Sul - Captação de Aparecida	0,0			-5,6	13,3	20,4	0,0	10,3		-1,0	1,3	-8,4	14,2	1,3	-5,4
PRBS360	Rio Paraíba do Sul - Ponte na Rodovia BR 459, que liga Lorena a Piquete	0,0			-2,9	-1,4	0,0	0,7	5,7		-0,7	3,5	-5,9	1,1	1,4	-2,9
PRBS330	Rio Paraíba do Sul - Ponte em frente à Prefeitura na cidade de Queluz	0,0			-3,9	11,7	14,9	1,0	23,4		-1,8	2,3	-4,4	1,0	14,1	-1,5
PRBS320	Reservatório de Funil - Queluz		0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
JGRI040	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia que liga Santa Isabel a Igaratá	0,0			0,0	-1,4	11,0	2,0	0,0		13,3	0,0	0,0	9,8	5,1	0,0
JGRI030	Reservatório do Jaguari - Ponte na Rodovia D. Pedro I (SP-65), no município de Igaratá	0,0			0,0	2,8	1,3	1,5	0,0		1,0	0,0	0,0	-6,2	0,0	0,0
JGRI020	Rio Jaguari - ponte na estrada de acesso à indust. Petybon, São José dos Campos	0,0			0,0	-1,5	-2,4	0,0	0,0		6,8	0,0	0,0	-2,3	2,8	0,0
JGRI010	Rio Jaguari - Próximo à foz do rio Paraíba - São José dos Campos	0,0			0,0	-2,8	1,0	0,0	0,0		5,1	0,0	0,0	1,3	3,4	0,0

## 2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 2.2.1 Apresentação

O estudo da água subterrânea assume cada dia maior importância como instrumento capaz de prover solução para os problemas de suprimento hídrico e controle de poluição, inerentes às atividades do homem. O aproveitamento criterioso desse recurso, no entanto, enfrenta desafios no tocante à necessidade de conhecimentos nos campos hidrogeológico, de proteção/conservação e planejamento.

A primeira tentativa para disciplinar a exploração das águas subterrâneas se deu em 1934 com o Código de Águas; entretanto, os dispositivos que orientam o uso desses recursos nunca foram efetivamente aplicados, resultando no extrativismo não controlado, vigente em grande parte do território brasileiro (REBOUÇAS, 1999).

A Constituição Federal de 1988 fez algumas alterações em relação ao Código de Águas na matéria de águas subterrâneas. A alteração mais expressiva consistiu na extinção do domínio privado das águas, passando os corpos d'água para domínio público com sua gestão subordinada à esfera estadual (FINOTTI et al., 2001).

Em 1997, a Lei Federal Nº 9433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e definiu a estrutura jurídico-administrativa do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, além de incorporar a mudança no domínio das águas subterrâneas estabelecido pela Constituição de 1988, ressaltou a importância da gestão desses recursos, indicando como principais instrumentos de gestão a utilização dos mecanismos de outorga das concessões de exploração.

Nesse contexto, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) desenvolveu o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Esse sistema consiste basicamente num cadastro nacional de pontos de água, criado de forma a tornar disponíveis informações que subsidiarão os órgãos gestores municipais, estaduais e federais, empresas agrícolas e industriais, perfuradoras de poços e consultores na tomada de decisões sobre recursos hídricos subterrâneos. Com o mesmo propósito, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, em sua área específica de Água Subterrânea, pretende padronizar e centralizar as informações provenientes dos estudos, prospecções, ações e obras hídricas subterrâneas. Os dados serão os disponibilizados pelos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos, participantes do referido sistema, e pelas empresas privadas prestadoras de serviços e executoras de obras. Depois de padronizadas e consistidas, as informações poderão ser acessadas pela Internet no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA).

Este documento compõe o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul e tem por objetivo avaliar o potencial e as disponibilidades das águas subterrâneas, bem como determinar suas principais limitações e áreas mais favoráveis à exploração nessa bacia. Visa, sobretudo, apresentar o nível de conhecimento existente sobre os recursos hídricos subterrâneos da bacia do Paraíba do Sul e prover o Poder Público e a sociedade em geral de informações para o gerenciamento do uso desses recursos, permitindo conhecer as potencialidades dessas águas quanto a quantidade e qualidade.

O conhecimento dessas potencialidades propiciará a difusão do uso das águas subterrâneas como fonte alternativa para abastecimento doméstico, industrial e

agrícola. A caracterização dos aquíferos locais no que tange a reservas e qualidade dotará os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais de informações básicas com vistas a viabilizar a gestão e proteção desses recursos.

Essa etapa do trabalho foi desenvolvida a partir de dados secundários, revistas técnicas, projetos, teses, publicações, informes eletrônicos e relatórios disponibilizados pelas instituições que desenvolvem atividades relacionadas à hidrogeologia. Essas informações foram consolidadas e compiladas para os trechos paulista, fluminense e mineiro da bacia.

Tendo em vista que o conjunto de informações, as bases de dados disponíveis e o grau de conhecimento hidrogeológico não apresentavam o mesmo nível de detalhamento nos três Estados, optou-se por adotar uma abordagem diferenciada para cada uma das três regiões da bacia.

## **2.2.2 Trecho Paulista da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

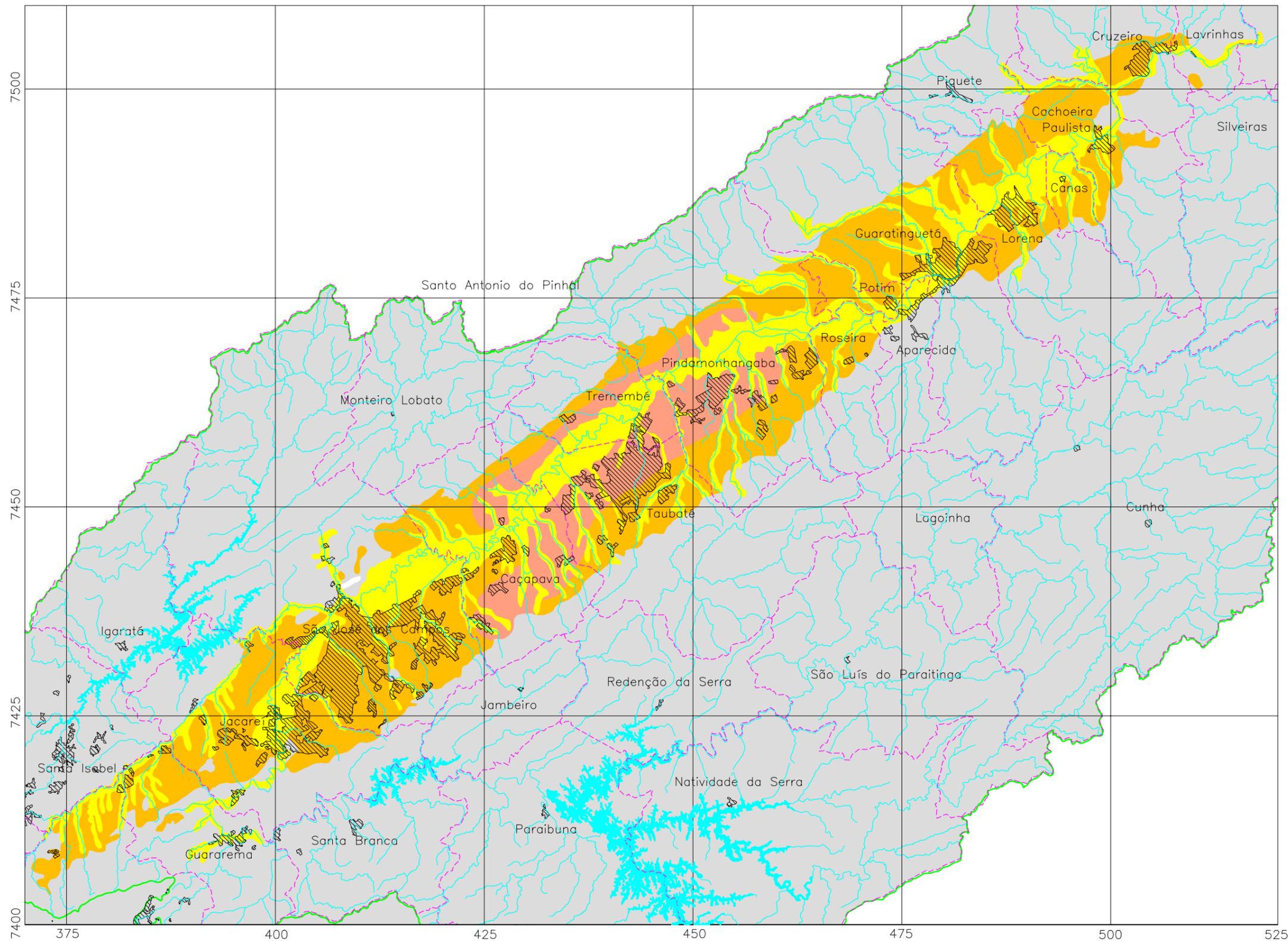
Os principais documentos utilizados como fontes de consulta para avaliação da disponibilidade, utilização e qualidade dos recursos hídricos subterrâneos na porção paulista da bacia corresponderam ao relatório elaborado pelo Consórcio ICF KAISER-LOGOS, em 1999, intitulado "Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo", desenvolvido no âmbito do Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul (PQA) e ao documento "Planos de Bacia – Serra da Mantiqueira e Paraíba do Sul", elaborado em 2000 pela Cooperativa de Serviços, Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI). O primeiro teve por propósito estabelecer o Programa de Investimentos para a Gestão Integrada e Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e o segundo, o estabelecimento de metas dos Planos das Unidades Hidrográficas da Serra da Mantiqueira e Paraíba do Sul, a serem cumpridas até 2003. Esses dois documentos consolidam robusta base de informações, obtidas a partir de diferentes instituições, como o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), a Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo (PRODESP), a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). A partir dessa base de dados são verificadas a disponibilidade hídrica subterrânea, a qualidade das águas e a utilização desses recursos na bacia.

### **2.2.2.1 Unidades Aquíferas**

A porção paulista da bacia abrange dois sistemas aquíferos principais: o das coberturas sedimentares cenozóicas (Formações Caçapava e Tremembé IPT(1981), e sedimentos quaternários por vezes citado na literatura como Aquífero ou Sistema Aquífero Taubaté e o Sistema Aquífero Cristalino (terrenos ígneo-metamórficos). A [Figura 2.2.1](#), extraída do relatório do Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), ilustra as áreas de ocorrência desses aquíferos.

- **Aquíferos em Rochas Cristalinas**

Os terrenos ígneo-metamórficos não compreendem um aquífero regional, mas por apresentarem localmente condições aquíferas, são então explorados por algumas dezenas de poços tubulares. Em zonas de falhamentos de juntas e meteorizadas



LEGENDA CARTOGRÁFICA

- Limite da Bacia Hidrográfica
- Rede Hidrográfica
- Reservatórios
- - - Limite dos Municípios
- ▨ Áreas Urbanizadas

UNIDADES AQUÍFERAS

- Sedimentos Recentes
- Cristalino

GRUPO TAUBATÉ

- Formação Caçapava
- Formação Tremembé

FONTE:  
 PROJETO QUALIDADE DAS ÁGUAS E CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA – PQA  
 PARA A BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL NO ESTADO DE SÃO PAULO.  
 CONSÓRCIO ICF KAISER – LOGOS  
 SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS – SRHSO

**FIGURA 2.2.1**  
**MAPA DAS UNIDADES AQUÍFERAS**  
 ESCALA: 1/500.000

estão as melhores condições para a circulação das águas subterrâneas, existindo alguns poços profundos nessa situação. O rendimento dos poços é geralmente pequeno, da ordem de alguns  $\text{m}^3/\text{h}$ , com grande rebaixamento de nível. Poços bem localizados, considerando-se os lineamentos tectônicos, entretanto, podem apresentar melhor rendimento, de cerca de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  (Consórcio ICF KAISER-LOGOS, 1999).

O comportamento hidráulico das rochas possibilita a distinção de duas unidades nesse sistema: a primeira, relacionada às rochas intemperizadas, compreende aquífero de porosidade primária granular bastante heterogêneo, de natureza livre, com espessuras médias de até cerca de 50 m. Sob o manto de intemperismo, e muitas vezes conectado hidráulicamente, ocorre o aquífero cristalino propriamente dito, onde as águas circulam por fraturas e falhas abertas (CPTI, 2000).

#### • Aquíferos em Rochas Sedimentares

Os terrenos sedimentares cenozóicos formam o principal e melhor aquífero da região. Suas características não são uniformes, variando conforme a litologia do pacote sedimentar. É o mais intensamente explorado. A [Figura 2.2.2](#), extraída do trabalho do Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), apresenta as curvas isopotenciométricas desse aquífero, compiladas de DAEE (1979). Essas curvas refletem as condições aquíferas de nível estático da época de coleta de dados dessa referência.

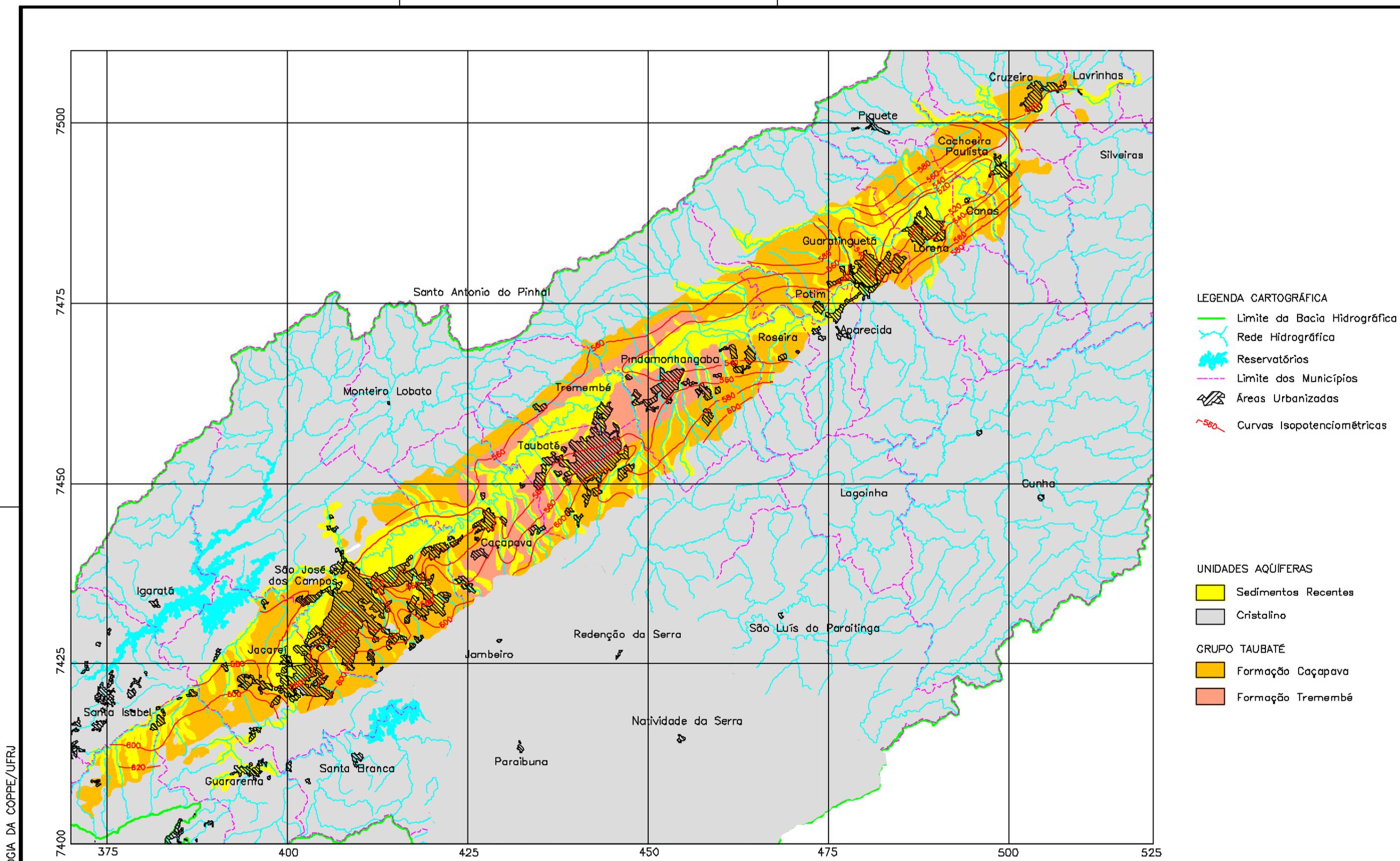
Suas características hidrogeológicas estão relacionadas aos ambientes de deposição da bacia de Taubaté. Distinguem-se, regionalmente, duas unidades com diferentes comportamentos hidráulicos. A primeira, nas porções sudeste e noroeste da bacia, associada ao ambiente fluvial, com elevadas vazões em poços tubulares (chegam a ultrapassar  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ ), com médias de  $40 \text{ m}^3/\text{h}$  e transmissividades médias<sup>1</sup> em torno de  $100 \text{ m}^2/\text{dia}$ . A segunda, na região entre Taubaté e Pindamonhangaba, no centro da bacia, associada ao ambiente lacustre, apresenta menores valores de vazão ( $20 \text{ m}^3/\text{h}$  a  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ) e transmissividades que variam entre  $10 \text{ m}^2/\text{dia}$  a  $50 \text{ m}^2/\text{dia}$ .

Segundo DAEE (1979), a porção sedimentar onde se encontra localizada a cidade de São José dos Campos tem apresentado as melhores características hidrogeológicas da região para fins de captação. Os poços aí perfurados apresentam valores de capacidades específicas três vezes superiores à média dos demais poços perfurados no vale do Paraíba do Sul.

Regionalmente, tanto os sedimentos do ambiente fluvial como os do ambiente lacustre formam um aquífero do tipo livre, localmente semiconfinado, apresentando, na porção centro-oeste do vale, zona de artesianismo.

A recarga do aquífero ocorre em toda a sua extensão, e a área de descarga está associada ao rio Paraíba do Sul, que representa o nível de base regional (fluxo efluente). Embora o rio Paraíba do Sul represente a zona de descarga regional do aquífero, seus afluentes comportam-se como áreas de descarga local, conferindo curtos tempos de trânsito às águas subterrâneas. Através da geometria do aquífero e da composição química das águas, é reconhecida a presença de uma circulação regional de longo período, não existindo, entretanto, até o momento, nenhum trabalho quantificando esse movimento mais profundo.

<sup>1</sup> Transmissividade corresponde à quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero. Pode-se conceituá-la como a taxa de escoamento de água através de uma faixa vertical do aquífero com largura unitária submetida a um gradiente hidráulico unitário.



- LEGENDA CARTOGRÁFICA**
- Limite da Bacia Hidrográfica
  - Rede Hidrográfica
  - Reservatórios
  - Limite dos Municípios
  - ▨ Áreas Urbanizadas
  - ~580 Curvas Isopotenciométricas

- UNIDADES AQUIFERAS**
- Sedimentos Recentes
  - Cristalino
- GRUPO TAUBATÉ**
- Formação Caçapava
  - Formação Tremembé

FONTE  
 PROJETO QUALIDADE DAS ÁGUAS E CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA - PQA  
 PARA A BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL NO ESTADO DE SÃO PAULO.  
 CONSÓRCIO ICF KAISER - LOGOS  
 SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS - SRHSO

FIGURA 2.2.2  
 CONTORNO ISOPOTENCIOMÉTRICO  
 DO SISTEMA AQUIFERO TAUBATÉ

ESCALA: 1/500.000

LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA DA COPPE/UFRJ

O aquífero apresenta forma alongada, estendendo-se na direção SW-NE, e tem duas áreas principais. A primeira inclui as regiões de Santa Isabel, Jacareí, São José dos Campos e Caçapava. A segunda área abrange a região de Lorena e Guaratinguetá, na parte nordeste da bacia, estendendo-se até Cruzeiro.

Entre as duas áreas existe uma zona bastante extensa, que inclui as regiões de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba, na qual o subsolo está preenchido por sedimentos finos, argilitos e folhelhos, com poucas camadas arenosas. Essa região intermediária forma um aquífero de pequena permeabilidade.

A espessura total do aquífero está compreendida entre 200 m e 500 m no eixo da bacia, afinando-se para as margens e para o noroeste. A área de Jacareí e São José dos Campos já dispõe de muitos poços perfurados, em geral com profundidades entre 150 m e 200 m, apresentando vazões de grande variabilidade que podem ultrapassar 200 m<sup>3</sup>/h. Na região de Lorena e Guaratinguetá, o aquífero pode chegar a espessuras de até 350 m a noroeste, no eixo da bacia. As vazões obtidas são pequenas, chegando a alguns metros cúbicos por hora em certos poços e em outros até 20 m<sup>3</sup>/h a 30 m<sup>3</sup>/h (Consórcio ICF KAISER-LOGOS, 1999).

A avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, no que concerne às relações hidráulicas, está condicionada ao conhecimento das características físicas e hidrodinâmicas dos aquíferos. O sentido dos fluxos subterrâneos é predominantemente efluente, isto é, dos aquíferos para rios e córregos. Segundo DAEE (1979), de Jacareí até São José dos Campos o fluxo é influente. A maior parte da região está sob condições freáticas ou pouco confinadas, enquanto algumas áreas limitadas estão sob pressão. É importante registrar que nas vizinhanças do rio Paraíba e de seus afluentes, a taxa de fluxo de água subterrânea para o rio é desconhecida devido à falta de informações hidrológicas nessas áreas.

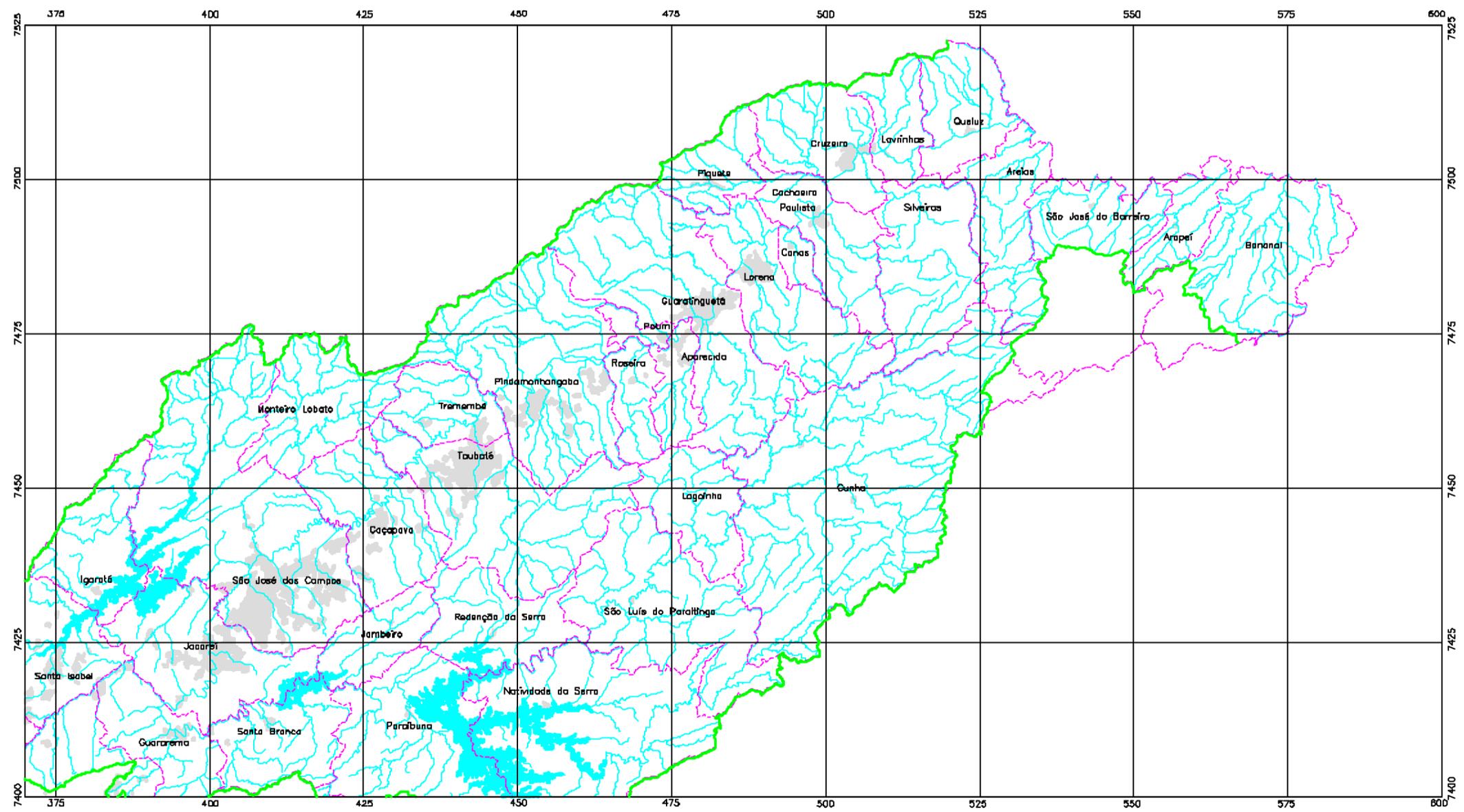
### **2.2.2.2 Disponibilidade Natural, Uso das Águas e Disponibilidade x Exploração**

Este item contempla, de forma sucinta, a disponibilidade natural das águas subterrâneas no trecho paulista da bacia do rio Paraíba do Sul, com ênfase no aquífero sedimentar por apresentar maior potencial de extração relativo e constituir o mais extensamente explorado para os usos urbano, industrial e rural. Na seqüência é feita uma análise comparativa entre essa disponibilidade e o total explorado por meio dos poços ativos existentes.

- **Disponibilidade Natural das Águas Subterrâneas**

O DAEE em 1984 apresentou um balanço hídrico dos aquíferos do Estado de São Paulo, cujos valores adaptados para a bacia estão apresentados na [Tabela 2.2.1](#) (poços tubulares considerados) e na [Tabela 2.2.2](#) (balanço hídrico). A localização desses poços, extraída do Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), encontra-se na [Figura 2.2.3](#).

O inventário dos poços tubulares obtidos junto ao DAEE/PRODESP, SABESP e CETESB poderá ser acessado no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA). É constituído de dados hidrogeológicos do Vale do Rio Paraíba do Sul,



- LEGENDA CARTOGRÁFICA
- Limite da Bacia Hidrográfica
  - Rede Hidrográfica
  - Reservatórios
  - - - Limite dos Municípios
  - Áreas Urbanizadas
  - Poços Tubulares

FONTE:

PROJETO QUALIDADE DAS ÁGUAS E CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA – PQA  
 PARA A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL NO ESTADO DE SÃO PAULO.

CONSÓRCIO ICF KAISER – LOGOS

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS, SANEAMENTO E OBRAS – SRHSO

FIGURA 2.2.3  
 CADASTRO DE POÇOS TUBULARES  
 ESCALA: 1/750.000

provenientes do levantamento de dados técnico-constructivos e operacionais de poços tubulares. O cadastro, compilado de Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), contém as seguintes informações: localização, proprietário, nº poço/DAEE, coordenadas UTM (km), cota (m), companhia perfuradora, ano de perfuração, profundidade (m), geologia simplificada, tipo de aquífero, tempo de funcionamento diário, vazão (Q), nível estático (NE), nível dinâmico (ND), vazão específica (Q/s) e fonte de informação. É oportuno frisar que os dados de Q, NE, ND e Q/s, por terem sido extraídos desses relatórios de poços, referem-se às condições aquíferas à época da perfuração.

A [Tabela 2.2.1](#) sintetiza esse cadastro, apresentando o número de poços agrupados por município e por tipo de aquífero captado. O tipo misto refere-se aos poços cujas seções filtrantes estão localizadas tanto em terrenos sedimentares quanto em terrenos fraturados.

**Tabela 2.2.1 - Número de Poços Tubulares por Município e por Aquífero**

Município/ Nº de Poços	Aquífero Sedimentar	Aquífero Cristalino	Aquífero Misto	Aquífero Não Definido	Total Geral
Aparecida	1	3	0	1	5
Arapeí	0	0	0	0	0
Areias	0	0	0	0	0
Bananal	0	2	0	0	2
Caçapava	74	1	7	13	95
Cachoeira Paulista	5	0	2	0	7
Canas	3	0	0	0	3
Cruzeiro	1	0	0	2	3
Cunha	0	2	0	0	2
Guararema	2	3	2	0	7
Guaratinguetá	16	2	1	16	35
Igaratá	0	1	0	0	1
Jacareí	72	10	14	19	115
Jambeiro	0	9	0	0	9
Lagoinha	0	6	0	0	6
Lavrinhas	0	2	0	2	4
Lorena	39	0	0	9	48
Monteiro Lobato	0	0	0	0	0
Natividade da Serra	0	0	0	0	0
Paraibuna	0	0	0	1	1
Pindamonhangaba	26	0	0	11	37
Piquete	0	5	0	1	6
Potim	0	0	0	0	0
Queluz	0	1	0	1	2
Redenção da Serra	0	5	0	0	5
Roseira	7	0	1	3	11
Santa Branca	0	2	0	2	4
Santa Isabel	1	0	0	0	1
São José do Barreiro	0	0	0	0	0
São José dos Campos	270	14	5	56	345
São Luís do Paraitinga	0	2	0	0	2
Silveiras	0	5	0	1	6
Taubaté	16	0	0	13	29
Tremembé	2	0	1	4	7

Fonte: Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999).

**Tabela 2.2.2 - Balanço Hídrico dos Aqüíferos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Aqüífero	Área (km <sup>2</sup> )	Pméd. (mm/ano)	Escoamento Total (mm/ano)	Recarga Transitória		Escoam. Básico (m <sup>3</sup> /s)
				mm/ano	bilhões m <sup>3</sup> /ano	
Taubaté	2255	1300	311	140	0.32	10.0
Cristalino	12782	1475	483	217	2.77	88.0

Fonte: DAEE (1984).

Observa-se na [Tabela 2.2.1](#) que 345 poços tubulares encontram-se perfurados no município de São José dos Campos, vindo na seqüência os municípios de Jacareí e Caçapava, respectivamente com 115 e 95 poços. Somando-se os poços cadastrados nesses três municípios, encontra-se o percentual de cerca de 70% do total cadastrado na bacia, o que significa que a grande maioria está localizada no aqüífero sedimentar.

Consta em CPTI (2000) um cadastro mais recente, reunindo o total de 1.141 poços tubulares. Esse novo número de poços resulta das informações obtidas junto ao DAEE e ao PRODESP. Nesse novo levantamento, quase a metade dos poços tubulares está situada no município de São José dos Campos (527 poços, correspondendo a 46,2%), destacando-se também os municípios de Jacareí (162 poços, correspondendo a 14,2%) e Caçapava (135 poços, correspondendo a 11,8%). Os municípios de Lorena (64 poços) e Pindamonhangaba (48 poços) vêm em 4º e 5º lugares, respectivamente.

Como se constata a partir dos dois levantamentos efetuados, é mantido o percentual de aproximadamente 70% (referente à soma do número de poços nos municípios de São José dos Campos, Jacareí e Caçapava), o que evidencia a significativa utilização dos recursos hídricos subterrâneos nesses municípios.

Como é definido por LOPES (1984), o potencial de utilização de águas subterrâneas ou a quantidade possível de ser retirada de um aqüífero “é de difícil precisão, tratando-se de uma questão subjetiva e, portanto polêmica...”. Por razões hidrogeológicas, tais como o tipo de porosidade, a hidráulica dos aqüíferos e as técnicas convencionais disponíveis para a captação de águas subterrâneas, foram estabelecidos limites de utilização dos volumes estocados, correspondentes à recarga transitória média plurianual, para diferentes tipos de aqüíferos. Esse conceito é adotado em Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), que observa que os números apresentados devem ser considerados com cautela, pois o objetivo consiste em estabelecer comparações entre a disponibilidade natural e as extrações, contribuindo, conseqüentemente, para o planejamento racional do aproveitamento dos recursos hídricos. A partir dessas considerações, foram definidos os seguintes índices para a bacia do Paraíba do Sul: Aqüífero Cristalino = 20%, Formação Caçapava = 25% e Formação Tremembé = 15%. O índice de 25%, entretanto, foi adotado para todo o conjunto da área sedimentar, tendo em vista que o número de poços e o volume de águas subterrâneas extraídos da Formação Tremembé não se encontravam discriminados na maioria dos poços tubulares do cadastro.

Dessa forma, da vazão total que circula anualmente no aqüífero sedimentar (10 m<sup>3</sup>/s), poderia ser utilizada como reserva explotável uma vazão correspondente a 2,5 m<sup>3</sup>/s; considerando que no aqüífero cristalino a vazão total estimada é de 88 m<sup>3</sup>/s, seguindo-se o mesmo raciocínio, a reserva explotável corresponderá a 17,6 m<sup>3</sup>/s. A referência esclarece que deve ser levado em consideração um fato relacionado ao escoamento das águas do sistema cristalino, que não foi objeto de abordagem nos estudos anteriores - estando a bacia sedimentar localizada no centro da bacia hidrográfica e seu alongamento coincidente com o canal de drenagem do rio Paraíba - é razoável

supor que uma parcela do fluxo de base do aquífero cristalino, em área limítrofe ao contorno sedimentar, transite pelo manto de alteração (cujas características hidrodinâmicas são similares às dos aquíferos granulares), rumo ao canal principal, contribuindo, assim, com a recarga do aquífero sedimentar. Isto admite uma recarga suplementar da ordem de 1 m<sup>3</sup>/s com origem a jusante da região de São José dos Campos, e a partir daí, segundo estudos do DAEE (1979), o fluxo de base é do aquífero para o rio Paraíba do Sul e seus afluentes. Em vista disso, o potencial total do aquífero sedimentar é de 3,5 m<sup>3</sup>/s (ao invés de 2,5 m<sup>3</sup>/s) e do aquífero cristalino, de 16,6 m<sup>3</sup>/s (no lugar de 17,6 m<sup>3</sup>/s).

- **Utilização das Águas Subterrâneas**

A [Tabela 2.2.3](#) apresenta os percentuais de abastecimento público por águas subterrâneas para os municípios paulistas pertencentes à bacia. Os municípios não incluídos na relação apresentam percentual de abastecimento nulo.

**Tabela 2.2.3 - Percentuais de Abastecimento Público por Águas Subterrâneas**

Município	% de Abastecimento
Caçapava	75– 100
Cachoeira Paulista	0 – 25
Canas	25– 50
Guararema	25– 50
Guaratinguetá	0– 25
Jacareí	0– 25
Jambeiro	50– 75
Lorena	75– 100
Paraibuna	0– 25
Potim	50– 75
Redenção da Serra	25– 50
Roseira	25– 50
São José dos Campos	25– 50
Silveiras	25– 50

Fonte: CETESB (1998) in CPTI (2000).

A partir da Tabela 2.2.3, verifica-se que os municípios de Caçapava e Lorena apresentam os maiores percentuais de abastecimento público por águas subterrâneas.

Na abordagem da utilização das águas subterrâneas na bacia foi estimado em cerca de 1220 o total de poços tubulares (Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999)). A vazão total extraída foi calculada a partir da vazão média corrigida, multiplicada pelo total de poços estimados ativos. Na vazão total, considerou-se um tempo de funcionamento médio de 10 horas por dia e 365 dias por ano, baseado em critério adotado pelo DAEE (1979). Do total estimado de 648 poços no aquífero sedimentar, com vazão média por poço ponderada de 38 m<sup>3</sup>/h, a vazão total extraída foi calculada em 2,8 m<sup>3</sup>/s. No aquífero cristalino, para uma estimativa de 203 poços com vazão média por poço ponderada de 12 m<sup>3</sup>/h, a vazão total extraída foi de 0,3 m<sup>3</sup>/s. Nos aquíferos misto e indefinido, respectivamente, com 96 e 274 poços, com vazões médias por poço ponderadas de 15 m<sup>3</sup>/h e 10 m<sup>3</sup>/h, as vazões totais extraídas foram calculadas em 0,2 m<sup>3</sup>/s e 0,3 m<sup>3</sup>/s.

Com relação aos diversos usos das águas subterrâneas, o Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), com base nas informações do DAEE, SABESP, CETESB e no Plano Estadual de Recursos Hídricos de 1990, estima em 1,7 m<sup>3</sup>/s a vazão explorada para o uso urbano, 1,8 m<sup>3</sup>/s para o uso industrial e 0,1 m<sup>3</sup>/s para o uso rural, perfazendo o total de 3,6 m<sup>3</sup>/s.

Os estudos desenvolvidos pela CPTI (2000), com base apenas nos dados do DAEE (2000), mostram que pelo menos 80% dos poços extraem águas subterrâneas do sistema aquífero sedimentar Taubaté, constituindo o maior manancial subterrâneo da bacia (288 do total de 363 poços). Em termos construtivos e operacionais, a profundidade média dos poços é de 158 m, a vazão média, de 57,5 m<sup>3</sup>/h e a vazão específica média, de 2,0 m<sup>3</sup>/h/m. As vazões médias do sistema aquífero sedimentar são, em média, o dobro das extraídas do aquífero cristalino. O rebaixamento médio é de cerca de 28 m, valor este mais elevado no aquífero cristalino (75,1 m) do que no aquífero sedimentar (22,5 m). A Tabela 2.2.4 apresenta os dados médios de poços por unidade aquífera.

**Tabela 2.2.4 – Dados Hidrogeológicos Médios de Poços Tubulares (obtidos em DAEE (2000) modificados)**

Unidade Aquífera	Numero de Poços	Profund. Média (m)	Profund. do NE (m)	Vazão Média (m <sup>3</sup> /h)	Rebaixamento (m)	Vazão Espec. Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Sist. Aquífero Sedim. Taubaté	288	160,5	46,2	51,8	22,5	2,30
Sist. Aquífero Cristalino	32	151,4	9,3	26,9	75,1	0,36
Misto	16	156,8	33,1	90,8	43,52	2,09
Dado não disponível	27	138,6	34,4	135,5	25,1	5,40
<b>Total</b>	<b>363</b>	<b>157,9</b>	<b>41,5</b>	<b>57,5</b>	<b>28,3</b>	<b>2,03</b>

Fonte: CPTI (2000).

Com relação ao licenciamento e à outorga, o estudo da CPTI (2000) observa que há um número pouco expressivo de poços com licença de operação - cerca de 14% (156 do total de 1.141 poços); 1% com licença de perfuração e nenhum poço com outorga para uso da água. A Tabela 2.2.5 apresenta a situação de outorga de poços tubulares na porção paulista da bacia.

**Tabela 2.2.5 – Situação da Outorga de Poços Tubulares**

Levantamento	Licença de Operação	Licença de Perfuração	Cadastro	Desativado	Dado Não Disponível	Outorga pelo Uso	Total
DAEE (2000)	150	6	2	9	91	0	363
PRODESP(2000)	6	7	0	1	761	0	778
<b>Total</b>	<b>156</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>852</b>	<b>0</b>	<b>1141</b>

Fonte: CPTI (2000).

#### • Disponibilidade x Exploração das Águas Subterrâneas

As extrações consideradas levam em conta apenas os poços tubulares, pois não se dispõe de informações de captações por poços escavados, drenos, poços rasos e nascentes que, via de regra, são utilizados para consumo doméstico residencial ou rural, dessedentação de animais, irrigação, pequenas indústrias e outras atividades humanas. Essas extrações podem ser desprezadas pela ausência de informações a respeito das recargas induzidas por perdas nas redes de abastecimento e esgotamento públicos dos núcleos urbanos (Consórcio ICF KAISER-LOGOS, 1999).

Como pode-se verificar, no sistema aquífero sedimentar a vazão explotável é 3,5 m<sup>3</sup>/ e a vazão total extraída foi calculada em 2,8 m<sup>3</sup>/s. Considerando a bacia sedimentar como um corpo contínuo e homogêneo, há ainda uma folga nessa disponibilidade, mas, na prática, não é o que ocorre, pois há divisões em sub-bacias e complexidades na geometria do topo do embasamento cristalino. Além disso, os pontos de captações não são bem distribuídos, podendo provocar rebaixamentos acentuados nos centros urbanos com elevada concentração de poços, como é o caso de São José dos Campos, Jacareí e Caçapava, onde já se suspeitam os efeitos da superexploração.

No sistema cristalino as extrações são muito baixas em face de seu potencial; no entanto, poderão ocorrer resultados surpreendentes em termos de vazões nas perfurações devido às suas características de descontinuidade espacial, com resultados bastante discrepantes, mesmo estando em áreas contíguas.

### **2.2.2.3 Qualidade das Águas Subterrâneas**

No que se refere aos indicadores de qualidade, segundo DAEE (1979) e conforme consta no documento elaborado pelo Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), as águas subterrâneas da porção paulista apresentam as seguintes características:

- águas em geral ligeiramente ácidas e, na maioria dos casos, o pH varia entre 4,5 e 6,5;
- alcalinidade variando de 1-782 mg/l CaCO<sub>3</sub> e dureza total de 0-273mg/l CaCO<sub>3</sub>;
- teores relativamente altos de sílica (4-75 mg/l);
- teores relativamente altos de cálcio (0-58 mg/l) e magnésio (0-31 mg/l) com a razão Mg/Ca sempre inferior a 0,6;
- teores de cloretos e sulfatos geralmente muito baixos;
- teores de ferro de 0,01-4,8 mg/l, com valor médio de 0,44;
- temperaturas de 22°-24° C.

Algumas observações ou recomendações encontram-se registradas no documento elaborado pelo Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999), dentre as quais se destacam as seguintes:

- são encontrados geralmente fluoretos em níveis baixos, sendo 0,8 mg/l a 1,0 mg/l a concentração usual. Problemas dentários na população consumidora poderão ser reduzidos mediante a adição de fluoreto às águas potáveis;
- teores de ferro superiores a 0,3 mg/l não são aconselháveis, apesar de não serem críticos do ponto de vista de potabilidade. Em alguns locais do Vale do Paraíba do Sul aparecem teores acima de 0,3 mg/l de ferro, recomendando-se, portanto, o tratamento dessas águas antes de seu uso.

Com relação à adequabilidade para o uso agrícola, as águas do aquífero sedimentar foram consideradas adequadas para todos os tipos de plantas. No caso de uso industrial, as águas deverão ser examinadas e, se necessário, tratadas antes de sua utilização (indústrias mais exigentes como as de laticínios e bebidas).

A partir de análises compiladas de relatórios técnicos de poços obtidos no DAEE (efetuadas com o propósito de avaliar sua potabilidade), o Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999) organizou um quadro com os dados hidroquímicos das águas subterrâneas.

Esses dados foram compilados da literatura e referem-se a monitoramentos efetuados na década de 1970 até, no máximo, o início da década de 1990. Contêm informações quanto aos seguintes parâmetros, a partir do número do poço/DAEE e município a que pertence: pH, CE (condutividade elétrica, em mS/cm<sup>2</sup>), T (temperatura da água, em °C), turbidez (UNT<sup>3</sup>), dureza, sólidos totais (mg/l), alcalinidade CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (mg/l) e alcalinidade HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (mg/l), além dos íons (em mg/l) Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Cr<sup>total</sup> ou Cr<sup>6+</sup>, Fe<sup>total</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Mn<sup>total</sup>, Zn<sup>2+</sup>, CN<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, N<sub>amon.</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Há, também, dados sobre quantidades de fenóis (mg/l), coliformes fecais (CF, em NMP/100 ml) e coliformes totais (CT, em NMP/100 ml).

Os dados anteriores poderão ser acessados no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA).

É importante observar que essas análises foram realizadas após a perfuração, a instalação e o desenvolvimento dos poços, tratando-se apenas de uma apresentação de dados disponíveis. Não existe, portanto, a intenção de efetuar a caracterização hidroquímica sistemática das águas subterrâneas. Uma observação preliminar desse quadro indica que muitas das análises carecem do aprofundamento necessário à avaliação da potabilidade, não se sabendo, inclusive, em que condições as amostras foram coletadas e se foram filtradas e preservadas. Dados mais recentes foram coletados pela CETESB em um número reduzido de poços; são os apresentados na [Tabela 2.2.6](#).

É oportuno mencionar que estudos desenvolvidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), recentemente concluídos, obtiveram valores de referência de qualidade próprios para a avaliação dos graus de poluição das águas subterrâneas. O valor de referência da qualidade indica as condições de águas subterrâneas em seu estado natural, constituindo uma base para o processo de avaliação de riscos e para as medidas de prevenção e controle a serem adotadas. O valor de intervenção indica o limite de contaminação das águas subterrâneas acima do qual existe risco potencial à saúde humana. Os estudos, a metodologia e os valores orientadores dos poluentes estão consolidados em CETESB et al. (2001).

---

<sup>2</sup> Milisiemens/cm.

<sup>3</sup> Unidade nefelométrica de turbidez.

**Tabela 2.2.6 – Dados de Qualidade das Águas Subterrâneas de Poços Tubulares Situados em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

MUNICÍPIO	NOME DO POÇO	PROPR.	UTM	PROF (m)	DATA ANÁLISE	Cl <sup>-</sup> mg/l	K <sup>+</sup> mg/l	Fe Tot. mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	DURT mg/l	NH <sup>4+</sup> mg/l	NO <sup>3-</sup> mg/l	NO <sup>2-</sup> mg/l	N Tot. mg/l	STD mg/l	COND µS/cm	pH	Temp. °C	F mg/l	Crtotal mg/l	Cbac. N° Col/ml	Coli. Total NMP/100ml	Coli. Fec. NMP/100 ml
Caçapava	P21, SABESP	SABESP	427510 7441510	210	ABR/96	0.4	2.40	0.06	7.7	41.0	<0.05	0.01	<0.003	0.02	162	105	7.00	-	0.25	<0.011	0	0	0
					OUT/96	1.3	3.00	0.05	6.4	39.0	<0.05	<0.01	<0.020	<0.05	158	122	6.70	27	0.28	<0.011	0	0	0
					ABR/97	1.6	3.30	0.03	4.7	40.0	<0.05	0.03	<0.003	<0.05	158	97	6.60	28	0.25	<0.011	0	0	0
					SET/97	0.15	5.50	0.06	8.0	48.0	<0.05	<0.01	<0.002	<0.05	150	100	6.70	26	0.27	<0.010	0	0	0
Jambeiro	P4, SABESP	SABESP	424270 7420190	199	ABR/96	1.6	2.10	0.03	4.5	51.0	<0.05	0.28	<0.003	<0.01	100	81	7.00	23	<0.20	<0.011	80	0	0
					OUT/96	1.5	2.80	<0.03	4.5	49.0	<0.05	0.34	<0.002	<0.05	98	95	7.00	24	<0.20	<0.011	0	0	0
					ABR/97	2.2	2.60	0.08	3.8	49.0	<0.05	0.41	<0.003	<0.05	92	75	7.10	24	<0.20	<0.011	0	0	0
					SET/97	0.8	4.35	<0.03	6.4	54.0	<0.05	0.30	<0.002	<0.05	98	81	7.60	-	<0.20	<0.010	200	0	0
Redenção da Serra	P1, SAB/DAEE	SABESP	445200 7425600	160	ABR/96	3.4	3.40	<0.03	18.6	78.0	<0.05	0.04	<0.003	<0.01	148	145	7.20	29	<0.20	<0.011	0	0	0
					OUT/96	1.2	3.00	<0.03	11.5	75.0	<0.05	0.23	<0.002	<0.05	152	165	7.40	26	0.20	<0.011	0	0	0
					ABR/97	2.7	3.40	<0.03	13.0	76.0	<0.05	0.11	<0.003	<0.05	164	136	7.30	25	0.23	<0.011	0	0	0
					SET/97	1.9	5.50	<0.03	4.8	73.0	<0.05	0.09	<0.002	<0.05	104	136	7.20	26	0.20	<0.010	100	0	0
S. José dos Campos	P108-A, SABESP	SABESP	408820 7430160	161	ABR/96	0.4	3.20	0.09	5.7	24.0	<0.05	<0.01	<0.003	0.07	160	-	7.00	25	<0.20	<0.011	0	0	0
					OUT/96	0.6	3.00	<0.03	1.4	23.0	<0.05	0.09	<0.002	<0.05	142	104	7.00	25	<0.20	<0.011	0	0	0
					ABR/97	1.2	2.30	*	1.2	16.0	<0.05	0.04	<0.003	<0.05	118	71	7.30	28	0.29	<0.011	0	0	0
					SET/97	0.66	4.60	<0.03	4.1	25.0	<0.05	0.01	<0.002	0.150	146	86	6.90	26	<0.20	*	0	0	0
S. José dos Campos	P128, SABESP	SABESP	4184830 7436250	2274	ABR/96	0.2	2.20	0.09	2.9	14.0	<0.05	<0.01	<0.003	0.030	122	64	7.00	25	<0.26	<0.011	0	0	0
					OUT/96	1.8	2.20	0.05	1.1	14.0	<0.05	0.08	<0.002	0.005	110	79	6.90	25	<0.27	<0.011	0	0	0
					ABR/97	<0.15	3.40	0.03	1.6	23.0	<0.05	0.03	<0.003	<0.05	174	89	7.20	28	<0.20	<0.011	0	0	0
					SET/97	<0.15	3.50	<0.03	3.4	17.0	<0.05	<0.01	<0.002	0.180	100	68	6.50	26	<0.15	<0.010	0	0	0

Fonte: CETESB (1997 - adaptado).

#### **2.2.2.4 Aspectos Legais, Administrativos e Institucionais**

O Estado de São Paulo foi o pioneiro na criação de uma lei específica para águas subterrâneas - a Lei 6.134 de 1988. Essa lei dispõe, dentre outros aspectos, sobre a defesa da qualidade das águas, áreas de proteção, outorgas, cadastramento e medidas preventivas. Sua regulamentação foi dada pelo Decreto Estadual nº 32.955 de 7-2-1991, que instituiu, num dos instrumentos de gestão, a criação de áreas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos, “quando, (...) no interesse da conservação, proteção e manutenção do equilíbrio natural das águas subterrâneas, dos serviços de abastecimento de águas ou por motivos geotécnicos, se fizer necessário restringir a captação e o uso dessas águas”.

Dentro das estratégias para definição de políticas de gestão e qualidade existem duas visões: a que se concentra sobre a proteção da fonte de captação baseada em definição de perímetros de proteção e a que se baseia no controle das atividades geradoras ou potencialmente poluidoras (Instituto Geológico et al., 1997). A primeira apresenta problemas de ordem espacial; quando o número de poços é grande, é difícil estabelecer as áreas de proteção. Além disso, os problemas gerados pela incerteza sobre a migração dos contaminantes dificultam a instituição dessas áreas. A segunda estratégia trabalha sob o conceito da vulnerabilidade do aquífero à poluição, considerando a importância local do recurso hídrico subterrâneo no fornecimento de água.

A política adotada em São Paulo procura combinar as duas alternativas através da proteção geral do aquífero com medidas de controle das atividades que o afetam e do mapeamento da vulnerabilidade do aquífero para estabelecimento de áreas de proteção espacial em torno de poços de abastecimento público (FINOTTI et al., 2001).

Nota-se, na porção paulista, uma extensa utilização dos recursos hídricos subterrâneos, principalmente no abastecimento público. A evolução do setor de maquinaria e equipamentos de perfuração, no entanto, não foi acompanhada do controle da exploração da água, ainda realizada de maneira desordenada e predatória e sem nenhuma conscientização pública para o problema. Alguns fatores agravam o problema: a falta de conhecimento hidrogeológico disponível, a insuficiência de pessoal técnico habilitado, a tímida aplicação dos regulamentos que disciplinam a pesquisa e exploração de aquíferos e o estágio incipiente de produção de normas e diretrizes técnicas de projetos e de construção de poços. São de extrema importância ações corretivas e de controle em municípios com grande consumo de água subterrânea, como é o caso, por exemplo, de São José dos Campos, onde já se conhecem os efeitos da exploração intensiva com rebaixamentos excessivos dos lençóis freáticos.

#### **2.2.3 Trecho Fluminense da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Na década de 1970, o Estado do Rio de Janeiro ganhou um forte impulso nas pesquisas e estudos hidrogeológicos. Inúmeros trabalhos foram executados, principalmente pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), objetivando a construção de poços profundos para abastecimento de comunidades interioranas, pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) e por universidades.

A partir de meados de 1990, verificou-se firme articulação entre algumas instituições afins, objetivando reunir esforços para a integração de dados e o planejamento de

ações. Diversos projetos foram iniciados em conjunto, e hoje já se dispõe de alguns produtos (CAPUCCI et al., 2001). Como exemplo, há o trabalho coordenado pela CPRM, do qual resultou o “Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro”, apresentado na **Figura 2.2.4**. O inventário dos pontos de água que contêm as informações sobre a localização e os parâmetros hidráulicos dos poços utilizados na composição do referido mapa poderá ser acessado no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA).

A pesquisa e os estudos sistemáticos na área de águas subterrâneas ainda careciam de um centro de referência no Estado. Neste contexto, foi estruturada a Rede de Geotecnologia em Águas Subterrâneas (RESUB), com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), em parceria com a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Dentre os objetivos mais gerais, cabe menção à geração e agregação de competências, buscando a parceria entre instituições com atuação nos diversos aspectos relacionados com as águas subterrâneas e aquelas clientes ou usuárias desses recursos, e dentre os objetivos específicos, a geração de informações técnicas para auxiliar as prefeituras e os órgãos do Governo a utilizarem racionalmente os recursos hídricos subterrâneos com vistas ao abastecimento das comunidades não servidas pelo sistema público.

Essa rede, sob a coordenação do Laboratório de Geotecnologia do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense (UFF), foi estruturada em julho de 1997 mediante parceria entre 15 instituições – cinco universidades: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio), três instituições do Governo: CPRM, DRM-RJ e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER-Rio), cinco prefeituras e duas empresas de construção de poços. Dentre outros projetos, a RESUB participa atualmente do desenvolvimento de equipamentos para auxílio ao monitoramento das águas subterrâneas e de cursos de capacitação visando à formação de técnicos da EMATER-Rio e prefeituras.

Um projeto de significativa importância social e econômica para as regiões Norte e Noroeste Fluminense é o “Programa Frutificar”. Abrange 22 municípios do Estado, dentre os quais se destacam Cambuci, Natividade, Campos dos Goytacazes, Itaperuna e São Francisco do Itabapoana. O Programa consiste no incentivo à implantação de fruticultura irrigada, a exemplo das culturas do abacaxi, maracujá, goiaba e coco. A carência de oferta hídrica nessas áreas vem sendo complementarmente suprida por meio de águas subterrâneas (poços).

### **2.2.3.1 Unidades Aquíferas**

À exceção da porção continental da Bacia Sedimentar de Campos, da Bacia Sedimentar de Resende e de outras pequenas bacias sedimentares, como a de Volta Redonda, 80% da área do Estado é constituída por aquíferos fissurais cujas propriedades hidrodinâmicas apresentam distribuição espacial heterogênea e aleatória, sendo, portanto, difícil sua classificação segundo sistemas aquíferos com potencialidade hidrogeológica previsível.

BARRETO et al. (2000), no documento “Caracterização Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro”, propõem a análise multicritério mediante o uso de técnicas de geoprocessamento para caracterização dos aquíferos fissurais. Nas áreas

sedimentares (bacias sedimentares e depósitos aluvionares dos grandes rios), propõem a adoção de critérios hidrogeológicos convencionais, a partir dos dados dos poços tubulares e das informações estratigráficas e sedimentológicas disponíveis na literatura.

- **Aqüíferos em Rochas Cristalinas**

Com relação à favorabilidade à exploração das águas subterrâneas, para os aqüíferos fissurais do Estado do Rio de Janeiro foram gerados onze índices subdivididos em quatro classes de favorabilidade: desfavorável, baixa a muito baixa, mediana e alta a muito alta. Os estudos indicaram que aproximadamente 85% da área de ocorrência desses aqüíferos encontra-se inserida nas classes mediana e alta a muito alta, apontando para vazões estimadas mínimas, da ordem de 5 m<sup>3</sup>/h, o que vem a ser confirmado pelos dados obtidos durante trabalhos de cadastramento de poços (BARRETO et al, 2000). Apenas 5% dos poços com alguma vazão estão em áreas classificadas como desfavoráveis ou baixas. O resultado desse trabalho evidencia que os aqüíferos fissurais do Estado do Rio de Janeiro são favoráveis à utilização do recurso hídrico subterrâneo, principalmente para o abastecimento de pequenas comunidades, sendo sempre necessários estudos mais pormenorizados, de caráter local (CAPUCCI et al, 2001).

- **Aqüíferos em Rochas Sedimentares**

As áreas sedimentares do Estado do Rio de Janeiro são bastante restritas, correspondendo às bacias de Campos e Resende, aos aluviões dos diversos rios existentes e a pequenas bacias, como Volta Redonda. O conhecimento das propriedades dos aqüíferos desses sedimentos ainda é, no entanto, incipiente.

O estudo desenvolvido por BARRETO et al. (2000) para o Estado do Rio de Janeiro resultou na identificação de onze sistemas aqüíferos sedimentares, dentre os quais o Flúvio-deltaico, o Emborê, o São Tomé II, o São Tomé I e o Barreiras, localizados na Bacia Sedimentar de Campos; o Multicamadas Resende, na Bacia Sedimentar de Resende; o Terciário Volta Redonda, na Bacia Sedimentar de Volta Redonda; e os Alúvio-Lacustres, dispersos por toda a área do Estado. O estudo ressalta que alguns desses sistemas podem ser considerados de alta potencialidade hidrogeológica, como é o caso do Flúvio-deltaico, na Bacia Sedimentar de Campos, nos arredores da cidade de mesmo nome. De acordo com informações da CEDAE, a vazão dos poços implantados nesse sistema pode ultrapassar 200 m<sup>3</sup>/h, com rebaixamentos de 1 m a 2 m, apresentando águas de boa qualidade que dispensam tratamentos posteriores complexos. Trata-se, porém, de um sistema extremamente vulnerável, devendo ser visto com muita cautela quanto à sua proteção e conservação – é um manancial extremamente importante, chegando a ser estratégico para a região. De modo geral, toda a área da Bacia Sedimentar de Campos apresenta altíssima favorabilidade, à exceção de onde ocorre o aqüífero da Formação Barreiras, cujas vazões máximas dos poços são da ordem de 2 m<sup>3</sup>/h.

Outra área de relevante importância em termos de favorabilidade hidrogeológica corresponde à área da Bacia Sedimentar de Resende, onde ocorre o Sistema Multicamadas Resende. A produtividade desse sistema aqüífero é alta, chegando a vazões da ordem de 30 m<sup>3</sup>/h a 50 m<sup>3</sup>/h, variando de acordo com o local (CASTRO,2000). Nessa área, no entanto, estudos hidrogeológicos são escassos (AIRES,1996; FILKENSTEIN,1980). A utilização de água subterrânea por indústrias e municípios já é, porém, uma realidade há muitos anos. Não existe, contudo, o

controle técnico sistemático dos aquíferos da bacia nem um trabalho de síntese dos estudos hidrogeológicos realizados.

Objetivando aprimorar o conhecimento hidrogeológico na região Oeste do Estado do Rio de Janeiro, particularmente no Vale do Paraíba, o Departamento de Geologia da UFRJ, em parceria com a CPRM e o Observatório Nacional, vem desenvolvendo uma metodologia integrada para análise do potencial hidrogeológico em áreas sedimentares, tomando como caso de estudo a Bacia Sedimentar de Resende.

Tendo em vista os altíssimos graus de favorabilidade das bacias de Campos e Resende, este trabalho apresenta, na seqüência, uma descrição pormenorizada dessas duas bacias. Esta favorabilidade é retratada por CAPUCCI (1988) no mapa “Potencialidades Médias de Água Subterrânea no Estado do Rio de Janeiro”.

Tendo por base o referido mapa, CAETANO (2000) classifica extensas áreas do município de Campos em um padrão de potencialidade compreendido entre 5 m<sup>3</sup>/h/m e 12 m<sup>3</sup>/h/m (*elevado*), com algumas localidades com padrão *muito elevado* (vazões específicas superiores a 12 m<sup>3</sup>/h/m). Os municípios de Resende, São João da Barra e parte do de São Francisco do Itabapoana, na categoria de *elevado* (vazões específicas compreendidas entre 5 m<sup>3</sup>/h/m e 12 m<sup>3</sup>/h/m).

Com relação ao Sistema Aquífero Terciário Volta Redonda, este ocorre em uma área de aproximadamente 8 km<sup>2</sup> e está localizado nos arredores da cidade de mesmo nome. Os aquíferos são livres a semi-confinados, com espessuras entre 10 m e 30 m, e apresentam produtividade menor do que 1 m<sup>3</sup>/h. A qualidade química das águas é regular, com ocorrência de ferro (BARRETO et al., 2000).

### **Bacia Sedimentar de Campos**

A Bacia Sedimentar de Campos está localizada na região norte fluminense e vem sendo alvo de inúmeros estudos ante a importância de seus campos petrolíferos. Os estudos, na sua porção emersa, no entanto, não evoluíram da mesma forma, e ainda hoje não existe consenso sobre sua estratigrafia.

A potencialidade hídrica da bacia foi constatada em 1959 com a perfuração do poço 2-CST-1-RJ em Cabo de São Tomé pela Petrobrás. Apesar de comprovar a inexistência de petróleo na área continental da bacia, foi constatada a presença de água doce até a profundidade de 350 m. A área emersa vem sendo estudada por LAMEGO (1940-1955), pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, por meio do DRM e MARTIN et al. (1997), dentre outros, que desenvolvem trabalhos a respeito da evolução do delta do rio Paraíba do Sul.

Em 1980, a empresa ENCO executou o primeiro trabalho na intenção de viabilizar a exploração de água subterrânea para fins de consumo pela população local. Em 1995, a GEOPLAN, mediante contrato firmado com a CEDAE, elaborou projetos para execução de poços com a finalidade de suprir a carência hídrica da população de Campos dos Goytacazes, de São Francisco de Itabapoana e São João da Barra (CAETANO, 2000).

Os aquíferos mapeados correspondem à porção continental dessa bacia onde ocorrem os sedimentos terciários e quaternários, depositados sobre embasamento cristalino, e sedimentos mais antigos. A evolução estrutural da bacia influencia diretamente a geometria dos sistemas aquíferos. De modo geral, existe o

espessamento dos sedimentos de NW para SE (CAPUCCI et al.,2001). Nesse grupo encontram-se cinco aquíferos, a saber:

**Flúvio-deltaico** – localiza-se na margem direita do rio Paraíba do Sul, próximo à cidade de Campos, abrangendo uma área de aproximadamente 304 km<sup>2</sup>. Algumas localidades são abastecidas por captações nesse sistema. O aquífero é livre, com capacidade específica média de 90 m<sup>3</sup>/h/m. A vazão dos poços nesse sistema pode atingir 200 m<sup>3</sup>/h, com águas de boa qualidade, ocasionalmente ferruginosas;

**Emborê(?)**<sup>4</sup> – o aquífero é confinado a semiconfinado e tem capacidade específica média de 3,50 m<sup>3</sup>/h/m. A vazão de poços pode atingir 100 m<sup>3</sup>/h, com águas de boa qualidade;

**São Tomé II** – ocorre em quase toda a região. O aquífero é confinado, com capacidade específica média de 2,35 m<sup>3</sup>/h/m. Diversos poços são utilizados para abastecer cidades e comunidades locais, dentre as quais São João da Barra. A vazão dos poços pode atingir 60 m<sup>3</sup>/h, e as águas em geral são de boa qualidade, podendo apresentar-se ferruginosas;

**São Tomé I** – situado na parte central da porção emersa da bacia de Campos, formando um eixo alongado no sentido NE-SW. O aquífero é confinado, com capacidade específica média de 0,5 m<sup>3</sup>/h/m. Ocorrem águas ferruginosas e a vazão dos poços pode atingir 20 m<sup>3</sup>/h;

**Barreiras** – encontra-se na borda oeste da Bacia Sedimentar de Campos. O aquífero é livre e pouco produtivo, com capacidade específica média de 0,33m<sup>3</sup>/h/m. As vazões dos poços normalmente não ultrapassam 2 m<sup>3</sup> /h, e as águas são normalmente ferruginosas.

A bacia de Campos foi objeto de recente abordagem na tese apresentada por CAETANO (2000). O objetivo principal dessa pesquisa consistiu no fornecimento de fontes alternativas seguras para o abastecimento de água potável da população do município de Campos dos Goytacazes com base na quantificação do reservatório e na avaliação da potencialidade de exploração dos aquíferos locais. De forma a permitir à Administração local optar pela melhor alternativa de utilização do potencial hídrico da região, foi feita uma análise comparativa entre os custos do abastecimento, através de água superficial e de água subterrânea. Como objetivo secundário, foi efetuada a compilação de dados geológicos, hidrogeológicos, de demanda e potencialidade dos recursos hídricos do município de Campos, visando colaborar na elaboração de diretrizes para a implementação da gestão de recursos hídricos subterrâneos no município.

De forma conclusiva, CAETANO (2000) destaca a elevada potencialidade hídrica subterrânea no município de Campos dos Goytacazes e municípios vizinhos onde, mesmo sob condições geológicas diferentes, há o favorecimento para formação de bons aquíferos. O aproveitamento dessa água, segundo o estudo da ENCO, pode ser feito a um custo mais baixo do que o da água superficial. Mesmo assim, segundo informações da Superintendência da CEDAE de Campos, pelo menos 10% da população não recebem água encanada, consumindo água de qualidade duvidosa,

---

<sup>4</sup> (?) – O uso de interrogação junto à denominação Emborê se explica pelo fato de existirem questionamentos quanto à correlação desses sedimentos com a Formação Emborê. Algumas hipóteses sugerem que os mesmos seriam variações da Fácies São Tomé ou, ainda, seriam sedimentos mais recentes, relacionados a ambientes flúvio-deltaicos quaternários.

extraída de pequenas cacimbas, muitas vezes próximas da própria fossa e do sumidouro residencial.

Complementando os dados anteriores, segundo informações verbais recentemente prestadas pela empresa Águas do Paraíba S.A., responsável pela operação e manutenção do sistema de abastecimento de água da cidade de Campos dos Goytacazes, a captação de água bruta é feita diretamente no rio Paraíba do Sul, recalçando atualmente 780 l/s para a estação de tratamento que abastece 95% da população urbana atendida. Os restantes 5% da população são abastecidos por 15 poços profundos que recalcam a vazão de 50l/s.

### **Bacia Sedimentar de Resende**

A bacia de Resende foi objeto de pesquisa na tese apresentada por CASTRO (2000). O objetivo principal desse estudo consistiu na caracterização do funcionamento dos aquíferos e da qualidade de suas águas, visando à adoção de uma conduta de utilização coerente dos recursos hídricos subterrâneos na região.

Com base nas informações de 80 pontos de captação de águas subterrâneas cadastrados, foi realizada a avaliação hidrogeológica da bacia de Resende. Diferentes temas foram abordados nesse trabalho, dentre os quais a circulação da água subterrânea, o armazenamento, a classificação das unidades aquíferas, a classificação dos tipos de águas subterrâneas presentes, a distribuição desses tipos de águas na bacia e a variação temporal da qualidade da água.

CASTRO (2000) identifica o Aquífero Sedimentar Multicamadas como o de maior importância para a bacia, apesar de bastante heterogêneo, caracterizando-o como semiconfinado a confinado. Estende-se por toda a área da bacia, tem espessuras de até 220 m e é bastante afetado por falhamentos normais e fraturas (CAPUCCI et al., 2001). Apresenta capacidade específica média da ordem de 0,559 m<sup>3</sup>/h/m e vazões que chegam a atingir 70 m<sup>3</sup>/h. Possui água normalmente de boa qualidade, podendo ser ferruginosa.

Em termos hidroquímicos, CASTRO (2000) verifica certa homogeneidade na classificação das águas: de modo geral, são pouco mineralizadas, levemente básicas, bicarbonatadas sódicas e de baixa salinidade. Além dos significativos teores de HCO<sub>3</sub> e Na, ocorrem também, de maneira abundante, Ca, Mg, Fe e NO<sub>3</sub>. A distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica indicou que, próximo às bordas da bacia, se encontram as águas mais salinas.

O modelo de funcionamento hidrogeológico proposto na pesquisa para a bacia de Resende, de acordo com a caracterização hidrodinâmica e com o balanço hídrico realizado, indica que o aquífero Multicamadas recebe seu principal aporte a partir da infiltração das águas da chuva e também da contribuição do rio Paraíba do Sul. A circulação da água no espesso pacote sedimentar que caracteriza essa unidade depende das condições locais, já que a marcante intercalação entre suas camadas e o grau de fraturamento e/ou falhamento que afetam esta unidade podem facilitar ou dificultar a circulação da água.

### 2.2.3.2 Potencialidade Hidrogeológica no Trecho Fluminense da Bacia do Paraíba do Sul

Para conhecer a potencialidade hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro foram desenvolvidos estudos pela CPRM, em parceria com o DRM-RJ, universidades e empresas públicas e privadas, contemplando as seguintes regiões: Metropolitana do Rio de Janeiro, Noroeste Fluminense, Norte Fluminense, Serrana, das Baixadas Litorâneas, do Médio Paraíba, Centro-Sul Fluminense e da Baía da Ilha Grande. Os dados utilizados e os resultados encontrados estão consolidados na publicação “Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários”, elaborada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, pela Secretaria de Estado de Energia, da Indústria Naval e do Petróleo e pelo Departamento de Recursos Minerais-RJ, no âmbito do Projeto PLANÁGUA, SEMADS/GTZ.

Na seqüência são apresentadas tabelas contendo as médias das profundidades, das vazões e das capacidades específicas relativas aos poços tubulares cadastrados em cada uma das regiões pertencentes à porção fluminense da bacia do Paraíba do Sul. Alguns municípios não foram incluídos nas tabelas em virtude da não existência de dados sobre os poços em seus territórios. A referência ressalta que grande parte dos dados utilizados não segue um critério de locação ou qualquer forma de seleção. Observa, ainda, que os resultados possivelmente seriam melhores, se a construção dos poços fosse executada de forma a atingir a máxima eficiência (CAPUCCI et al., 2001).

#### – Região Noroeste

Como se observa na [Tabela 2.2.7](#), as águas captadas são provenientes do aquífero fraturado. Isso não exclui a importância de alguns aquíferos superficiais, principalmente devido ao fato de em algumas regiões, apesar do alto potencial, as águas contidas no aquífero fraturado poderem apresentar altos teores de ferro. A ocorrência de águas minerais carbogosas, captadas a pequenas profundidades, provavelmente associadas a aquíferos rasos, é outro fato que se destaca.

**Tabela 2.2.7 – Região Noroeste Fluminense**

Município	Nº Poços	Aquífero Captado	Profundidade Média dos Poços (m)	Vazão Média dos Poços (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Aperibé	9	Fraturado	54,14	8,31	3,61
Cambuci	9	Fraturado	64,98	10,81	0,72
Varre-Sai	15	Fraturado	54,98	3,31	0,67
S. J. de Ubá	6	Fraturado	85,83	16,50	1,22
S.A de Pádua	40	Fraturado	57,50	8,41	0,64
Miracema	12	Fraturado	87,50	3,73	0,37
Natividade	6	Fraturado	53,33	8,87	0,60
Porciúncula	9	Fraturado	63,00	7,42	0,54
Italva	5	Fraturado	69,60	5,19	0,17
Itaocara	28	Fraturado	61,69	7,72	0,99
Itaperuna	62	Fraturado	55,80	6,03	0,38
L. do Muriaé	2	Fraturado	97,00	11,50	2,18

Fonte: CAPUCCI et al (2001).

### – Região Norte

Compreende região de alto potencial e qualidade muito boa da água. A vulnerabilidade de alguns aquíferos, entretanto, é bastante elevada, devendo ser tratados com cuidado. Dependendo do sistema aquífero e da profundidade perfurada, a água pode estar enriquecida em ferro e algumas vezes em cloretos. CAPUCCI et al. (2001) observam que existem poucas informações sobre poços perfurados no cristalino, o que dificulta a obtenção de resultados mais seguros.

**Tabela 2.2.8 – Região Norte Fluminense**

Município	Nº Poços	Aquífero Captado	Profundidade Média dos Poços (m)	Vazão Média dos Poços (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Campos	4	Fraturado	115,50	3,73	0,18
	44	Poroso	92,75	34,18	14,43
S. F. Itabapoana <sup>(1)</sup>	1	Misto	81,50	-	-
	15	Poroso	113,96	25,11	1,70
S. J. Barra	17	Poroso	178,46	47,10	6,54
S. Fidélis	5	Fraturado	66,00	9,74	0,45
C. Moreira	2	Fraturado	55,00	4,78	0,16

Fonte: CAPUCCI et al. (2001).

(1) A sede do município de S. Francisco de Itabapoana encontra-se fora da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

### – Região Serrana

A média geral para a região serrana é elevada, sobretudo, pela ocorrência de um poço em Cordeiro com valores de vazão e capacidade específica muito altos, como mostra a [Tabela 2.2.9](#). A qualidade da água nessa região é muito boa, tendendo a ocorrer águas leves. CAPUCCI et al. (2001) observam a existência de grandes pacotes de mármores na região, propiciando a circulação das águas através de cavidades formadas por dissolução (aquíferos cársticos).

**Tabela 2.2.9 – Região Serrana**

Município	Nº Poços	Aquífero Captado	Profundidade Média dos Poços (m)	Vazão Média dos Poços (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Bom Jardim	3	Fraturado	69,50	8,33	0,43
Cantagalo	16	Fraturado	97,80	9,75	0,39
S. J. V. R. Preto	23	Fraturado	100,66	4,76	0,34
Teresópolis	106	Fraturado	79,07	4,10	0,46
Petrópolis	102	Fraturado	96,03	6,93	0,55
	19	Misto	78,11	5,24	0,57
Carmo	15	Fraturado	113,67	12,13	-
Cordeiro	4	Fraturado	77,50	92,75	6,36
Duas Barras	4	Fraturado	103,25	6,00	0,19
Macuco	2	Fraturado	86,00	2,70	0,75
Nova Friburgo	19	Fraturado	83,48	7,52	0,27
Sta. Ma. Madalena	1	Fraturado	-	-	-
S. Sebastião do Alto	14	Fraturado	98,62	4,74	0,21
Sumidouro	4	Fraturado	111,75	4,73	0,12
Trajano de Moraes	1	Fraturado	37,00	4,00	-
Total	314	Fraturado	88,79	12,96	0,92
	19	Misto	78,11	5,24	0,57

Fonte: CAPUCCI et al (2001).

### – Região do Médio Paraíba

Os aquíferos relacionados à Bacia Sedimentar de Resende têm, em geral, elevado potencial. Nas outras áreas o potencial varia e tem como fator limitante para a utilização da água subterrânea a qualidade, uma vez que a ocorrência de águas ferruginosas é possível.

**Tabela 2.2.10 – Região do Médio Paraíba**

Município	Nº Poços	Aquífero Captado	Profundidade Média dos Poços (m)	Vazão Média dos Poços (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Barra Mansa	19	Fraturado	83,81	9,00	0,92
Rio das Flores	10	Fraturado	84,56	9,04	0,41
Resende	11	Fraturado	103,45	9,36	0,54
	7	Misto	97,25	8,09	0,47
	40	Poroso	108,67	15,07	0,56
Porto Real	2	Poroso	191,50	30,00	0,46
Itatiaia	1	Fraturado	100,00	1,20	0,02
	3	Misto	117,67	3,60	0,11
	6	Poroso	77,75	4,86	0,17
Quatis	1	Poroso	139,5	8,00	0,105
Rio Claro	8	Fraturado	66,21	3,67	0,15
Piraí	5	Fraturado	79,12	4,29	0,21
Valença	8	Fraturado	99,63	5,47	0,60
Volta Redonda	22	Fraturado	81,05	7,13	0,15
Total	84	Fraturado	87,23	6,14	0,38
	10	Misto	107,46	5,84	0,29
	49	Poroso	129,36	14,48	0,32

Fonte: Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários CAPUCCI et al (2001).

### – Região Centro-Sul

Como se observa na [Tabela 2.2.11](#), o potencial para a utilização das águas subterrâneas nessa região é variável, tendendo a ser maior na área do Graben do Paraíba. Com relação à qualidade, CAPUCCI et al. (2001) ressaltam a possibilidade de ocorrência de águas ferruginosas.

**Tabela 2.2.11 - Região Centro-Sul**

Município	Nº Poços	Aquífero Captado	Profundidade Média dos Poços (m)	Vazão Média dos Poços (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica Média (m <sup>3</sup> /h/m)
Vassouras	29	Fraturado	74,67	5,74	0,22
Três Rios	16	Fraturado	88,71	13,43	2,13
Miguel Pereira	25	Fraturado	73,28	3,01	0,28
Paraíba do Sul	25	Fraturado	74,35	8,78	0,84
Areal	12	Fraturado	135,00	15,40	0,55
Com. Levy Gasparian	5	Fraturado	135,20	21,38	1,07
Eng. P. Frontin <sup>(1)</sup>	1	Misto	64,00	9,00	0,60
	1	Fraturado	60,00	10,56	1,96
Mendes	9	Fraturado	79,78	6,28	0,15
Paty do Alferes	3	Fraturado	82,33	4,74	0,02
Sapucaia	14	Fraturado	78,30	9,71	0,45
Total	139	Fraturado	88,16	9,90	0,77
	1	Misto	64,00	9,00	0,60

Fonte: Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários CAPUCCI et al. (2001).

(1) A sede do município Eng. Paulo de Frontin encontra-se fora da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Os dados referentes aos poços cadastrados pelo DRM-RJ nos diversos municípios pertencentes à parte fluminense da bacia poderão ser acessados no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA). Dentre as informações, destacam-se: local, coordenadas, aquífero, profundidade, nível dinâmico, nível estático, vazão, pH e capacidade específica.

### **2.2.3.3 Aspectos Legais, Administrativos e Institucionais**

A partir da promulgação da Lei Estadual de Recursos Hídricos (Lei 3.239/99), a preservação e o controle do uso das águas subterrâneas passaram a fazer parte da legislação do Estado do Rio de Janeiro. Sua regulamentação já se encontra em andamento.

Nessa lei, em linhas gerais, está previsto o seguinte para as águas subterrâneas:

- diagnósticos dos aquíferos e cadastro dos usuários (poços tubulares) (art. 12, III e IV);
- promoção da despoluição dos aquíferos (art. 3º, VI);
- proteção das áreas de recarga contra poluição com classificação de áreas de proteção dos aquíferos (art. 3º, VIII, e art. 39);
- a exploração dos aquíferos deverá obedecer ao princípio da vazão sustentável, assegurando, sempre, que o total extraído pelos poços e demais captações nunca exceda a recarga, de modo a evitar o deplecionamento. Nos aquíferos costeiros, a vazão sustentável é aquela capaz de evitar a salinização por intrusão marinha. (art. 36);
- os projetos de disposição de resíduos sólidos e efluentes, de qualquer natureza, no solo, deverão conter a descrição detalhada das características hidrogeológicas e da vulnerabilidade do aquífero da área, bem como as medidas de proteção a serem implementadas pelo responsável pelo empreendimento. (art. 35 - § 2º);
- a extração de água de aquífero está sujeita à outorga pelo Poder Público (art. 22 - II);
- perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização constitui infração às normas de utilização de recursos hídricos (art. 64 -V), sob pena de advertência, multa e cassação da outorga (art. 65 - I, II e III).

A partir da promulgação da Lei Estadual de Recursos Hídricos, passou a ser obrigatória a concessão de outorga de direito de uso para exploração de águas subterrâneas. No Estado do Rio de Janeiro ainda não está definida a metodologia para a outorga de direito de uso de águas subterrâneas. A prática hoje adotada é a seguinte: no caso do usuário pretender a concessão de outorga dessas águas, deverá iniciar um processo na Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), que irá encaminhá-lo ao DRM-RJ para análise e parecer técnico. Se aprovado o processo, será enviado à SEMADS para aprovação da minuta de outorga e posterior assinatura do Governador do Estado. Os procedimentos técnicos e

administrativos para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro estão consubstanciados na Portaria SERLA N° 273, de 11 de dezembro de 2000.

Cabe mencionar a criação da Câmara Técnica de Águas Subterrâneas no âmbito do Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

A relação de outorgas, disponibilizada pela SERLA, poderá ser acessada no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA).

## **2.2.4 Trecho Mineiro da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

A demanda de águas subterrâneas para fins de saneamento básico vem apresentando, no Estado de Minas Gerais, crescente evolução. Após a constituição da Companhia Mineira de Água e Esgotos, em 1963, empresa da qual se originou a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG), houve maior frequência no uso desses recursos. Com o Plano Nacional de Saneamento, em 1974, foram criados mecanismos de estímulo à implantação de sistemas de abastecimento nas comunidades de pequeno porte, aumentando significativamente o número de perfurações de poços na tentativa de obtenção de suprimento hídrico. Em consequência, acabou havendo na COPASA-MG uma forte capacitação e um amplo acervo de informações hidrogeológicas que culminaram num programa de sistematização do conhecimento técnico disponível acerca dos recursos hídricos e de suas inter-relações com o meio ambiente. Esse programa contempla vários estudos temáticos específicos que se complementam de forma a dar suporte ao planejamento, projeto e operação dos sistemas hidráulicos.

O primeiro desses estudos temáticos foi sintetizado na publicação “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais”, concluída em 1993. Na continuidade do programa, foi ativado um novo segmento com a finalidade de ordenar e racionalizar o conhecimento acerca das disponibilidades hídricas subterrâneas. Uma versão condensada e sintetizada desses estudos está consubstanciada na publicação “Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais”, desenvolvida por SOUZA (1995), que constitui a principal fonte de consulta utilizada para a elaboração deste diagnóstico.

O estudo desenvolvido em “Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais” teve que observar algumas diretrizes gerais de forma a garantir a compatibilidade entre os diversos segmentos e a homogeneidade dos produtos. A adoção de uma concepção integrada para todo o Programa favoreceu o aproveitamento natural dos resultados anteriores, subsidiando ou complementando análises, garantindo assim melhor consistência entre todas as classes de resultados. Os mapas temáticos foram gerados a partir dos cartogramas utilizados no estudo “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais”, com algumas adaptações. Um aspecto importante no planejamento geral do programa consistiu na decisão de aproveitar os conjuntos de dados reunidos para o estudo de cada tema, organizando-os de forma a constituírem acervos consolidados e homogêneos de informações básicas.

A diretriz de maior influência na metodologia aplicada foi a que fixava o uso dos processos de regionalização. É feita com a representação do gradiente de variação de

um determinado atributo ao longo do espaço territorial, sendo então os resultados expressos em isolinhas. Essas isolinhas fornecem estimativas do atributo regionalizado em cada ponto do território.

Com relação aos objetivos específicos que nortearam o referido documento, esses corresponderam à caracterização dos atributos quantitativos e qualitativos das ocorrências hídricas subterrâneas e de suas estruturas de exploração, os quais foram enquadrados em quatro classes distintas. A primeira delas correspondeu às características dos aquíferos como estruturas portadoras de água e como corpos reguladores do regime fluvial da rede de superfície; numa segunda classe foram agrupados as variáveis e os atributos que descreviam as características hidroestratigráficas dos aquíferos e suas capacidades de produção; numa terceira classe foram agrupados os atributos que descreviam a qualidade da água em cada formação aquífera e as respectivas relações hidrogeológicas; a quarta e última classe foi formada com as características das estruturas de exploração, necessárias ao conhecimento prévio dos quantitativos esperados na construção de poços.

O roteiro metodológico incluiu a compilação do melhor e mais amplo acervo de dados que pôde ser reunido. Após as depurações e descartes executados durante os trabalhos de consistência, validação e consolidação dos dados, o acervo final resultou nas informações que alcançam 3.837 poços tubulares profundos perfurados em Minas Gerais, por 29 entidades distintas, no período de 1941 a 1991. Esse conjunto inclui dados referentes a 1.056 poços de terceiros, aproveitados do Cadastro Geral de Poços de Minas Gerais (organizado pela COPASA-MG), 886 poços pesquisados diretamente junto a empresas perfuradoras e a outras agências; e 1.895 poços cuja perfuração foi executada diretamente pela COPASA-MG ou por sua encomenda. Essa última quantidade inclui também uma pequena parcela de poços perfurados por outras instituições e que foram transferidos para a propriedade da COPASA-MG. Desse total, a porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul agrega cerca de 160 poços.

Para que pudesse embasar análises e conclusões uniformemente precisas em todo o Estado, seria necessário que a amostra estivesse regularmente distribuída pelo território. Essa distribuição, contudo, apresentou-se bastante irregular, conforme mostra a [Figura 2.2.5](#), extraída do “Mapa de Disponibilidade Bruta de Informações” da referida publicação e adaptada à bacia do Paraíba do Sul. Nela é ilustrada a densidade de dados amostrais por meio da indicação do número de poços com informações aproveitadas para cada 1.000 km<sup>2</sup>. A densidade amostral, de maneira geral, apresentou-se razoavelmente boa para o conjunto do Estado, alcançando melhores índices justamente nas regiões de maior vocação para a exploração subterrânea. Na [Figura 2.2.5](#) observa-se que a densidade varia de 0 a 20 poços a cada 1.000 km<sup>2</sup> de área na porção mineira da bacia.

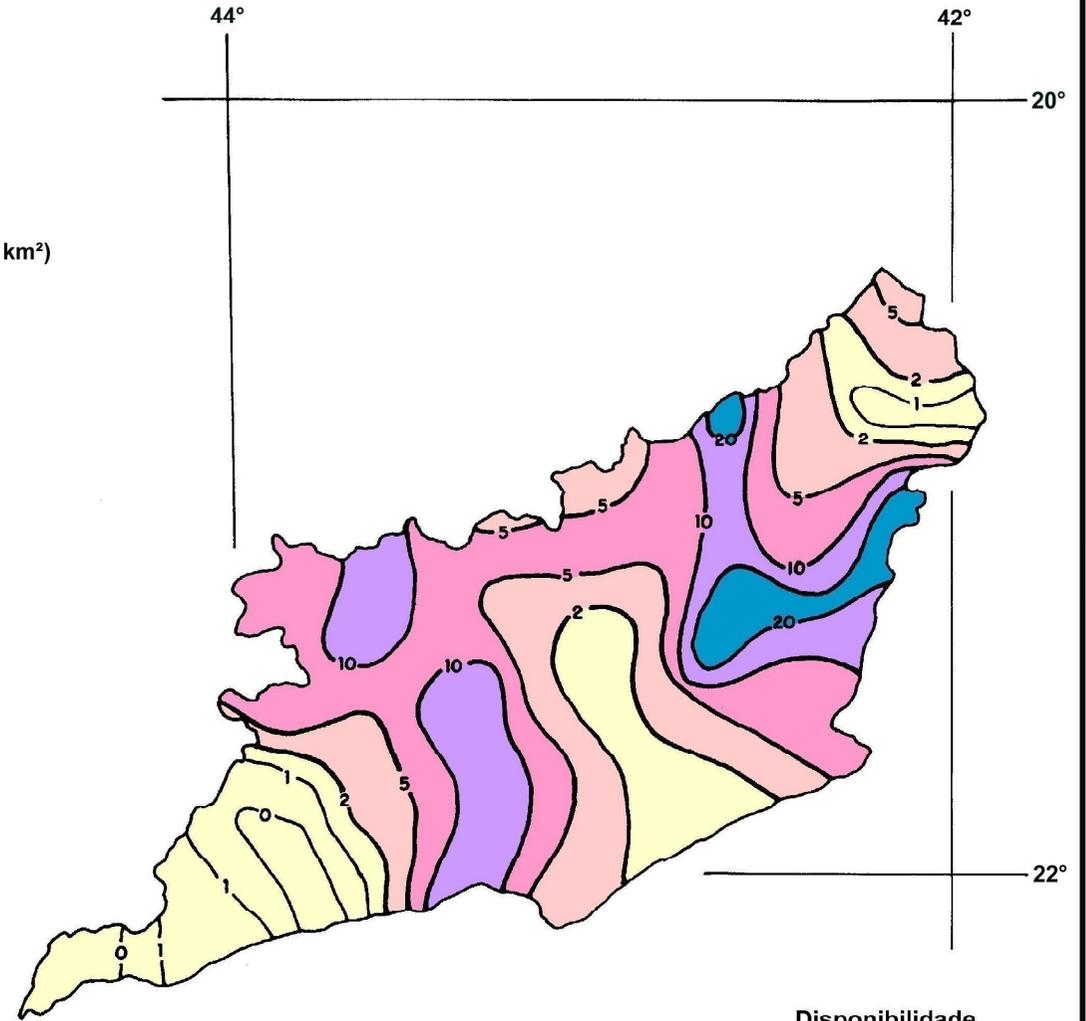
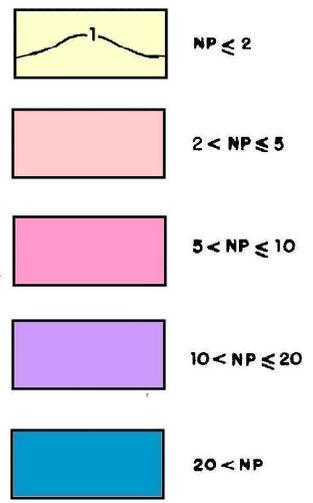
#### **2.2.4.1 Unidades e Sistemas Aquíferos**

Nos estudos desenvolvidos e consolidados na publicação “Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais”, foram identificados dois níveis de entidades espaciais de agrupamento: as Unidades Aquíferas e os Sistemas Aquíferos. O primeiro nível foi utilizado para caracterizar a ocorrência de um ou mais tipos predominantes e bem definidos de rocha portadora de água, associadamente a uma unidade geológica específica. De forma complementar, o termo Sistema Aquífero foi utilizado para caracterizar um conjunto de unidades aquíferas com litologias predominantes afins e comportamento hidrogeológico semelhante. Puderam ser então identificados em todo o Estado cerca de dez sistemas aquíferos distintos, dos quais

LEGENDA

ISOLINHA DE DENSIDADE DE POÇOS PROFUNDOS

NÚMERO DE POÇOS PROFUNDOS POR 1.000Km<sup>2</sup> DE TERRITÓRIO (NP/10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>)



FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza. HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

Disponibilidade Bruta de Informações

Figura 2-2-5

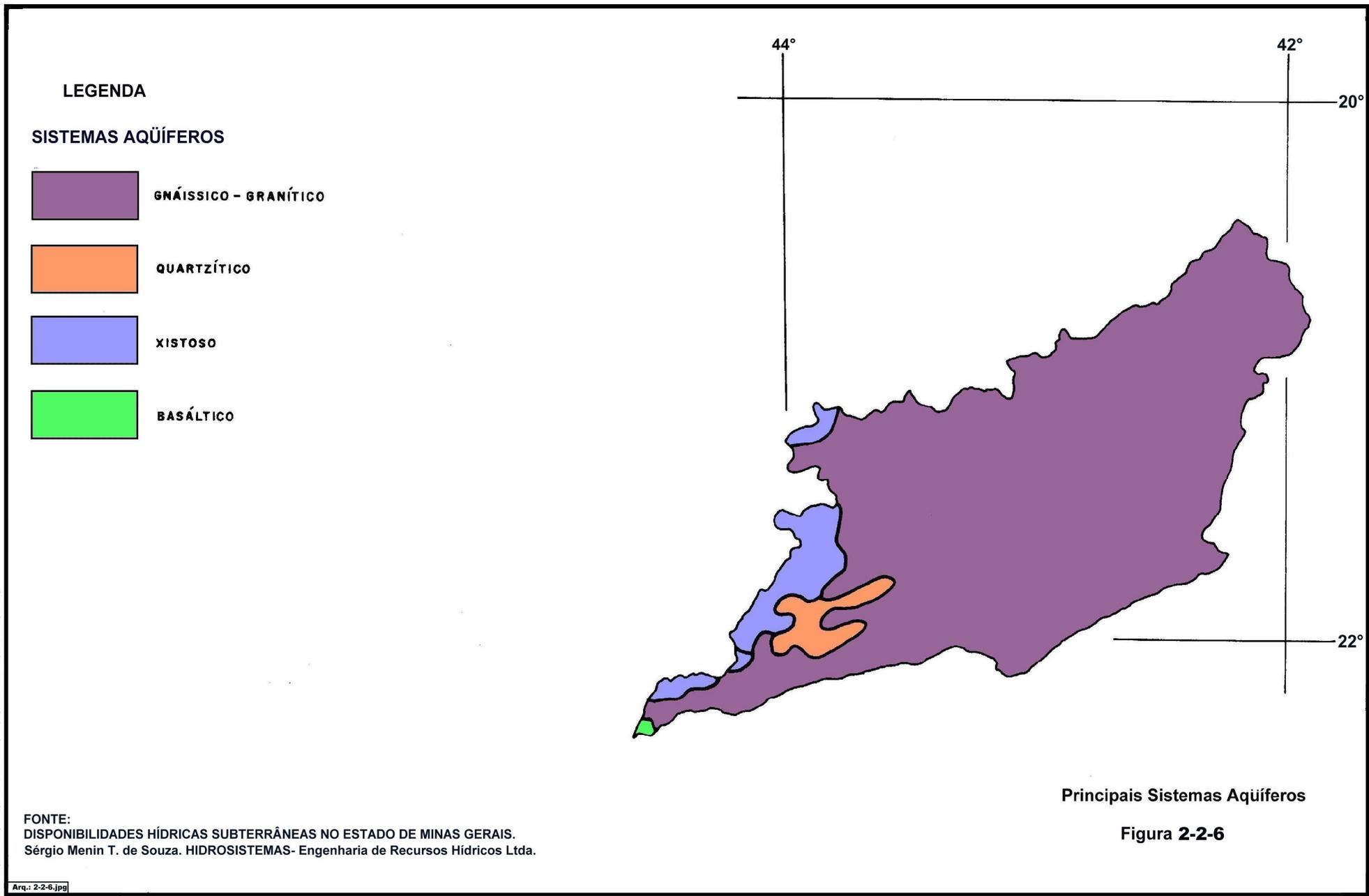
quatro podem ser observados na [Figura 2.2.6](#) (adaptada a partir do mapa temático da publicação mencionada). Em muitas regiões foram identificadas situações de sobreposição entre unidades aquíferas distintas, sendo que em alguns locais ocorreram sobreposições e intercalamentos entre os próprios sistemas. No entanto, dada a dificuldade de representação cartográfica dessas situações especiais, o mapa foi construído com a figuração, apenas, da entidade de maior relevância para a interpretação hidrogeológica existente em cada local. No que diz respeito aos sistemas aquíferos da porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul, observa-se a predominância da formação geológica do tipo gnáissico-granítico em toda a área (cerca de 85% de área), com existência de áreas constituídas pelas formações geológicas dos tipos xistoso, quartzítico e basáltico.

#### **2.2.4.2 Disponibilidade de Águas Subterrâneas**

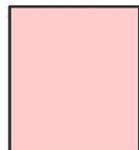
Para poder analisar as diferenciadas situações que ocorrem nas interações e nos processos de troca entre os elementos hídricos superficiais e subterrâneos dentro de um mesmo sistema aquífero, foi necessária a definição de uma outra forma de divisão territorial que considerasse simultaneamente as características do armazenamento subterrâneo e a natureza do regime hidrológico de superfície. Esse nível de discretização resultou da conjugação dos perímetros delimitados para os dez sistemas aquíferos principais com as tipologias regionais homogêneas. Na bacia do Paraíba do Sul, essas tipologias encontram-se apresentadas na [Figura 2.2.7](#), extraída a partir de mapa temático contido na referida publicação e adaptada ao trecho mineiro da bacia. Correspondem a unidades espaciais, utilizadas para a regionalização das características do regime fluvial nos estudos que deram origem à publicação “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais”. As tipologias distinguem-se pela variada situação apresentada por quatro atributos, quais sejam: o caráter geolitológico dominante, a pluviosidade média sobre o território, a declividade predominante no relevo superficial e a capacidade de infiltração do terreno, compreendendo, os três últimos, os elementos que individualizam as tipologias regionais homogêneas. Na porção mineira da bacia do Paraíba do Sul observa-se a predominância de terrenos com baixa capacidade de infiltração, pluviosidade anual igual ou superior a 1.000 mm e predominância de relevo forte ondulado a montanhoso.

Para permitir o máximo aproveitamento do potencial informativo disponível no acervo consolidado, a publicação em questão também apresenta um estudo estatístico das amostras que reúnem o conjunto de informações associadas a todos os poços profundos perfurados nos sistemas aquíferos identificados. Esses resultados encontram-se organizados em quatro blocos: características geométricas e construtivas dos poços profundos, características hidro-estratigráficas nos poços profundos, características quantitativas das vazões produzidas pelos poços profundos e características qualitativas dessas mesmas vazões. Esse procedimento foi adotado para todo o território mineiro.

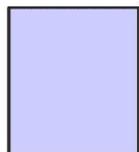
A referência observa, contudo, que a análise comparativa entre os resultados estatísticos obtidos para os diferentes sistemas necessita ser criteriosa, pois as respectivas amostras apresentaram tamanhos muito variados. Apesar dessa heterogeneidade amostral, puderam ser estabelecidas algumas conclusões de caráter abrangente, como, por exemplo, com relação aos resultados das vazões máximas exploráveis. Apenas a título de ilustração, as expectativas formuladas inicialmente para os aquíferos em meio fissurado consideravam que os valores desse atributo (vazões máximas exploráveis -  $V_x$ ) deveriam permanecer preponderantemente no intervalo  $1,0 \leq V_x \leq 40,0$  l/s (limites considerando-se todo o Estado). Os resultados



**LEGENDA**



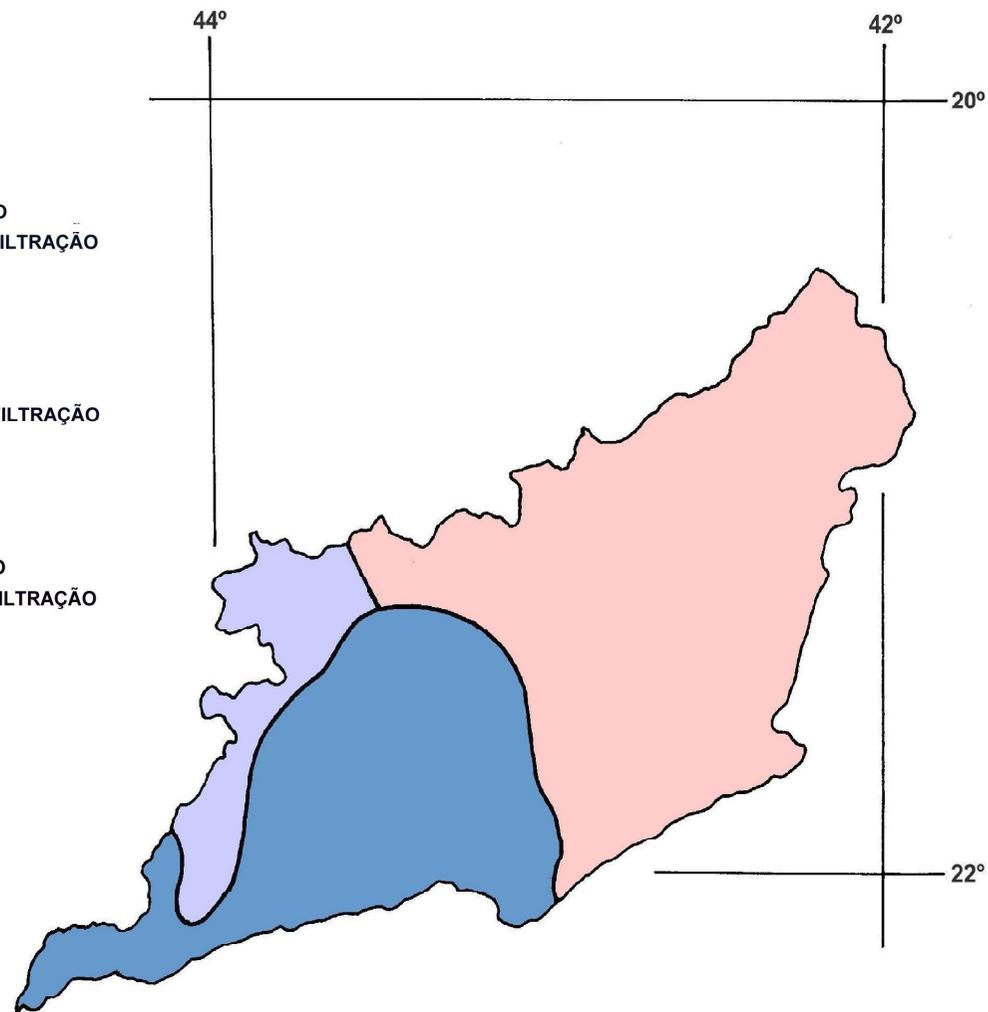
PLUVIOSIDADE ANUAL ENTRE 1000mm E 1500mm  
PREDOMINÂNCIA DE RELEVO FORTE ONDULADO A MONTANHOSO  
PREDOMINÂNCIA DE TERRENOS COM BAIXA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO



PLUVIOSIDADE ANUAL ENTRE 1000mm E 1500mm  
PREDOMINÂNCIA DE RELEVO ONDULADO  
PREDOMINÂNCIA DE TERRENOS COM BAIXA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO



PLUVIOSIDADE ANUAL SUPERIOR A 1500mm  
PREDOMINÂNCIA DE RELEVO FORTE ONDULADO A MONTANHOSO  
PREDOMINÂNCIA DE TERRENOS COM BAIXA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO



Tipologias Regionais Homogêneas

Figura 2-2-7

FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza. HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

apresentaram, todavia, para todos os sistemas desse tipo, produtividades menores que as esperadas.

As Figuras 2.2.8 e 2.2.9, extraídas dos mapas temáticos da publicação “Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais”, foram adaptadas à bacia do Paraíba do Sul. Essas figuras - “Vazão Específica Esperada na Exploração dos Sistemas Aquíferos por Poços Profundos” e “Vazão Máxima Explotável, Esperada na Operação Continuada de Poços Profundos” - apresentam as isolinhas representativas dos gradientes de variação obtidos para cada uma das variáveis tratadas. De modo geral, os trabalhos de interpretação temática consistiram no exame de um certo número de variáveis e atributos relacionados com as ocorrências hídricas subterrâneas e com suas estruturas de exploração.

Da análise da Figura 2.2.8 observa-se que a vazão específica esperada na exploração dos sistemas aquíferos por poços profundos na região mineira da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul varia na faixa de 0,10 l/s.m a 0,90 l/s.m, com predominância na maior parte de valores próximos à menor vazão específica (0,10 l/s.m). Na Figura 2.2.9 verifica-se que a vazão máxima explotável, esperada na operação continuada de poços profundos na região, está compreendida no intervalo entre 18 m<sup>3</sup>/h e 90 m<sup>3</sup>/h. É oportuno ressaltar que MMARHAL et al. (1998) confirmam os valores encontrados.

A publicação tomada como referência para a elaboração desse diagnóstico observa, contudo, a natureza indicativa dos resultados obtidos na regionalização das variáveis utilizadas no estudo das características quantitativas de produção. Além de todas as simplificações e deficiências amostrais, estão sempre presentes as imprecisões próprias do processo de generalização. As indicações mapeadas devem ser entendidas como valores estatisticamente esperados das respectivas variáveis, compativelmente com a precisão do processo.

A COPASA-MG organizou um inventário de poços localizados nos diversos municípios pertencentes à porção mineira da bacia. Os dados referentes a esses poços poderão ser acessados no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA). As informações são as seguintes: município, código do poço, data do teste, executor, crivo da bomba (m), diâmetro da tubulação (mm), tempo de teste (h), nível estático(m), nível dinâmico (m), rebaixamento (m), vazão (l/s), vazão específica (l/s/m) e rebaixamento específico (m/l/s). Os testes foram executados no período compreendido entre 1976 e 2000.

### **2.2.4.3 Qualidade das Águas Subterrâneas**

De forma análoga às análises antecedentes, oito parâmetros físico-químicos foram submetidos ao tratamento estatístico padrão, selecionados por sua importância na caracterização qualitativa das águas explotadas através dos poços profundos - condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, dureza total, concentração de sulfatos e cloretos; pH; concentrações de ferro total e manganês total.

Na análise foram inicialmente estabelecidos intervalos de variação para cada um dos parâmetros com a expectativa que os resultados amostrais ficassem contidos, preponderantemente, dentro dos respectivos limites.

LEGENDA

0,10  
0,50  
ISOLINHA DE VAZÃO ESPECÍFICA

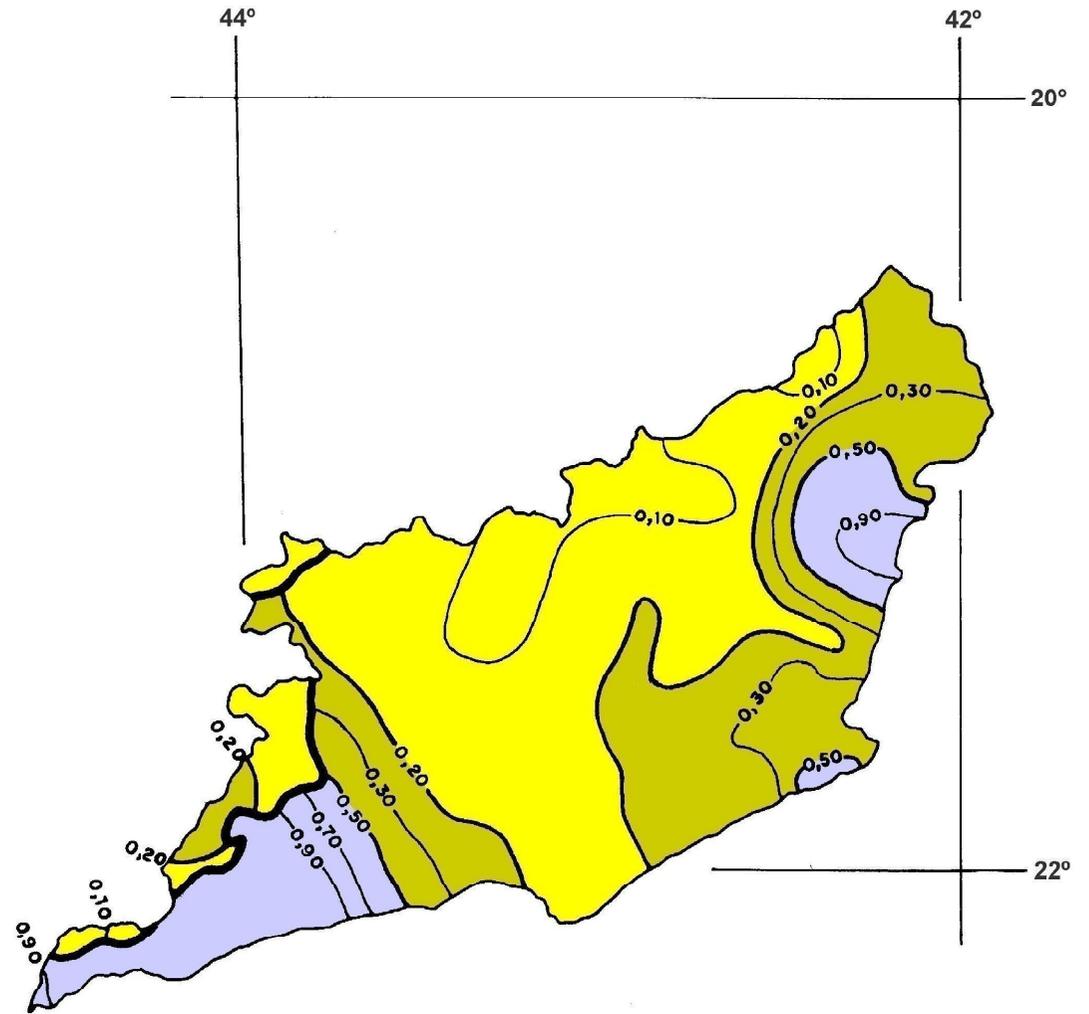
PERÍMETRO DOS SISTEMAS AQUIFEROS AGREGADOS

VAZÃO ESPECÍFICA (Ve) — l/s.m.

0,10  
 $Ve \leq 0,20$

0,30  
 $0,20 < Ve \leq 0,50$

0,70  
 $0,50 < Ve \leq 1,0$

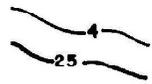


Vazão Específica Esperada na Exploração dos Sistemas Aquíferos por Poços Profundos

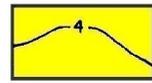
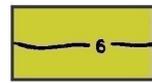
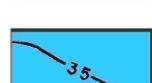
Figura 2-2-8

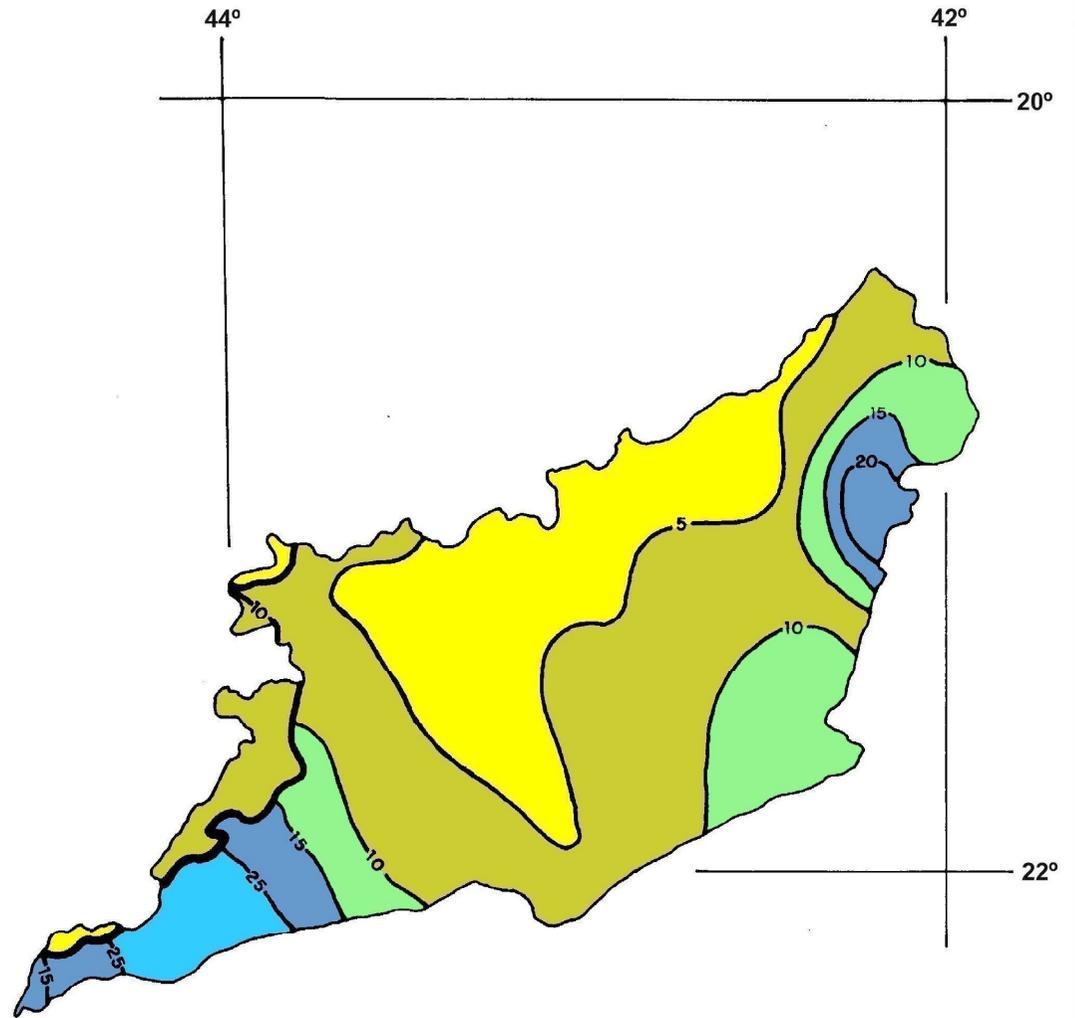
FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza. HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

**LEGENDA**

-  ISOLINHA DE VAZÃO MÁXIMA EXPLOTÁVEL
-  PERÍMETRO DOS SISTEMAS AQUÍFEROS AGREGADOS

**VAZÃO MÁXIMA EXPLOTÁVEL (Vx) — l/s.**

-   $V_x \leq 5$
-   $5 < V_x \leq 10$
-   $10 < V_x \leq 15$
-   $15 < V_x \leq 25$
-   $25 < V_x$



Vazão Máxima Explotável, Esperada na Operação Contínua de Poços Profundos

Figura 2-2-9

FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza. HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

Nos três primeiros parâmetros físico-químicos foram estabelecidos os seguintes intervalos de referência:  $20 \leq Ce \leq 675 \mu\text{S/cm}$ ;  $15 \leq \text{STD} \leq 500 \text{ mg/l}$ ;  $10 \leq \text{Dt} \leq 300 \text{ mg/l CaCO}_3$ . Embora os intervalos fossem semelhantes em todos os sistemas, algumas variações de comportamento estatístico já eram esperadas. Os resultados obtidos, considerando-se todo o Estado, para os sistemas fissurados mostraram que os valores médios dos três primeiros atributos apresentaram grandes variabilidades amostrais nas suas tendências centrais. Os limites obtidos para os valores médios de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e dureza total, respectivamente, foram: 178 a 426  $\mu\text{S/cm}$ , 150 a 350 mg/l e 124 a 180 mg/l.

Com relação às concentrações de sulfatos e de cloretos, foram determinados os seguintes intervalos de referência:  $0,15 \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 35 \text{ mg/l}$  e  $0,35 \leq \text{Cl}^- \leq 50 \text{ mg/l}$ . Para o sistema xistoso, quartzítico e gnáissico-granítico de todo o Estado, as concentrações médias variaram de 28,2 - 60,2 mg/l de sulfatos e de 43,9 - 59,3 mg/l de cloretos. Por sua vez, o sistema basáltico apresentou médias de apenas 1,1 mg/l para sulfatos e de 2,9 mg/l para cloretos.

A característica ligeiramente básica das ocorrências hídricas subterrâneas do Estado, associada à predominância das formações alcalinas, balizou a fixação do intervalo de referência para o pH, com a expectativa de que os resultados ficassem contidos, preponderantemente, entre 6,5 e 8,5. Ao se considerar todo o território estadual, os resultados enquadraram o sistema quartzítico dentre aqueles onde as ocorrências hídricas se apresentavam menos básicas, ao contrário do sistema basáltico. Os sistemas xistoso e gnáissico-granítico ficaram em posição intermediária.

Os dois últimos parâmetros submetidos ao tratamento estatístico foram as concentrações de ferro total e de manganês total, e para esses foram definidos os seguintes intervalos de referência:  $0,10 \leq \text{Fe} \leq 2,00 \text{ mg/l}$  e  $0,02 \leq \text{Mn} \leq 0,35 \text{ mg/l}$ . Os resultados encontrados para todo o Estado mostraram que esses dois parâmetros apresentavam variabilidades muito superiores às esperadas em todos os sistemas. O sistema gnáissico-granítico registrou uma das maiores concentrações de ferro total, com tendência central de 3,84 mg/l, ao contrário do sistema quartzítico, que apresentou uma das menores. Em relação à concentração de manganês total, o sistema xistoso foi um dos que mostrou tendência central mais elevada (0,28 mg/l).

As Figuras 2.2.10 e 2.2.11, também adaptadas a partir da publicação “Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais”, ao trecho mineiro da bacia, indicam, respectivamente, a variação espacial da condutividade elétrica e as restrições ao uso das águas subterrâneas, decorrentes das características de salinidade, dureza e adsorção de sódio.

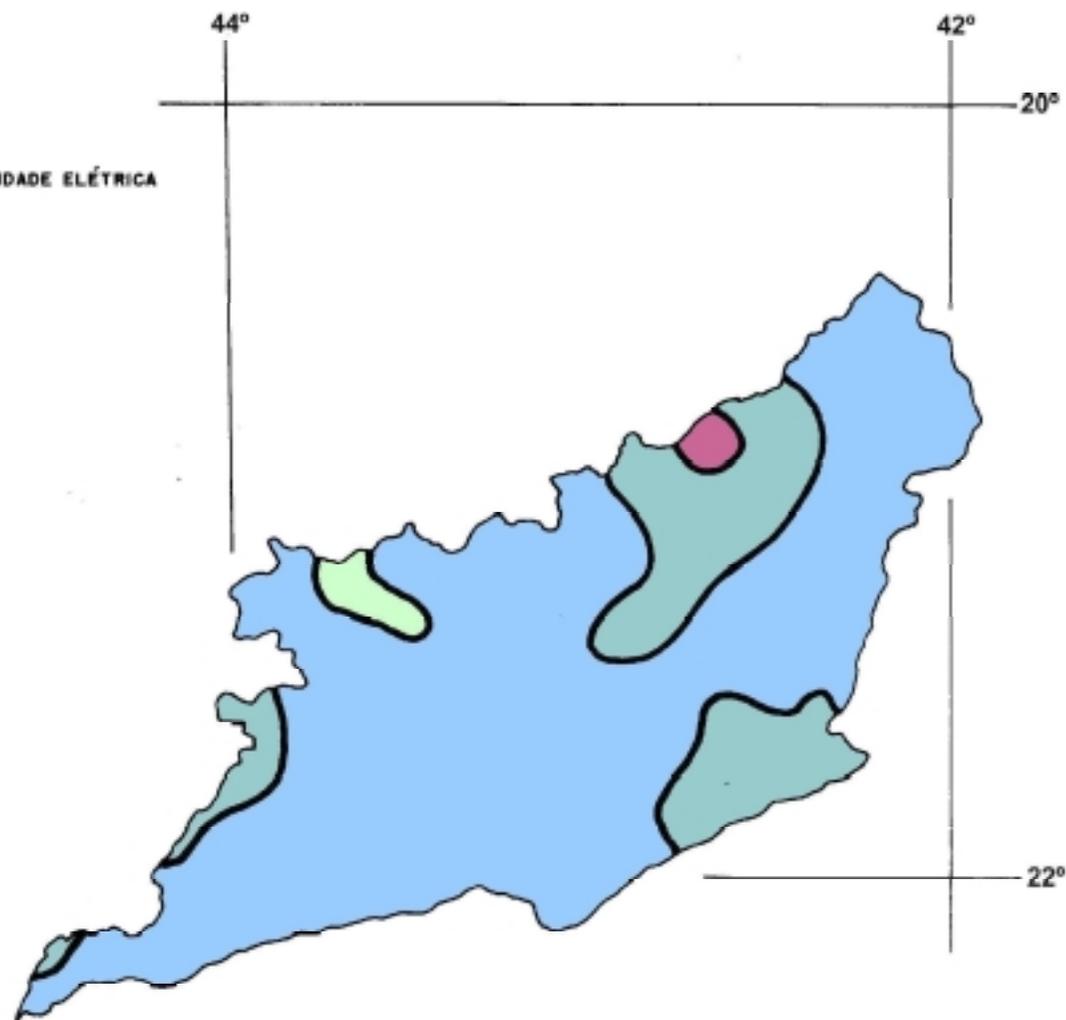
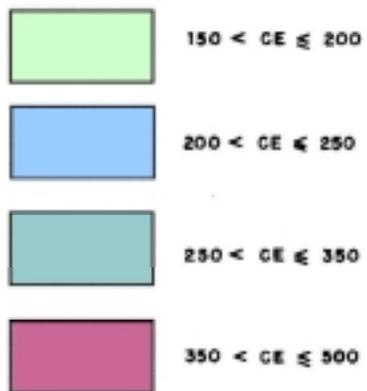
Um dos motivos pelos quais a condutividade elétrica foi escolhida como única variável regionalizada foi a constatação de que seu gradiente de variação no espaço territorial, ocupado pelos diversos sistemas aquíferos, apresentava características de homogeneidade muito mais favoráveis para a representação cartográfica do que as de outros atributos.

Na elaboração da Figura 2.2.11, “Restrições ao Uso, Decorrentes das Características de Salinidade, Dureza e Adsorção de Sódio, Esperadas nas Vazões Explotáveis”, foram consideradas, prioritariamente, as aplicações relacionadas com a utilização das reservas hídricas subterrâneas como fonte de produção para o abastecimento público e para a irrigação de culturas. Foram estudadas, adicionalmente, as características de qualidade que, isoladamente ou em combinação, poderiam constituir-se nos principais

LEGENDA

 PERÍMETRO DE ÁREA COM OS MESMOS LIMITES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE) —  $\mu S/cm$



Condutividade Elétrica Esperada nas Águas Explotadas por Poços Profundos

Figura 2.2.10

FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza, HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

**LEGENDA**

 PERÍMETRO DE ÁREA SUJEITA A MESMA CLASSE DE RESTRIÇÃO

CLASSE DE RESTRIÇÃO AO USO

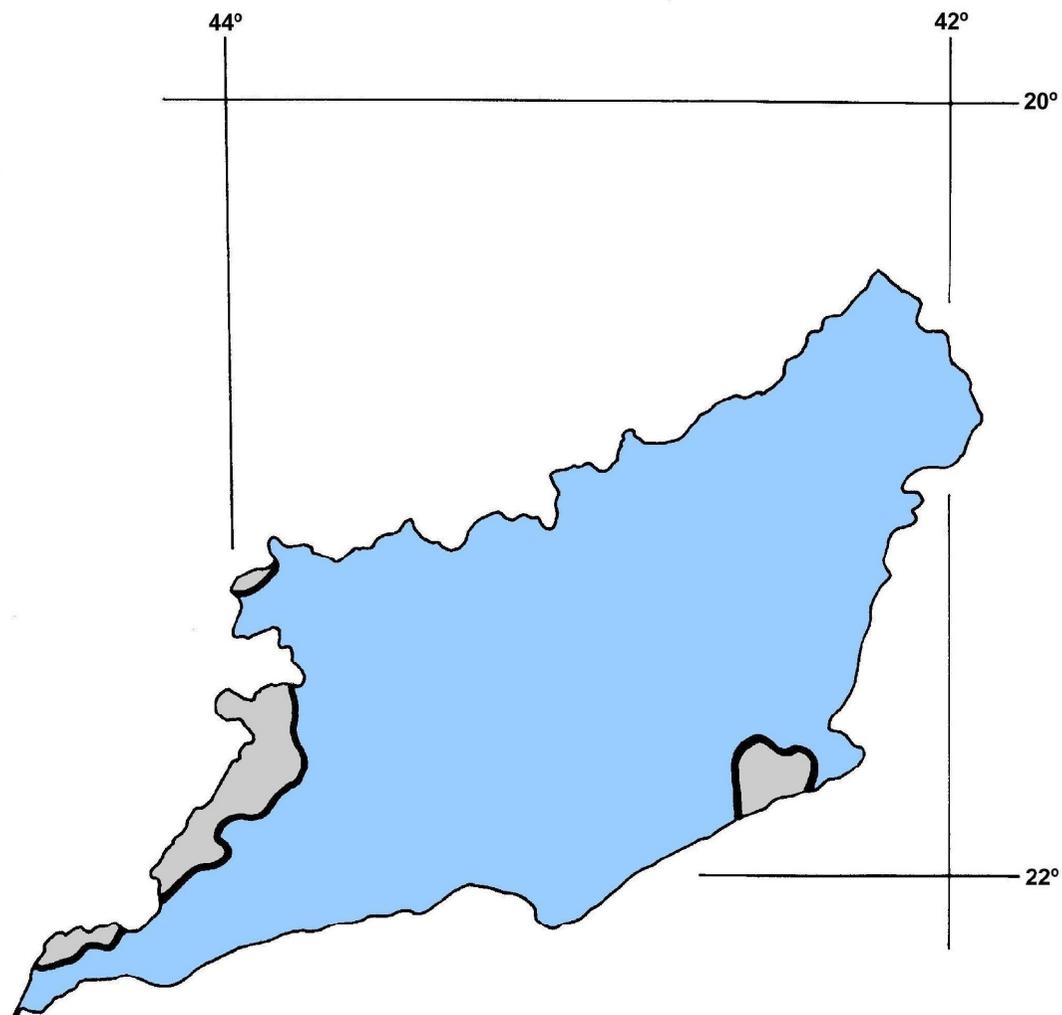
ÁREA COM PREDOMINÂNCIA DE ÁGUAS FAVORÁVEIS  
PARA IRRIGAÇÃO



ÁGUAS BOAS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO



ÁGUAS TOLERÁVEIS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO



Restrições ao Uso, Decorrentes das Características  
de Salinidade, Dureza e Adsorção de Sódio, Esperadas  
nas Vazões Explotáveis

Figura 2-2-11

FONTE:  
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS.  
Sérgio Menin T. de Souza. HIDROSISTEMAS- Engenharia de Recursos Hídricos Ltda.

fatores de limitação ao uso das águas subterrâneas com os objetivos já mencionados. Sob esse enfoque pôde ser produzida uma carta de restrições ao uso, de fácil interpretação, que alcançou os atributos qualitativos mais relevantes, quais sejam: a salinidade, a dureza e a adsorção de sódio. De acordo com a metodologia e índices de potabilidade propostos em termos de salinidade, dureza e adsorção de sódio, a porção correspondente ao trecho mineiro da bacia do Paraíba do Sul apresenta predominância de águas favoráveis para irrigação. Há predominância de áreas com águas de boa qualidade (superior a 90%) para o abastecimento público, encontrando-se em alguns trechos águas com qualidade inferior, porém toleráveis, para o abastecimento.

Encontram-se disponíveis no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, desenvolvido para a bacia do rio Paraíba do Sul, resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas de poços existentes nos diversos municípios pertencentes à porção mineira da bacia. Dentre as informações reunidas pela COPASA-MG, destacam-se: município, código do poço, companhia perfuradora, laboratório, data da coleta, dureza total, condutividade, ferro total, manganês total, pH, turbidez, fluoretos, nitratos, sulfatos, coliformes fecais e coliformes totais. As amostras foram coletadas e analisadas no período compreendido entre 1979 e 2000.

#### **2.2.4.4 Aspectos Legais, Administrativos e Institucionais**

No Estado de Minas Gerais, está em pleno vigor a Lei 13.771, de 11-12-2000, que dispõe sobre a administração, a proteção e a conservação das águas subterrâneas de domínio do Estado.

Segundo a lei, o gerenciamento das águas subterrâneas compreende a sua avaliação quantitativa e qualitativa e o planejamento de seu aproveitamento racional; a outorga e a fiscalização dos direitos de uso dessas águas e a adoção de medidas relativas à sua conservação, preservação e recuperação.

A lei tem ainda preocupação especial com a qualidade da água. Define como água subterrânea poluída qualquer alteração das suas propriedades físicas, químicas e biológicas que possa ocasionar prejuízo à saúde e comprometer seu uso para fins de abastecimento humano e outros.

A lei mineira cria áreas de proteção de diferentes graduações, que serão consideradas quando tornar-se inevitável restringir a captação o uso das águas subterrâneas. Essas áreas de proteção serão definidas pelo órgão outorgante do direito de uso com base em estudos hidrogeológicos ambientais.

A lei também estabelece que, nos casos de escassez de água subterrânea ou de prejuízo sensível aos aproveitamentos existentes nas Áreas de Proteção Máxima<sup>5</sup>, o Estado poderá proibir novas captações até que o aquífero se recupere ou seja superado o fato que determinou a carência de água. Poderá também, restringir e regular a captação de água subterrânea, estabelecendo o volume máximo a ser extraído em cada captação e o seu regime de operação, além de controlar as fontes de poluição existentes, mediante programa específico de monitoramento.

---

<sup>5</sup> Compreende, no todo ou em parte, zonas de recarga, descarga e transporte de aquíferos altamente vulneráveis à poluição e que se constituam em depósitos de águas essenciais para abastecimento público ou para suprir atividades consideradas prioritárias pelos Comitês de Bacia.

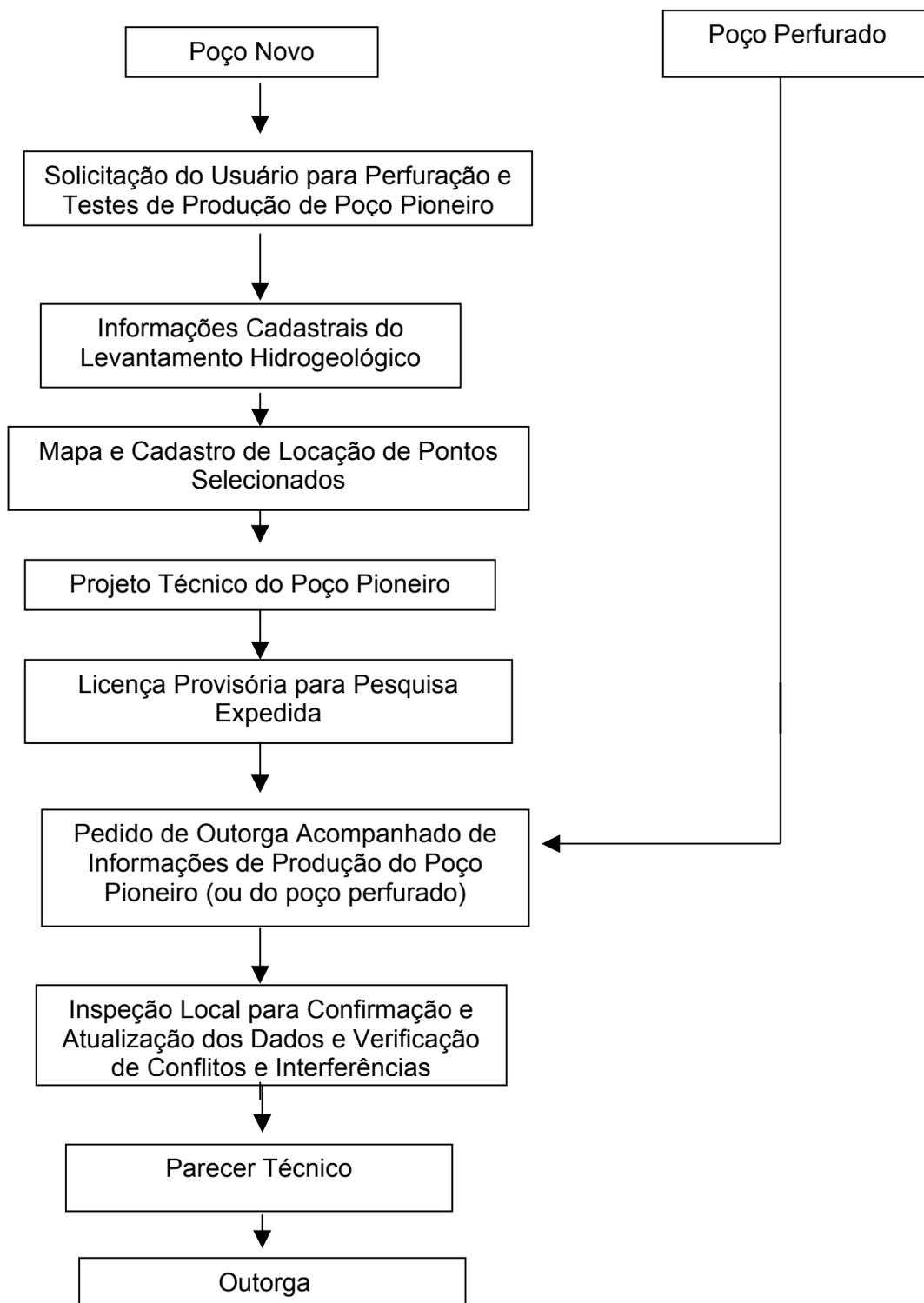
Segundo a lei do Estado de Minas Gerais, a outorga de direito de uso da água, concedida por tempo determinado, fica condicionada aos objetivos do Plano Estadual de Recursos Hídricos e considerará os fatores econômicos e sociais envolvidos.

Dentre as infrações sujeita a penas citam-se as seguintes:

- I – deixar de cadastrar obra de captação conforme exigido por lei ou regulamento;
- II – provocar a salinização ou poluição de aquíferos subterrâneos;
- III – deixar de vedar poço ou outra obra de captação, abandonados ou inutilizados;
- IV – deixar de colocar dispositivo de controle em poços jorrantes;
- V – remover cobertura vegetal em área de recarga de aquífero subterrâneo instituída pelo Poder Público;
- VI – realizar a obra em local diferente daquele para o qual foi licenciada;
- VII – descumprir medida preconizada para área de Proteção ou de Restrição e Controle;
- VIII – infringir outras disposições desta lei e de normas dela decorrentes.

Com relação às outorgas de águas subterrâneas, essas vêm sendo praticadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), segundo a metodologia representada no fluxograma a seguir.

As outorgas disponibilizadas pelo IGAM no trecho mineiro da bacia poderão ser acessadas no subsistema de dados hidrogeológicos do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul em elaboração no Laboratório de Hidrologia da COPPE/UFRJ para a Agência Nacional de Águas (ANA).



Fonte: SILVA, D.D. & PRUSKI, F.F, 2000)

## 2.2.5 Conclusões e Recomendações

Algumas conclusões e recomendações podem ser relacionadas de forma abrangente para toda a bacia, tais como:

- para o eficaz gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos é necessário o conhecimento hidrogeológico detalhado da bacia;
- os bancos de dados de poços existentes (por vezes incompletos e desatualizados) encontram-se dispersos por inúmeros órgãos municipais, estaduais e federais. É recomendável que esses dados sejam consistidos e centralizados, como está previsto, para que os mesmos possam ser efetivamente utilizados;
- diante do aumento das demandas e da tendência de crescimento do uso das águas subterrâneas é necessária a intensificação dos estudos das ocorrências e quantificação do uso desses recursos. Esse procedimento possibilitará a compatibilização entre o potencial/ distribuição hídrica e as necessidades atuais/futuras das populações;
- verifica-se em algumas áreas o uso intensivo das águas subterrâneas, captadas, via de regra, através de poços executados sem qualquer orientação técnica e sem qualquer controle operacional. A preservação dos aquíferos é fundamental; portanto, é recomendável que seja implementado um programa de monitoramento constante da evolução dessa utilização e da qualidade das águas extraídas desses poços.

No que se refere especificamente à porção paulista da bacia, Consórcio ICF KAISER-LOGOS (1999) sugere, dentre outras, as seguintes recomendações:

- cadastramento sistemático de poços tubulares, através de levantamentos de campo que possam verificar as condições sanitárias aparentes e de operação atuais desses poços. Isso permitirá a elaboração do estado da arte atual da exploração das águas subterrâneas, bem como a identificação de alvos para futuros estudos;
- adensamento da rede de monitoramento de qualidade das águas subterrâneas efetuado pela CETESB, bem como incremento do número de parâmetros físico-químicos (acrescentando-se, por exemplo, Pb, Cd, compostos orgânicos, etc.) e microbiológicos (por exemplo, patógenos emergentes) analisados, considerando-se, inclusive, aspectos regionais e locais de industrialização, uso e ocupação;
- cadastramento sistemático das indústrias da região, dos principais efluentes e resíduos gerados e sua destinação, além do monitoramento do solo e aquíferos adjacentes, potencialmente susceptíveis à contaminação;
- estabelecimento de uma sistemática para avaliação de outras formas de captação subterrânea, como poços escavados (cacimbas), drenos, poços ponteiras (rasos) e nascentes.

Com relação à porção fluminense da bacia, há algumas conclusões e recomendações, quais sejam:

- é fundamental que os proprietários de poços já perfurados e os futuros usuários providenciem sua regularização de forma a se conhecer efetivamente o potencial da região e preservar os mananciais. Informações obtidas via Internet observam que, segundo o Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ), dos 2.000 poços existentes no Estado do Rio de Janeiro, apenas 10% são registrados e fiscalizados;
- de acordo com a Lei nº 3.239/99 (Lei Estadual de Recursos Hídricos), “a exploração dos aquíferos deverá obedecer ao princípio da vazão sustentável, assegurando, sempre, que o total extraído pelos poços e demais captações nunca exceda a recarga, de modo a evitar o deplecionamento”. Quando a extração de água subterrânea ultrapassa a recarga natural, por longos períodos de tempo, alguns problemas ocorrem, dentre os quais: poços de produção têm que ser perfurados a profundidades cada vez maiores, consumindo mais energia para bombeamento; poços rasos usados para abastecimentos locais e irrigações secam, e a compactação gradual do subsolo provoca a subsidência de terrenos, como casos conhecidos em Petrópolis e Cordeiro. É fundamental o estabelecimento de um programa de proteção das águas subterrâneas, bem como o conhecimento das áreas de recarga e descarga na região;
- o aproveitamento do potencial do sistema aquífero de maior produtividade do Estado do Rio de Janeiro, localizado na bacia de Campos, deve ser melhor estudado. Esse sistema aquífero ultrapassa os limites da bacia do rio Paraíba do Sul, interferindo com as bacias do rio Itabapoana e da Lagoa Feia. No que concerne às questões ou procedimentos relacionados às águas subterrâneas, eles deverão ser estudados/tratados em conjunto para as três bacias mencionadas.

No que tange à parte mineira da bacia, são estas as conclusões e recomendações:

- é recomendável a quantificação dos recursos hídricos subterrâneos potenciais e disponíveis no trecho mineiro da bacia, a determinação das áreas de recarga e descarga, a avaliação da qualidade dessas águas, bem como a análise das demandas de água no espaço e no tempo. Esses resultados permitirão a elaboração de um balanço hídrico, que traduzirá o equilíbrio entre oferta e demanda;
- é importante que todas as informações obtidas, referentes aos poços ativos perfurados na região, provenientes de diferentes instituições e épocas sejam reunidas, consistidas e mapeadas, de forma a se conhecer a qualidade de sua construção, seu desempenho e a distribuição da rede de poços existentes;
- as análises de qualidade de água se apresentam, por vezes, incompletas. É essencial que se disponha de um número suficiente de informações e de parâmetros a fim de determinar a sua adequabilidade aos diversos usos.

## **3. USO E DEMANDA HÍDRICOS**

### **3.1 Doméstico/Urbano**

#### **3.1.1 Introdução**

Este tópico tem por objetivo apresentar as estimativas de demandas hídricas referentes ao abastecimento público doméstico urbano, bem como as estimativas dos lançamentos efetuados nos corpos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, relativamente às vazões de esgoto domésticos.

#### **3.1.2 Generalidades**

O consumo médio diário por habitante varia amplamente de cidade para cidade e numa mesma cidade pode variar muito de um setor de distribuição para outro. Essas variações dependem de certos fatores, entre eles os seguintes:

- clima;
- padrão de vida da população;
- hábitos da população;
- sistema de fornecimento e cobrança (serviço medido ou não);
- quantidade de água fornecida;
- custo da água;
- pressão na rede distribuidora;
- perdas no sistema; e
- fatores diversos.

Nos lugares em que o verão é quente e seco, muita água é usada para a rega de gramados, e o uso doméstico é aumentado, em face do maior número de banhos. Por outro lado, nos tempos de frio esses consumos sofrem sensível redução.

A experiência demonstra que essa quota é muito influenciada pelo nível econômico das populações. Nas cidades de maiores recursos os hábitos da população e o padrão das instalações sanitárias conduzem a consumos mais elevados.

As características do sistema de abastecimento têm forte influência nos hábitos de consumo da população. A tendência do consumo diminui quando o fornecimento é micromedido e as tarifas são elevadas, evitando o gasto excessivo e o desperdício por parte do usuário. Em contrapartida, nota-se que o aumento da oferta de água, aliada a altas pressões na rede de distribuição, contribui para a elevação do consumo.

A eficiência do controle dos sistemas por parte das concessionárias, traduzida, em parte, pelos índices de perdas, incide diretamente sobre o consumo médio per capita.

A quantidade dos esgotos domésticos produzidos por determinada localidade é função direta dos consumos de água observados, acrescida das parcelas provenientes de infiltrações do subsolo que ocorrem ao longo da rede coletora, através das juntas das tubulações, estruturas dos poços de visita e rompimentos da rede.

### 3.1.3 Demandas domésticas atuais de água e vazões de esgotos produzidas

Para a obtenção dessas estimativas é necessário adotar alguns parâmetros de dimensionamento, tais como consumo per capita, coeficiente do dia de maior consumo, índices de atendimento e de perdas dos sistemas, coeficiente de retorno de esgotos e vazão de infiltração.

Tendo em vista que diversos são os fatores que incidem sobre o consumo per capita e que este tópico trata de como determinar a demanda para um sem-número de localidades com características fisiosocioeconômicas diversificadas, adotou-se apenas a variação dos consumos per capita em função do porte das localidades.

Para tanto, as localidades foram classificadas de acordo com cinco faixas de população urbana, a saber: com menos de 10.000 habitantes; entre 10.000 e 50.000 habitantes; entre 50.000 e 100.000 habitantes; entre 100.000 e 200.000 habitantes; e com mais de 200.000 habitantes.

Para a determinação dos consumos per capita, por faixa de população, recorreu-se às informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referentes ao ano 2000 para os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. A partir dos dados relativos aos consumos per capita pesquisados, extraíram-se os valores considerados muito altos (superiores a 300 l/hab.dia), equivalentes a 1,6% da amostragem, e aqueles avaliados como muito baixos (inferiores a 150 l/hab.dia). Os valores resultantes foram enquadrados segundo as faixas acima mencionadas, e, nesse caso, extraíram-se as médias aritméticas por faixa.

Dessa forma, e com base nas informações anteriores, consideraram-se os seguintes consumos per capita por faixa de população:

FAIXA DE POPULAÇÃO URBANA (Habitantes)	PER CAPITA (l/hab.dia)
0 a 10.000	165
10.000 a 50.000	195
50.000 a 100.000	210
100.000 a 200.000	220
200.000 a 1.000.000	250

Para o coeficiente referente ao dia de maior consumo, adotou-se o valor clássico de 1,2.

Como meta para o índice de perdas, adotou-se o valor de 20% da vazão relativa ao dia de maior consumo, apesar de verificarem-se na bacia, mesmo em sistemas bem controlados, valores superiores.

O índice de atendimento dos sistemas de abastecimento público de água foi estimado em 95% da população urbana.

Considerou-se como coeficiente de retorno de esgotos, a relação entre a vazão que retorna à rede de esgotos e a vazão consumida o valor de 80%.

Para a parcela relativa à contribuição de infiltração, que depende do comprimento da rede coletora, seu estado de conservação, material de constituição, profundidade do lençol freático, densidade de ligações prediais e outros fatores, estimou-se em 20% o valor da vazão média de esgotos calculada.

A vazão captada foi calculada pelo produto da população urbana atendida pelo coeficiente do dia de maior consumo e pelo índice de perdas, referida à unidade l/s, e a vazão de esgotos foi determinada pelo produto da vazão captada, pelo coeficiente de retorno, acrescida da parcela relativa à infiltração, também referida à unidade l/s.

Para o ano de 2000, a demanda estimada para atender às sedes municipais pertencentes à bacia do rio Paraíba do Sul é da ordem de 16,5 m<sup>3</sup>/s, sendo 6,9 m<sup>3</sup>/s para a fração fluminense, 5,8 m<sup>3</sup>/s para a paulista e 3,8 m<sup>3</sup>/s para a parcela mineira.

A seguir são apresentadas as [Tabelas 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3](#), com estimativas das demandas domésticas atuais de água, e as [Tabelas 3.1.4, 3.1.5 e 3.1.6](#), com as vazões de esgotos produzidas.

**Tabela 3.1.1 - Estimativa das Demandas de Água das  
Sedes Municipais para o ano 2000  
Rio de Janeiro**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 95% de (2000)	Qmédia ( l/s )	QmxK <sub>1</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> +20% ( l/s )
1	Aperibé	6.842	6.500	12,41	14,89	22,34	17,87
2	Areal	8.954	8.506	16,24	19,49	29,23	23,39
3	Barra do Pirai	66.918	63.572	154,52	185,42	278,14	222,51
4	Barra Mansa	162.797	154.657	393,80	472,56	708,84	567,07
5	Bom Jardim	9.330	8.864	16,93	20,32	30,47	24,38
6	Cambuci	5.301	5.036	9,62	11,54	17,32	13,85
7	Campos dos Goytacazes	311.723	296.137	856,88	1.028,26	1.542,38	1.233,91
8	Cantagalo / Cordeiro	27.960	26.562	59,95	71,94	107,91	86,33
9	Cardoso Moreira	7.374	7.005	13,38	16,06	24,08	19,27
10	Carmo	10.070	9.567	21,59	25,91	38,86	31,09
11	Com. Levy Gasparian	6.161	5.853	11,18	13,42	20,12	16,10
12	Duas Barras	3.335	3.168	6,05	7,26	10,89	8,71
13	Engº Paulo de Frontin	-	-	-	-	-	-
14	Italva	8.841	8.399	16,04	19,25	28,87	23,10
15	Itaocara	11.341	10.774	24,32	29,18	43,78	35,02
16	Itaperuna	67.305	63.940	155,41	186,49	279,74	223,79
17	Itatiaia	11.728	11.142	25,15	30,18	45,27	36,22
18	Laje do Muriaé	5.624	5.343	10,20	12,24	18,36	14,69
19	Macuco	3.925	3.729	7,12	8,54	12,82	10,25
20	Mendes	17.123	16.267	36,71	44,05	66,08	52,86
21	Miguel Pereira	11.810	11.220	25,32	30,38	45,58	36,46
22	Miracema	22.367	21.249	47,96	57,55	86,33	69,06
23	Natividade	10.105	9.600	21,67	26,00	39,01	31,20
24	N.Friburgo / Cons. Paulino	143.242	136.080	346,50	415,80	623,70	498,96
25	Paty do Alferes	13.027	12.376	27,93	33,52	50,27	40,22
26	Paraíba do Sul	17.035	16.183	36,52	43,82	65,74	52,59
27	Petrópolis / Cascatinha	243.577	231.398	669,55	803,46	1.205,19	964,15
28	Pinheiral	17.672	16.788	37,89	45,47	68,20	54,56
29	Pirai	11.616	11.035	24,91	29,89	44,84	35,87
30	Porciúncula	10.479	9.955	22,47	26,96	40,45	32,36
31	Porto Real	11.388	10.819	24,42	29,30	43,96	35,16
32	Quatis	9.039	8.587	16,40	19,68	29,52	23,62
33	Resende / Agulhas Negras	91.185	86.626	210,55	252,66	378,99	303,19
34	Rio Claro	4.990	4.741	9,05	10,86	16,29	13,03
35	Rio das Flores	3.245	3.083	5,89	7,07	10,60	8,48
36	Santa Maria Madalena	4.467	4.244	8,10	9,72	14,58	11,66
37	Santo Antônio de Pádua	22.035	20.933	47,25	56,70	85,05	68,04
38	São Fidélis / Ipuca	23.102	21.947	49,53	59,44	89,15	71,32
39	S. Franc. do Itabapoana	-	-	-	-	-	-
40	São João da Barra (*)	16.156	15.348	34,64	41,57	62,35	49,88
41	São José de Ubá	2.326	2.210	4,22	5,06	7,60	6,08
42	S.J. do Vale do Rio Preto	9.007	8.557	16,34	19,61	29,41	23,53
43	São Sebastião do Alto	1.697	1.612	3,08	3,70	5,54	4,44
44	Sapucaia	4.686	4.452	8,50	10,20	15,30	12,24
45	Sumidouro	2.334	2.217	4,23	5,08	7,61	6,09
46	Teresópolis	109.696	104.211	265,35	318,42	477,63	382,10
47	Trajano de Moraes	1.804	1.714	3,27	3,92	5,89	4,71
48	Três Rios	65.957	62.659	152,30	182,76	274,14	219,31
49	Valença	50.503	47.978	116,61	139,93	209,90	167,92
50	Vassouras	18.478	17.554	39,62	47,54	71,32	57,05
51	Varre - Sai	4.132	3.925	7,50	9,00	13,50	10,80
52	Volta Redonda	241.996	229.896	665,21	798,25	1.197,38	957,90
	<b>Total</b>	<b>1.951.805</b>	<b>1.854.215</b>	<b>4.800,28</b>	<b>5.760,32</b>	<b>8.640,52</b>	<b>6.912,39</b>

- Obs.:
- 1 – Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.
  - 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.
  - 3 - Foi considerado o índice de perdas de 20% da vazão máxima diária.
  - 4 - São sistemas integrados de abastecimento de água os de: Cantagalo/Cordeiro, Nova Friburgo/Conselheiro Paulino, Petrópolis/Cascatinha, Resende/Agulhas Negras e São Fidélis/Ipuca.
  - 5 - As localidades de Cons. Paulino, Cascatinha, Agulhas Negras e Ipuca, embora não sendo sedes municipais foram consideradas face as suas importâncias e/ou posições estratégicas.

**Tabela 3.1.2 - Estimativa das Demandas de Água das  
Sedes Municipais para o ano 2000  
São Paulo**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 95% de (2000)	Qmédia ( l/s )	QmxK <sub>1</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> +20% ( l/s )
1	Aparecida	34.382	32.663	73,72	88,46	132,70	106,16
2	Arapeí	1.899	1.804	3,45	4,14	6,21	4,97
3	Areias	2.452	2.329	4,45	5,34	8,01	6,41
4	Arujá	-	-	-	-	-	-
5	Bananal	7.187	6.828	13,04	15,65	23,47	18,78
6	Caçapava	66.741	63.404	154,11	184,93	277,40	221,92
7	Cachoeira Paulista	21.671	20.587	46,46	55,75	83,63	66,90
8	Canas	3.041	2.889	5,52	6,62	9,94	7,95
9	Cruzeiro	71.179	67.620	164,35	197,22	295,83	236,66
10	Cunha	10.146	9.639	21,75	26,10	39,15	31,32
11	Guararema	17.710	16.825	37,97	45,56	68,35	54,68
12	Guaratinguetá	99.162	94.204	228,97	274,76	412,15	329,72
13	Guarulhos	-	-	-	-	-	-
14	Igaratá	5.877	5.583	10,66	12,79	19,19	15,35
15	Itaquaquecetuba	-	-	-	-	-	-
16	Jacareí	169.575	161.096	410,20	492,24	738,36	590,69
17	Jambeiro	1.934	1.837	3,51	4,21	6,32	5,05
18	Lagoinha	2.877	2.733	5,22	6,26	9,40	7,52
19	Lavrinhas	3.701	3.516	6,71	8,05	12,08	9,66
20	Lorena	75.097	71.342	173,40	208,08	312,12	249,70
21	Moji das Cruzes	-	-	-	-	-	-
22	Monteiro Lobato	1.515	1.439	2,75	3,30	4,95	3,96
23	Natividade da Serra	2.570	2.442	4,66	5,59	8,39	6,71
24	Paraibuna	5.295	5.030	9,61	11,53	17,30	13,84
25	Pinda. / Moreira César	119.078	113.124	288,05	345,66	518,49	414,79
26	Piquete	14.209	13.499	30,47	36,56	54,85	43,88
27	Potim	12.967	12.319	27,80	33,36	50,04	40,03
28	Queluz	7.846	7.454	14,23	17,08	25,61	20,49
29	Redenção da Serra	1.627	1.546	2,95	3,54	5,31	4,25
30	Roseira	8.013	7.612	14,54	17,45	26,17	20,94
31	Salesópolis	-	-	-	-	-	-
32	Santa Branca	11.721	11.135	25,13	30,16	45,23	36,19
33	Santa Isabel	33.014	31.363	70,79	84,95	127,42	101,94
34	São José do Barreiro	2.471	2.347	4,48	5,38	8,06	6,45
35	S.J. dos Campos / E. Melo	531.681	505.097	1.461,51	1.753,81	2.630,72	2.104,57
36	São Luís do Paraitinga	5.704	5.419	10,35	12,42	18,63	14,90
37	Silveiras	2.451	2.328	4,45	5,34	8,01	6,41
38	Taubaté / Tremembé / Quiririm	259.721	246.735	713,93	856,72	1.285,07	1.028,06
	<b>Total</b>	<b>1.614.514</b>	<b>1.533.788</b>	<b>4.049,19</b>	<b>4.859,01</b>	<b>7.288,56</b>	<b>5.830,85</b>

- Obs.:
- 1 - Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.
  - 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.
  - 3 - Foi considerado o índice de perdas de 20% da vazão máxima diária.
  - 4 - São sistemas integrados de abastecimento de água os de: Pindamonhangaba/Moreira César, São José dos Campos/ Eugênio de Melo e Taubaté/Tremembé/Quiririm.
  - 5 - As localidades de Moreira César, Eugênio de Melo e Quiririm, embora não sendo sedes municipais foram consideradas face as suas importâncias e/ou posições estratégicas.

**Tabela 3.1.3 - Estimativa das Demandas de Água das  
Sedes Municipais para o ano 2000  
Minas Gerais**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 95% de (2000)	Qmédia ( l/s )	QmxK <sub>1</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> k <sub>2</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> +20% ( l/s )
1	Além Paraíba	29.635	28.153	63,54	76,25	114,37	91,50
2	Antônio Carlos	-	-	-	-	-	-
3	Antônio Prado de Minas	977	928	1,77	2,12	3,19	2,55
4	Aracitaba	1.454	1.381	2,64	3,17	4,75	3,80
5	Argirita	2.152	2.044	3,90	4,68	7,02	5,62
6	Astolfo Dutra	8.922	8.476	16,19	19,43	29,14	23,31
7	Barão de Monte Alto	1.567	1.489	2,84	3,41	5,11	4,09
8	Barbacena	-	-	-	-	-	-
9	Belmiro Braga	559	531	1,01	1,21	1,82	1,45
10	Bias Fortes	1.641	1.559	2,98	3,58	5,36	4,29
11	Bicas / Guarará	15.050	14.298	32,27	38,72	58,09	46,47
12	Bocaina de Minas	-	-	-	-	-	-
13	Bom Jardim de Minas	-	-	-	-	-	-
14	Carangola	22.097	20.992	47,38	56,86	85,28	68,23
15	Cataguases	57.267	54.404	132,23	158,68	238,01	190,41
16	Chácara	1.651	1.568	3,00	3,60	5,40	4,32
17	Chiador	758	720	1,38	1,66	2,48	1,99
18	Coronel Pacheco	1.802	1.712	3,27	3,92	5,89	4,71
19	Descoberto	3.251	3.088	5,90	7,08	10,62	8,50
20	Desterro do Melo	-	-	-	-	-	-
21	Divinésia	-	-	-	-	-	-
22	Divino	7.940	7.543	14,41	17,29	25,94	20,75
23	Dona Euzébia	3.677	3.493	6,67	8,00	12,01	9,60
24	Ervália	-	-	-	-	-	-
25	Estrela Dalva	1.623	1.542	2,94	3,53	5,29	4,23
26	Eugenópolis	5.137	4.880	9,32	11,18	16,78	13,42
27	Ewbank da Câmara	3.168	3.010	5,75	6,90	10,35	8,28
28	Faria Lemos	2.277	2.163	4,13	4,96	7,43	5,95
29	Fervedouro	2.817	2.676	5,11	6,13	9,20	7,36
30	Goianá	2.412	2.291	4,38	5,26	7,88	6,31
31	Guarani	6.205	5.895	11,26	13,51	20,27	16,21
32	Guidoval	5.304	5.039	9,62	11,54	17,32	13,85
33	Guiricema	2.954	2.806	5,36	6,43	9,65	7,72
34	Itamarati de Minas	2.804	2.664	5,09	6,11	9,16	7,33
35	Juiz de Fora	450.142	427.635	1.237,37	1.484,84	2.227,27	1.781,81
36	Laranjal	3.953	3.755	7,17	8,60	12,91	10,32
37	Leopoldina	40.383	38.364	86,59	103,91	155,86	124,69
38	Lima Duarte	10.311	9.795	22,11	26,53	39,80	31,84
39	Mar de Espanha	8.678	8.244	15,74	18,89	28,33	22,67
40	Maripá de Minas	1.871	1.777	3,39	4,07	6,10	4,88
41	Matias Barbosa	11.583	11.004	24,84	29,81	44,71	35,77
42	Mercês	6.155	5.847	11,17	13,40	20,11	16,08
43	Miradouro	4.919	4.673	8,92	10,70	16,06	12,84
44	Mirai	8.950	8.503	16,24	19,49	29,23	23,39
45	Muriae	77.760	73.872	179,55	215,46	323,19	258,55
46	Olaria	844	802	1,53	1,84	2,75	2,20
47	Oliveira Fortes	1.070	1.017	1,94	2,33	3,49	2,79
48	Orizânia	1.705	1.620	3,09	3,71	5,56	4,45
49	Paiva	1.136	1.079	2,06	2,47	3,71	2,97
50	Palma	3.755	3.567	6,81	8,17	12,26	9,81
51	Passa Vinte	1.283	1.219	2,33	2,80	4,19	3,36
52	Patrocínio do Muriae	3.402	3.232	6,17	7,40	11,11	8,88
53	Pedra Dourada	1.121	1.065	2,03	2,44	3,65	2,92
54	Pedro Teixeira	766	728	1,39	1,67	2,50	2,00
55	Pequeri	2.627	2.496	4,77	5,72	8,59	6,87
56	Piau	1.672	1.588	3,03	3,64	5,45	4,36
57	Pirapetinga	7.763	7.375	14,08	16,90	25,34	20,28
58	Piraúba	8.502	8.077	15,42	18,50	27,76	22,20
59	Recreio	7.862	7.469	14,26	17,11	25,67	20,53
60	Rio Novo	7.264	6.901	13,18	15,82	23,72	18,98
61	Rio Pomba	13.290	12.626	28,50	34,20	51,30	41,04
62	Rio Preto	3.864	3.671	7,01	8,41	12,62	10,09
63	Rochedo de Minas	1.703	1.618	3,09	3,71	5,56	4,45
64	Rodeiro	4.309	4.094	7,82	9,38	14,08	11,26
65	Rosário da Limeira	1.649	1.567	2,99	3,59	5,38	4,31
66	Santa Bárb. do M. Verde	1.163	1.105	2,11	2,53	3,80	3,04
67	Santa Bárbara do Tugúrio	1.630	1.549	2,96	3,55	5,33	4,26
68	Santa Rita de Jacutinga	3.489	3.315	6,33	7,60	11,39	9,12
69	Santa Rita do Ibitipoca	-	-	-	-	-	-
70	Santana de Cataguases	2.613	2.482	4,74	5,69	8,53	6,83
71	Santana do Deserto	1.225	1.164	2,22	2,66	4,00	3,20

**Tabela 3.1.3 - Estimativa das Demandas de Água das  
Sedes Municipais para o ano 2000  
Minas Gerais (continuação)**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 95% de (2000)	Qmédia ( l/s )	QmxK <sub>1</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> k <sub>2</sub> ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> +20% ( l/s )
72	Santo A. do Aventureiro	1.470	1.397	2,67	3,20	4,81	3,84
73	Santos Dumont	38.451	36.528	82,44	98,93	148,39	118,71
74	São Francisco do Glória	3.101	2.946	5,63	6,76	10,13	8,11
75	São Geraldo	4.763	4.525	8,64	10,37	15,55	12,44
76	São João Nepomuceno	20.454	19.431	43,86	52,63	78,95	63,16
77	S. S. da Vargem Alegre	1.223	1.162	2,22	2,66	4,00	3,20
78	Senador Cortes	1.091	1.036	1,98	2,38	3,56	2,85
79	Silveirânia	1.021	970	1,85	2,22	3,33	2,66
80	Simão Pereira	1.334	1.267	2,42	2,90	4,36	3,48
81	Tabuleiro	2.595	2.465	4,71	5,65	8,48	6,78
82	Tocantins	11.347	10.780	24,33	29,20	43,79	35,04
83	Tombos	7.179	6.820	13,02	15,62	23,44	18,75
84	Ubá	74.981	71.232	173,13	207,76	311,63	249,31
85	Vieiras	1.349	1.282	2,45	2,94	4,41	3,53
86	Visconde do Rio Branco	25.889	24.595	55,51	66,61	99,92	79,93
87	Volta Grande	3.134	2.977	5,69	6,83	10,24	8,19
<b>Total</b>		<b>1.104.895</b>	<b>1.049.650</b>	<b>2.607,84</b>	<b>3.129,41</b>	<b>4.694,11</b>	<b>3.755,27</b>

- Obs.: 1 - Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.  
 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.  
 3 - Foi considerado o índice de perdas de 20% da vazão máxima diária.  
 4 - São sistemas integrados de abastecimento de água os de: Bicas e Guarará.

**Tabela 3.1.4 - Estimativa das Vazões de Esgotos Sanitários  
das Sedes Municipais para o ano 2000  
Rio de Janeiro**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 90% de (2000)	Qmédia ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> ,k <sub>2</sub> ( l/s )	Q infiltr. ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> ,k <sub>2</sub> +inf. ( l/s )
1	Aperibé	6.842	6.158	9,41	16,94	1,88	18,82
2	Areal	8.954	8.059	12,31	22,16	2,46	24,62
3	Barra do Pirai	66.918	60.226	117,11	210,80	23,42	234,22
4	Barra Mansa	162.797	146.517	298,46	537,23	59,69	596,92
5	Bom Jardim	9.330	8.397	12,83	23,09	2,57	25,66
6	Cambuci	5.301	4.771	7,29	13,12	1,46	14,58
7	Campos dos Goytacazes	311.723	280.551	649,42	1.168,96	129,88	1.298,84
8	Cantagalo	10.204	9.184	16,58	29,84	3,32	33,16
9	Cardoso Moreira	7.374	6.637	10,14	18,25	2,03	20,28
10	Carmo	10.070	9.063	16,36	29,45	3,27	32,72
11	Com. Levy Gasparian	6.161	5.545	8,47	15,25	1,69	16,94
12	Cordeiro	17.756	15.980	28,85	51,93	5,77	57,70
13	Duas Barras	3.335	3.002	4,59	8,26	0,92	9,18
14	Engº Paulo de Frontin	-	-	-	-	-	-
15	Italva	8.841	7.957	12,16	21,89	2,43	24,32
16	Itaocara	11.341	10.207	18,43	33,17	3,69	36,86
17	Itaperuna	67.305	60.575	117,78	212,00	23,56	235,56
18	Itatiaia	11.728	10.555	19,06	34,31	3,81	38,12
19	Laje do Muriaé	5.624	5.062	7,73	13,91	1,55	15,46
20	Macuco	3.925	3.533	5,40	9,72	1,08	10,80
21	Mendes	17.123	15.411	27,82	50,08	5,56	55,64
22	Miguel Pereira	11.810	10.629	19,19	34,54	3,84	38,38
23	Miracema	22.367	20.130	36,35	65,43	7,27	72,70
24	Natividade	10.105	9.095	16,42	29,56	3,28	32,84
25	Nova Friburgo	114.164	102.748	209,30	376,74	41,86	418,60
26	Conselheiro Paulino	29.078	26.170	47,25	85,05	9,45	94,50
27	Paty do Alferes	13.027	11.724	21,17	38,11	4,23	42,34
28	Paraíba do Sul	17.035	15.332	27,68	49,82	5,54	55,36
29	Petrópolis	181.638	163.474	333,00	599,40	66,60	666,00
30	Cascatinha	61.939	55.745	108,39	195,10	21,68	216,78
31	Pinheiral	17.672	15.905	28,72	51,70	5,74	57,44
32	Pirai	11.616	10.454	18,88	33,98	3,78	37,76
33	Porciúncula	10.479	9.431	17,03	30,65	3,41	34,06
34	Porto Real	11.388	10.249	18,51	33,32	3,70	37,02
35	Quatis	9.039	8.135	12,43	22,37	2,49	24,86
36	Resende	67.946	61.151	118,91	214,04	23,78	237,82
37	Agulhas Negras	23.239	20.915	37,76	67,97	7,55	75,52
38	Rio Claro	4.990	4.491	6,86	12,35	1,37	13,72
39	Rio das Flores	3.245	2.921	4,46	8,03	0,89	8,92
40	Santa Maria Madalena	4.467	4.020	6,14	11,05	1,23	12,28
41	Santo Antônio de Pádua	22.035	19.832	35,81	64,46	7,16	71,62
42	São Fidélis	19.041	17.137	30,94	55,69	6,19	61,88
43	Ipuca	4.061	3.655	5,58	10,04	1,12	11,16
44	S. Franc. do Itabapoana	-	-	-	-	-	-
45	São João da Barra (*)	16.156	14.540	26,25	47,25	5,25	52,50
46	São José de Ubá	2.326	2.093	3,20	5,76	0,64	6,40
47	S.J. do Vale do Rio Preto	9.007	8.106	12,38	22,28	2,48	24,76
48	São Sebastião do Alto	1.697	1.527	2,33	4,19	0,47	4,66
49	Sapucaia	4.686	4.217	6,44	11,59	1,29	12,88
50	Sumidouro	2.334	2.101	3,21	5,78	0,64	6,42
51	Teresópolis	109.696	98.726	201,11	362,00	40,22	402,22
52	Trajano de Moraes	1.804	1.624	2,48	4,46	0,50	4,96
53	Três Rios	65.957	59.361	115,42	207,76	23,08	230,84
54	Valença	50.503	45.453	88,38	159,08	17,68	176,76
55	Vassouras	18.478	16.630	30,03	54,05	6,01	60,06
56	Varre - Sai	4.132	3.719	5,68	10,22	1,14	11,36
57	Volta Redonda	241.996	217.796	504,16	907,49	100,83	1.008,32
	<b>Total</b>	<b>1.951.805</b>	<b>1.756.625</b>	<b>3.562,05</b>	<b>6.411,67</b>	<b>712,43</b>	<b>7.124,10</b>

- Obs.:
- 1 - Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.
  - 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.
  - 3 - O coeficiente de retorno adotado foi = 0,80.
  - 4 - A vazão de infiltração foi considerada como 20% da vazão média.
  - 5 - As localidades de Cons. Paulino, Cascatinha, Agulhas Negras e Ipuca, embora não sendo sedes municipais foram consideradas face as suas importâncias e/ou posições estratégicas.

**Tabela 3.1.5 - Estimativa das Vazões de Esgotos Sanitários  
das Sedes Municipais para o ano 2000  
São Paulo**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 90% de (2000)	Qmédia ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> ( l/s )	Q infiltr. ( l/s )	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> +inf. ( l/s )
1	Aparecida	34.382	30.944	55,87	100,57	11,17	111,74
2	Arapeí	1.899	1.709	2,61	4,70	0,52	5,22
3	Areias	2.452	2.207	3,37	6,07	0,67	6,74
4	Arujá	-	-	-	-	-	-
5	Bananal	7.187	6.468	9,88	17,78	1,98	19,76
6	Caçapava	66.741	60.067	116,80	210,24	23,36	233,60
7	Cachoeira Paulista	21.671	19.504	35,22	63,40	7,04	70,44
8	Canas	3.041	2.737	4,18	7,52	0,84	8,36
9	Cruzeiro	71.179	64.061	124,56	224,21	24,91	249,12
10	Cunha	10.146	9.131	16,49	29,68	3,30	32,98
11	Guararema	17.710	15.939	28,78	51,80	5,76	57,56
12	Guaratinguetá	99.162	89.246	173,53	312,35	34,71	347,06
13	Guarulhos	-	-	-	-	-	-
14	Igaratá	5.877	5.289	8,08	14,54	1,62	16,16
15	Itaquaquecetuba	-	-	-	-	-	-
16	Jacareí	169.575	152.618	310,89	559,60	62,18	621,78
17	Jambeiro	1.934	1.741	2,66	4,79	0,53	5,32
18	Lagoinha	2.877	2.589	3,96	7,13	0,79	7,92
19	Lavrinas	3.701	3.331	5,09	9,16	1,02	10,18
20	Lorena	75.097	67.587	131,42	236,56	26,28	262,84
21	Moji das Cruzes	-	-	-	-	-	-
22	Monteiro Lobato	1.515	1.364	2,08	3,74	0,42	4,16
23	Natividade da Serra	2.570	2.313	3,53	6,35	0,71	7,06
24	Paraibuna	5.295	4.766	7,28	13,10	1,46	14,56
25	Pindamonhangaba	87.454	78.709	153,04	275,47	30,61	306,08
26	Moreira César	31.624	28.462	51,39	92,50	10,28	102,78
27	Piquete	14.209	12.788	23,09	41,56	4,62	46,18
28	Potim	12.967	11.670	21,07	37,93	4,21	42,14
29	Queluz	7.846	7.061	10,79	19,42	2,16	21,58
30	Redenção da Serra	1.627	1.464	2,24	4,03	0,45	4,48
31	Roseira	8.013	7.212	11,02	19,84	2,20	22,04
32	Salesópolis	-	-	-	-	-	-
33	Santa Branca	11.721	10.549	19,05	34,29	3,81	38,10
34	Santa Isabel	33.014	29.713	53,65	96,57	10,73	107,30
35	São José do Barreiro	2.471	2.224	3,40	6,12	0,68	6,80
36	São José dos Campos	463.586	417.227	965,80	1.738,44	193,16	1.931,60
37	Eugênio de Melo	68.095	61.286	119,17	214,51	23,83	238,34
38	São Luís do Paraitinga	5.704	5.134	7,84	14,11	1,57	15,68
39	Silveiras	2.451	2.206	3,37	6,07	0,67	6,74
40	Taubaté	205.684	185.116	428,51	771,32	85,70	857,02
41	Quiririm	24.171	21.754	39,28	70,70	7,86	78,56
42	Tremembé	29.866	26.879	48,53	87,35	9,71	97,06
	Total	1.614.514	1.453.063	3.007,52	5.413,52	601,52	6.015,04

- Obs.:
- 1 - Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.
  - 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.
  - 3 - O coeficiente de retorno adotado foi = 0,80.
  - 4 - A vazão de infiltração foi considerada como 20% da vazão média.
  - 5 - As localidades de Moreira César, Eugênio de Melo e Quiririm, embora não sendo sedes municipais foram consideradas face as suas importâncias e/ou posições estratégicas.

**Tabela 3.1.6 - Estimativa das Vazões de Esgotos Sanitários  
das Sedes Municipais para o ano 2000  
Minas Gerais**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 90% de (2000)	Qmédia (l/s)	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> (l/s)	Q infiltr. (l/s)	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> +inf. (l/s)
1	Além Paraíba	29.635	26.672	48,16	86,69	9,63	96,32
2	Antônio Carlos	-	-	-	-	-	-
3	Antônio Prado de Minas	977	879	1,34	2,41	0,27	2,68
4	Aracitaba	1.454	1.309	2,00	3,60	0,40	4,00
5	Argirita	2.152	1.937	2,96	5,33	0,59	5,92
6	Astolfo Dutra	8.922	8.030	12,27	22,09	2,45	24,54
7	Barão de Monte Alto	1.567	1.410	2,15	3,87	0,43	4,30
8	Barbacena	-	-	-	-	-	-
9	Belmiro Braga	559	503	0,77	1,39	0,15	1,54
10	Bias Fortes	1.641	1.477	2,26	4,07	0,45	4,52
11	Bicas	11.498	10.348	18,68	33,62	3,74	37,36
12	Bocaina de Minas	-	-	-	-	-	-
13	Bom Jardim de Minas	-	-	-	-	-	-
14	Carangola	22.097	19.887	35,91	64,64	7,18	71,82
15	Cataguases	57.267	51.540	100,22	180,40	20,04	200,44
16	Chácara	1.651	1.486	2,27	4,09	0,45	4,54
17	Chiador	758	682	1,04	1,87	0,21	2,08
18	Coronel Pacheco	1.802	1.622	2,48	4,46	0,50	4,96
19	Descoberto	3.251	2.926	4,47	8,05	0,89	8,94
20	Desterro do Melo	-	-	-	-	-	-
21	Divinésia	-	-	-	-	-	-
22	Divino	7.940	7.146	10,92	19,66	2,18	21,84
23	Dona Euzébia	3.677	3.309	5,06	9,11	1,01	10,12
24	Ervália	-	-	-	-	-	-
25	Estrela Dalva	1.623	1.461	2,23	4,01	0,45	4,46
26	Eugenópolis	5.137	4.623	7,06	12,71	1,41	14,12
27	Ewbank da Câmara	3.168	2.851	4,36	7,85	0,87	8,72
28	Faria Lemos	2.277	2.049	3,13	5,63	0,63	6,26
29	Fervedouro	2.817	2.535	3,87	6,97	0,77	7,74
30	Goianá	2.412	2.171	3,32	5,98	0,66	6,64
31	Guarani	6.205	5.585	8,53	15,35	1,71	17,06
32	Guarará	3.552	3.197	4,88	8,78	0,98	9,76
33	Guidoval	5.304	4.774	7,29	13,12	1,46	14,58
34	Guiricema	2.954	2.659	4,06	7,31	0,81	8,12
35	Itamarati de Minas	2.804	2.524	3,86	6,95	0,77	7,72
36	Juiz de Fora	450.142	405.128	937,80	1.688,04	187,56	1.875,60
37	Laranjal	3.953	3.558	5,44	9,79	1,09	10,88
38	Leopoldina	40.383	36.345	65,62	118,12	13,12	131,24
39	Lima Duarte	10.311	9.280	16,76	30,17	3,35	33,52
40	Mar de Espanha	8.678	7.810	11,93	21,47	2,39	23,86
41	Maripá de Minas	1.871	1.684	2,57	4,63	0,51	5,14
42	Matias Barbosa	11.583	10.425	18,82	33,88	3,76	37,64
43	Mercês	6.155	5.540	8,46	15,23	1,69	16,92
44	Miradouro	4.919	4.427	6,76	12,17	1,35	13,52
45	Mirai	8.950	8.055	12,31	22,16	2,46	24,62
46	Muriae	77.760	69.984	136,08	244,94	27,22	272,16
47	Olaria	844	760	1,16	2,09	0,23	2,32
48	Oliveira Fortes	1.070	963	1,47	2,65	0,29	2,94
49	Orizânia	1.705	1.535	2,34	4,21	0,47	4,68
50	Paiva	1.136	1.022	1,56	2,81	0,31	3,12
51	Palma	3.755	3.380	5,16	9,29	1,03	10,32
52	Passa Vinte	1.283	1.155	1,76	3,17	0,35	3,52
53	Patrocínio do Muriae	3.402	3.062	4,68	8,42	0,94	9,36
54	Pedra Dourada	1.121	1.009	1,54	2,77	0,31	3,08
55	Pedro Teixeira	766	689	1,05	1,89	0,21	2,10
56	Pequeri	2.627	2.364	3,61	6,50	0,72	7,22
57	Piau	1.672	1.505	2,30	4,14	0,46	4,60
58	Pirapetinga	7.763	6.987	10,67	19,21	2,13	21,34
59	Piraúba	8.502	7.652	11,69	21,04	2,34	23,38
60	Recreio	7.862	7.076	10,81	19,46	2,16	21,62
61	Rio Novo	7.264	6.538	9,99	17,98	2,00	19,98
62	Rio Pomba	13.290	11.961	21,60	38,88	4,32	43,20
63	Rio Preto	3.864	3.478	5,31	9,56	1,06	10,62
64	Rochedo de Minas	1.703	1.533	2,34	4,21	0,47	4,68
65	Rodeiro	4.309	3.878	5,92	10,66	1,18	11,84
66	Rosário da Limeira	1.649	1.484	2,27	4,09	0,45	4,54
67	Santa Bárb. do M. Verde	1.163	1.047	1,60	2,88	0,32	3,20
68	Santa Bárbara do Tugúrio	1.630	1.467	2,24	4,03	0,45	4,48
69	Santa Rita de Jacutinga	3.489	3.140	4,80	8,64	0,96	9,60
70	Santa Rita do Ibitipoca	-	-	-	-	-	-
71	Santana de Cataguases	2.613	2.352	3,59	6,46	0,72	7,18
72	Santana do Deserto	1.225	1.103	1,68	3,02	0,34	3,36
73	Santo A. do Aventureiro	1.470	1.323	2,02	3,64	0,40	4,04

**Tabela 3.1.6 - Estimativa das Vazões de Esgotos Sanitários  
das Sedes Municipais para o ano 2000  
Minas Gerais (continuação)**

Nº	Cidade	Pop. Urb. 2000	Pop. Ben. 90% de (2000)	Qmédia (l/s)	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> (l/s)	Q infiltr. (l/s)	Qmxk <sub>1</sub> xk <sub>2</sub> +inf. (l/s)
74	Santos Dumont	38.451	34.606	62,48	112,46	12,50	124,96
75	São Francisco do Glória	3.101	2.791	4,26	7,67	0,85	8,52
76	São Geraldo	4.763	4.287	6,55	11,79	1,31	13,10
77	São João Nepomuceno	20.454	18.409	33,24	59,83	6,65	66,48
78	S. S. da Vargem Alegre	1.223	1.101	1,68	3,02	0,34	3,36
79	Senador Cortes	1.091	982	1,50	2,70	0,30	3,00
80	Silveirânia	1.021	919	1,40	2,52	0,28	2,80
81	Simão Pereira	1.334	1.201	1,83	3,29	0,37	3,66
82	Tabuleiro	2.595	2.336	3,57	6,43	0,71	7,14
83	Tocantins	11.347	10.212	18,44	33,19	3,69	36,88
84	Tombos	7.179	6.461	9,87	17,77	1,97	19,74
85	Ubá	74.981	67.483	131,22	236,20	26,24	262,44
86	Vieiras	1.349	1.214	1,85	3,33	0,37	3,70
87	Visconde do Rio Branco	25.889	23.300	42,07	75,73	8,41	84,14
88	Volta Grande	3.134	2.821	4,31	7,76	0,86	8,62
	<b>Total</b>	<b>1.104.895</b>	<b>994.406</b>	<b>1.975,53</b>	<b>3.556,00</b>	<b>395,06</b>	<b>3.951,06</b>

Obs.: 1 - Para os coeficientes K1 e K2 foram utilizados, respectivamente, os valores de 1,2 e 1,5.  
 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.  
 3 - O coeficiente de retorno adotado foi = 0,80.  
 4 - A vazão de infiltração foi considerada como 20% da vazão média.

### 3.1.4 Cargas poluidoras remanescentes

Para as parcelas fluminense, mineira e paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, estimou-se as cargas poluidoras ( exclusivamente DBO ) a partir da adoção da contribuição "per capita" de 54 g/hab.dia. Levou-se em consideração a redução proporcionada pelas estações de tratamento de esgotos existentes, o índice de coberturas atual das mesmas e estimou-se para estas a eficiência de 90% na redução de DBO, com exceção apenas para as unidades (tanques sépticos+filtros anaeróbios) da localidade de São João Nepomuceno - MG, para as estas adotou-se a eficiência de 70%.

Juntas, as unidades de tratamento existentes proporcionam uma redução na carga diária lançada à bacia da ordem de 23,4 toneladas, que equivale a 8,9% da carga potencial que é estimada em 264,36 t/d. Este dado evidencia de maneira inequívoca a necessidade de investimentos em empreendimentos que visem ao tratamento dos efluentes sanitários domésticos.

A [Tabela 3.1.7](#), apresentada a seguir, sintetiza o quadro atual no tocante as vazões captadas e consumidas e ao grau de exposição da população através das cargas remanescentes lançadas diariamente na bacia. Ressalta-se que os valores constantes da referida tabela não são cumulativos, mesmo naquelas sub-bacias que venham a incorporar outras.

**Tabela 3.1.7 - Vazões Captadas, Consumidas e Cargas Remanescentes de DBO**

TRECHOS / SUB-BACIAS	Ano 2000			
	Pop. Ben. 95% de (2000)	Q capt. (m <sup>3</sup> /s)	Q cons. (m <sup>3</sup> /s)	C. Reman. (t/d)
1 - Rio Paraibuna e Paraitinga	28.436	0,08	0,02	1,62
2 - Rio Jaguari	37.930	0,12	0,02	2,16
3 - Paraíba do Sul - trecho entre Funil e a foz dos rio Paraibuna, Paraitinga e Jaguari	1.476.039	5,53	1,11	64,49
4 - Paraíba do Sul - trecho entre Funil e Santa Cecília	555.996	2,08	0,42	30,34
5 - Paraíba do Sul - trecho entre Santa Cecília e a foz dos rios Paraibuna e Piabanha	246.933	0,82	0,16	14,04
6 - Rio Piabanha	383.978	1,36	0,27	19,62
7 - Rio Paraibuna	566.806	2,22	0,44	31,78
8 - Paraíba do Sul - trecho entre a foz do rio Paraibuna e Piabanha e a foz do rio Pomba	89.532	0,27	0,05	5,09
9 - Rio Pomba	434.369	1,38	0,28	24,65
10 - Rio Dois Rios	203.646	0,69	0,14	11,58
11 - Rio Muriaé	285.060	0,91	0,18	16,13
12 - Paraíba do Sul - trecho a jusante da foz do rio Pomba	341.974	1,38	0,28	19,44
<b>TOTAL</b>	<b>4.650.699</b>	<b>16,84</b>	<b>3,37</b>	<b>240,93</b>

- Obs.:
- 1 - Para os coeficientes  $K_1$  foi utilizado o valor de 1,2.
  - 2 - O consumo per capita adotado, variou de acordo com o porte da localidade.
  - 3 - Foi considerado o índice de perdas de 20% da vazão máxima diária.
  - 4 - Foi adotada a carga padrão de 54 g/hab.xd, expressa em DBO<sub>5</sub>.
  - 5 - Nas localidades que possuem tratamentos dos esgotos, considerou-se 90% de eficiência na remoção de DBO, com exceção de São João Nepomuceno e o distrito de Vermelho cujas eficiências adotadas foram de 70%.

## 3.2 Demanda Industrial

A avaliação das demandas hídricas industriais e das respectivas cargas poluentes lançadas nos corpos receptores - neste caso, exclusivamente as de natureza orgânica (DBO) - não é tarefa simples, quando não se dispõe de dados cadastrais abrangentes do parque industrial instalado na bacia do Paraíba do Sul.

De modo a contornar, em parte, essa dificuldade, foi definida uma metodologia constituída dos seguintes passos:

- construção de um cadastro preliminar consolidado das indústrias instaladas na bacia, por Estado, a partir de informações obtidas na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), de São Paulo, na Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) e na Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG);
- definição do universo das principais indústrias da bacia, sob a ótica do uso dos recursos hídricos, a partir do cadastro consolidado;
- definição da localização espacial das indústrias potencialmente produtoras de maior carga de DBO e, ainda, daquelas com mais de 50 empregados;
- cálculo das demandas hídricas e cargas poluidoras.

A aplicação dessa metodologia foi realizada na forma a seguir descrita.

### 3.2.1 Cadastro Preliminar

#### a) *Estado do Rio de Janeiro*

Inicialmente solicitou-se à FIRJAN a relação de todos os seus associados cujas instalações industriais estivessem localizadas no âmbito da bacia. A relação recebida foi incorporada ao banco de dados do sistema de informações da bacia; nela estão indicados qualificação do associado (razão social, endereço e CNPJ), o nome do principal executivo da empresa, o número de empregados e o código da pertinente atividade econômica, em quatro algarismos, de acordo com o Código Nacional de Atividades Econômicas (CNAC), do IBGE.

Essa relação, que necessariamente não abrange todas as indústrias fluminenses instaladas na bacia, foi confrontada com os dados cadastrais previamente existentes no banco de dados do sistema de informações da bacia, oriundas dos levantamentos do PQA e da Cooperação França-Brasil. Essa confrontação expôs profundas alterações ocorridas no cadastro, decorrentes, na maioria das vezes, de fusões, alterações da razão social, criações, fechamentos e mudança de endereço de inúmeras empresas fatos esses, aliás, observados no mundo inteiro, principalmente na última década.

A relação resultante consta de 1.206 empresas industriais. A despeito do elevado número de empresas encontrado, cabe notar que muitas delas são de pequeno porte, localizam-se em áreas urbanas (sendo, portanto, supridas de água pela rede pública) e têm sua atividade econômica voltada para o apoio direto à população (padarias, confeitarias, pequenas confecções, etc).

b) *Estado de Minas Gerais*

A partir da relação de indústrias fornecida pela FIEMG adotou-se o mesmo procedimento empregado para o Estado do Rio de Janeiro. A relação resultante apresenta 1.312 empresas industriais, valendo a mesma observação feita para as indústrias fluminenses quanto ao porte das empresas.

c) *Estado de São Paulo*

Em São Paulo, para a obtenção da relação dos maiores usuários industriais dos recursos hídricos, o procedimento usado foi distinto daquele empregado para o Rio de Janeiro e Minas Gerais. Inicialmente a CETESB forneceu uma relação com apenas 58 empresas por ela julgadas como grandes usuários dos recursos hídricos. Posteriormente, atendendo a nova solicitação, forneceu outra relação, mais abrangente, envolvendo 227 empresas, incluindo indicação parcial, relativamente ao número de empresas informado, das demandas hídricas e cargas de DBO (potencial e remanescente) produzida. Dado que o número de empresas foi ainda considerado pouco expressivo diante do porte do parque industrial paulista instalado na bacia, houve nova tentativa junto à CETESB, que forneceu outra relação, mais abrangente, englobando 3.635 indústrias.

Além da qualificação da empresa, a última relação apresentava, sua tipologia com relação ao CAE (antigo código de atividades econômicas utilizado pelo IBGE até 1985, quando foi substituído pelo CNAE). Como nessa relação, que apresentava inúmeras duplicações cadastrais, não constava o número de empregados de cada empresa outra solicitação foi apresentada à CETESB, que forneceu esse dado sobre as 1.094 mais expressivas da última relação, das quais 1.042 situadas na bacia.

Procedeu-se, então, à compatibilização entre os códigos das atividades econômicas, referenciando-os aos códigos do CNAE.

### **3.2.2 Definição do universo das principais indústrias:**

A partir das relações das indústrias usuárias resultantes das operações anteriores, foi definido, para cada Estado, o universo das principais indústrias relativamente ao uso dos recursos hídricos, utilizando-se, como critério de escolha, as maiores geradoras de DBO e as de maior porte.

Para definir as maiores geradoras de DBO foi empregada, para as indústrias fluminenses e mineiras, a metodologia proposta pelo *The Industrial Pollution Projection System (IPPS)*, do Banco Mundial, que, em função da tipologia e do número de empregados, permite a avaliação da carga de DBO produzida. Foram selecionadas as maiores indústrias responsáveis pela geração de 95% da carga potencial total calculada.

Para a escolha das indústrias paulistas maiores geradoras de DBO foram usadas as informações recebidas da CETESB, selecionando-se aquelas que respondem pela geração de 95% da carga remanescente total produzida.

Na escolha das indústrias de maior porte foram selecionadas, em cada um dos Estados, todas aquelas com 50 ou mais empregados, independentemente de sua tipologia.

Sob esses critérios foram selecionadas 233 indústrias no Estado do Rio de Janeiro, 175 em Minas Gerais das quais 159 foram consideradas na bacia e 200 em São Paulo.

### 3.2.3 Localização espacial das principais indústrias

Diante da necessidade de calcularem-se as demandas hídricas e as cargas poluidoras por sub-bacias afluentes do Paraíba do Sul ou por trechos desse rio, definiu-se que a sub-bacia de localização de cada indústria seria a mesma da localização da sede do município onde a empresa estivesse instalada ou, no caso de municípios banhados pelo Paraíba do Sul, o trecho em que o município estivesse inserido.

Embora esse critério seja o único capaz de conduzir a menores erros por não se conhecer a localização geográfica precisa da indústria, deve ser considerado com as devidas reservas. É possível haver casos em que a indústria, tendo como localização determinado município e, portanto, estando referida a determinada sub-bacia, na realidade possa estar vinculada a outra sub-bacia. É o caso, por exemplo, da Brahma, que, situada em Jacareí, portanto, na bacia direta do Paraíba do Sul, na realidade localiza-se na sub-bacia do Jaguari, cujo vale, naquele trecho, é muito próximo ao do Paraíba do Sul.

Com base no critério acima assinalado e do ponto de vista meramente quantitativo, as indústrias foram distribuídas nas sub-bacias e trechos do rio Paraíba do Sul indicadas na [Tabela 3.2.1](#).

**Tabela 3.2.1 Quantidade de Indústrias por Sub-Bacia**

<b>Estado</b>	<b>Sub-Bacia/Trecho</b>	<b>Quantidade de Indústrias</b>
<b>São Paulo</b>	Paraibuna - Paraitinga	1
	Sub-bacia do rio Jaguari	2
	Paraíba do Sul - montante de Funil	196
	Paraíba do Sul - entre Funil e Barra do Pirai	1
<b>Rio de Janeiro</b>	Paraíba do Sul - entre Funil e Barra do Pirai	52
	Paraíba do Sul - entre Barra do Pirai e Três Rios	36
	Sub-bacia do rio Paraibuna (mineiro)	4
	Sub-bacia do rio Piabanha	57
	Paraíba do Sul - entre Três Rios e a foz do Pomba	4
	Paraíba do Sul - a jusante da foz do Pomba	23
	Sub-bacia do rio Dois Rios	36
	Sub-bacia do rio Pomba	11
	Sub-bacia do rio Muriaé	10
<b>Minas Gerais</b>	Sub-bacia do rio Paraibuna (mineiro)	70
	Paraíba do Sul - entre Três Rios e a foz do Pomba	5
	Sub-bacia do rio Pomba	72
	Sub-bacia do rio Muriaé	12

### 3.2.4 Avaliação das Demandas Hídricas e Cargas Poluidoras

#### a) Demandas Hídricas

Na avaliação das demandas hídricas de cada indústria do Estado de São Paulo foram empregados critérios distintos das situadas em Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Por não se dispor nas relações enviadas pela FIRJAN e pela FIEMG de informações sobre as vazões captadas pelas indústrias, essa avaliação foi feita com o emprego de duas metodologias distintas.

A primeira foi a utilizada quando da elaboração do PQA/RJ, complementada pela metodologia usada no PROSAM<sup>1</sup> para as tipologias não consideradas no PQA/RJ; a segunda é a proposta pelo *US Army Corps of Engineers*.

A metodologia PQA/PROSAM permite calcular a vazão efluente, por tipologia - considerando-se o código de atividades econômicas com dois dígitos - por meio de curvas de regressão que a relacionam ao número de empregados. Para o cálculo da vazão de captação foi considerado, para todo o universo de indústrias, - a menos onde indicado em contrário - o uso consuntivo de 30%, relativamente à vazão captada.

A metodologia do *US Army Corps of Engineers*, também a partir da tipologia com dois dígitos e do número de empregados, fornece o provável intervalo de variação da vazão consumida. No caso presente, como cautela para o posterior cálculo das disponibilidades hídricas, optou-se por considerar o maior valor. Da mesma forma que no caso da metodologia PQA/PROSAM, a vazão de captação foi considerada a partir do uso consuntivo de 30%, relativamente à vazão captada.

Cumpram ressaltar que a aplicação de tais metodologias, como não poderia deixar de ser, conduzem a resultados que pretendem apenas definir, em grandes níveis, por tipologia, a ordem de grandeza do volume de água necessário à operação da indústria. Essa observação torna-se ainda mais evidente pelo fato de a classificação da tipologia ser feita com apenas dois dígitos o que não permite uma apreciação precisa da atividade de cada indústria mas tão somente do setor de sua atuação.

Cabe, também, observar que, por não constarem, nas relações enviadas pela FIRJAN e pela FIEMG, informações sobre a origem da água utilizada pelas indústrias, se superficial ou subterrânea ou mesmo da rede pública, optou-se, também, como cautela para o posterior cálculo das disponibilidades hídricas, que todas elas seriam captadas superficialmente.

Os resultados obtidos das simulações realizadas para as indústrias mineiras e fluminenses foram comparados, quando possível (22 casos no Rio de Janeiro e 3 em Minas Gerais) com aqueles encontrados nos trabalhos da Cooperação França-Brasil.

Para as indústrias paulistas tomou-se como demanda hídrica de captação aquela constante das relações recebidas da CETESB. Teve-se o cuidado de excluir as captações de águas subterrâneas, quando indicado. As eventuais captações na rede pública, se existentes, não pode ser diferenciada sendo portanto, como nos casos fluminenses e mineiros, consideradas como captação superficial. Deve, também, ser observado que a vazão de captação de algumas poucas indústrias não foi informada. Nesses casos, apenas para avaliação da ordem de grandeza da vazão captada por

<sup>1</sup> Estudo sobre o Controle da Poluição Industrial – Subcomponente A3/PROSAM - Governo do Estado de Minas Gerais, 1996.

tais indústrias, o cálculo foi efetuado pelas metodologia PQA/PROSAM. A vazão total encontrada foi de apenas 0,15m<sup>3</sup>/s.

Os resultados obtidos para as vazões de captação, por sub-bacia ou trecho do Paraíba do Sul, constam da [Tabela 3.2.2](#), seguinte. Cabe, todavia, notar que, no caso das indústrias fluminenses e mineiras, diante das imprecisões decorrentes do processo de cálculo, a vazão final considerada, por indústria, foi aquela de maior valor encontrado, quer pelo emprego das metodologias acima, quer pela Cooperação França-Brasil. No caso particular da Cia. Siderúrgica Nacional (CSN), a maior usuária industrial da bacia, a vazão considerada (8,7m<sup>3</sup>/s) não resultou de estimativas, mas, sim, de informações recebidas da própria CSN. Dessa vazão, cerca de 4,0m<sup>3</sup>/s são restituídos ao rio.

Para as indústrias paulistas foram consideradas apenas as vazões fornecidas pela CETESB.

Os resultados da Tabela 3.2.2, embora não apresentando grandes dispersões entre os valores encontrados pelas metodologias PQA/PROSAM e *US Army Corps of Engineers*, devem ser considerados com muita prudência e servem apenas para permitir uma visão, bastante preliminar, do uso industrial da água na bacia. Avaliações mais precisas poderão ser feitas, posteriormente, a partir das informações cadastrais dos usuários de recursos hídricos que serão levantadas pela ANA em parceria com os três Estados. De fato é de fundamental importância que, quando do término do cadastramento, as demandas sejam novamente avaliadas.

**Tabela 3.2.2: Vazões de Captação Calculadas (m<sup>3</sup>/s)**

Estado	Metodologia "PQA/PROSAM"	Metodologia "Corps of Engineers"	Vazões CETESB	Vazão Considerada
Rio de Janeiro	8,94	8,85	-	11,14
Minas Gerais	0,20	0,10	-	0,27
São Paulo	-	-	2,24	2,24
<b>TOTAL</b>				<b>13,65</b>

#### b) Cargas Poluidoras

Para as indústrias fluminenses e mineiras, exceto para a Cia. Siderúrgica Nacional (CSN), as cargas poluidoras (exclusivamente DBO) foram calculadas pela metodologia proposta pelo *The Industrial Pollution Projection System (IPPS)*, do Banco Mundial. Para a CSN foi adotada a carga indicada pela FEEMA/PROCON no PQA/RJ. A metodologia *IPPS*, como no caso do cálculo das demandas hídricas, permite avaliar a carga de DBO potencial, por tipologia industrial, a partir do número de empregados. A avaliação limitou-se ao DBO uma vez que as informações cadastrais atualmente disponíveis não permitem a estimativa de outros parâmetros poluentes. Após a conclusão do cadastramento/outorga dos usuários a ser realizado pela ANA em parceria com os três Estados, essas cargas poluidoras serão reavaliadas com maior abrangência e precisão, bem como o seu efeito na qualidade da água, mediante o modelo de apoio à decisão para concessão de outorga, ora em desenvolvimento.

Deve-se observar que, por absoluta falta de informações, não foi considerada a existência de eventuais estações de tratamento de efluentes nas instalações industriais.

Para as indústrias paulistas foram consideradas as cargas de DBO remanescentes, no caso, as indicadas pela CETESB, valendo as mesmas observações com relação às indústrias mineiras e fluminenses no que se refere a outras cargas poluentes.

A Tabela 3.2.3, a seguir sintetiza os resultados obtidos.

**Tabela 3.2.3 Vazões Captadas, Consumidas e Carga de DBO**

Trechos / Sub-Bacias	Vazão Captada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Consumida (m <sup>3</sup> /s)	Carga de DBO(*) (kg/dia)
1 – Rios Paraibuna/Paraitinga	-	-	-
2 - Rio Jaguari	0,25	0,08	1.350
3 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e a foz dos rios Paraibuna, Paraitinga e Jaguari	1,99	0,60	9.785
4 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e Santa Cecília	9,34	4,90	5486
5 - Paraíba do Sul – trecho entre Santa Cecília e a foz dos Rios Paraibuna e Piabanha	0,06	0,02	3.481
6 - Rio Piabanha	0,12	0,04	1.355
7 - Rio Paraibuna	0,14	0,04	2.808
8 - Paraíba do Sul – trecho entre a foz do Rio Paraibuna e Piabanha e a foz do rio Pomba	0,02	0,00	1.017
9 - Rio Pomba	0,19	0,06	4.805
10 – Rio Dois Rios	0,10	0,03	2.842
11 - Rio Muriaé	0,02	0,01	3.603
12 - Paraíba do Sul – trecho a jusante da foz do rio Pomba	1,43	0,43	3.310
<b>Total</b>	<b>13,65</b>	<b>6,19</b>	<b>39.841</b>

(\*)DBO remanescente para as indústrias paulistas (sub-bacia do Jaguari e trecho a montante de Funil) e DBO potencial para as indústrias fluminenses e mineiras

## 3.3 Agropecuária

### 3.3.1 Introdução

O objetivo deste tópico é caracterizar o uso da água e estimar a demanda hídrica do setor agropecuário na bacia. Para tanto, o trabalho foi elaborado em três etapas distintas. A primeira consistiu na busca das informações disponíveis sobre o assunto. Primeiro foram reunidas as informações contidas nos PQA dos três Estados que compõem a bacia, no estudo da Cooperação França-Brasil e no Plano de Recursos Hídricos das bacias do trecho paulista. Posteriormente, foram contactados - via *e-mail*, telefone e carta - técnicos de instituições relacionadas com o tema, tais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE), entre outras. Com base nas informações obtidas pôde-se concluir que, exceto estudos de empreendimentos específicos, são escassos os dados a respeito do uso de água em agricultura na bacia. Para determinação das áreas irrigadas, a fonte de dados oficial mais atualizada, que engloba toda a bacia, é o Censo Agropecuário do IBGE de 1996, que fornece a área irrigada por município, não determinando, no entanto, o tipo de cultura nem o uso de água. Para determinação dos consumos específicos de água, não foram encontrados dados oficiais sobre as áreas cultivadas na bacia. No caso da pecuária, a fonte de dados oficial mais atualizada é a Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE, de 2000, onde se pode encontrar o efetivo dos rebanhos por espécie e por município.

A segunda etapa consistiu na pesquisa das metodologias de estimativa de demanda de água na agricultura e, em função das informações colhidas na primeira etapa, na escolha e aplicação da metodologia mais adequada. A metodologia selecionada baseou-se nas áreas irrigadas fornecidas pelo Censo Agropecuário do IBGE de 1996 e nos consumos específicos de água calculados por Estado, no Brasil, no estudo "*Água e irrigação no Brasil*", de CHRISTOFIDIS (1997). Para o cálculo da demanda na pecuária, a metodologia escolhida foi a sugerida pela ENGEORPS (1998) no manual de outorga da Secretária de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente.

A terceira e última etapa constou da transformação dos dados para o formato do sistema de informações da bacia. Esse formato é o de banco de dados relacional a fim de poder ser acessado pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG) e calculadas as demandas em função do recortes de sub-bacias definidos para o cálculo de balanço hídrico.

É importante ressaltar que as demandas hídricas do setor agrícola, estimadas neste trabalho, consistem na melhor aproximação possível em face aos dados disponíveis. Para um cálculo mais preciso se faz necessária a obtenção de mais dados, tais como área irrigada por cultura, localização geográfica das culturas, plano de cultivo, técnica de irrigação, etc.

Espera-se que com a implementação do gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul e de seus instrumentos, em especial a outorga, seja possível conhecer melhor os usos e demandas do setor agrícola na bacia.

### 3.3.2 Caracterização do setor agropecuário na bacia

Apesar de a bacia possuir grande potencial agrícola, o setor agropecuário apresenta pouca expressão econômica em relação aos demais setores. Isso pode ser explicado por uma mudança no foco dos investimentos públicos nas décadas de 1960 e 1970 em direção ao desenvolvimento industrial, e mais recentemente, pelo declínio da atividade sucro-alcooleira. Ante esse redirecionamento do Governo, foram relegados ao segundo plano os investimentos em infra-estrutura agrícola. Exemplo disso são os projetos de polders no trecho paulista, até hoje não concluídos.

Ainda assim, o setor agropecuário pode ser considerado um consumidor relevante de água na bacia. Também é grande usuário de água para diluição através da poluição difusa causada pelo uso indiscriminado de fertilizantes e defensivos agrícolas, bem como pelos dejetos de animais.

No trecho paulista, as principais áreas irrigadas localizam-se nas regiões de várzea do rio Paraíba do Sul, tendo como principais culturas o arroz, o milho e os hortigranjeiros. A área ocupada por essas culturas tem diminuído nos últimos anos e vem sendo substituída por pastagens e portos de extração de areia. Cabe destacar o crescimento das áreas de plantação de eucalipto para produção de celulose.

No trecho mineiro, as principais áreas encontram-se às margens dos rios Pomba e Muriaé, e a principal cultura é o milho, seguido do café, das forrageiras, do feijão, da cana-de-açúcar e do arroz. No trecho fluminense, as principais áreas irrigadas estão no Noroeste, Norte e na Região Serrana do Estado. Nas duas primeiras, onde se localiza a Baixada Campista, as culturas mais expressivas são cana-de-açúcar, arroz, café e tomate. Na Região Serrana do Estado, destaca-se a olericultura.

As áreas ocupadas com o cultivo da cana-de-açúcar nos trechos mineiro e fluminense têm diminuído nos últimos anos devido à crise que afeta o setor sucro-alcooleiro. Também as áreas de plantação de arroz vêm-se reduzido na região. Por outro lado, têm crescido nas últimas décadas as áreas ocupadas pelas plantações de café que, após o seu apogeu nos anos 1950, haviam sofrido forte declínio nas décadas de 1960 e 1970. Tem havido também incremento na produção de olerículas, com destaque para o tomate na Região Serrana do Estado Rio de Janeiro. Digno de nota é o crescimento recente, no trecho fluminense, de projetos de fruticultura irrigada com incentivos do Governo e a avicultura de corte.

Como a bacia abrange três Estados, a caracterização do setor agropecuário foi dividida em três partes, cada uma delas descrita a seguir.

#### Trecho Fluminense

A agropecuária é o setor de menor expressão na economia do Estado do Rio de Janeiro. No período 1980-93, a participação do Produto Interno Bruto (PIB) a custo de fatores da agropecuária no PIB total do Estado variou entre 1,2 % e 1,6 %, registrando a média de 1,4 % ao longo desse período. A distribuição dos principais produtos agrícolas no valor da produção da agropecuária no Estado do Rio de Janeiro pode ser observada na [tabela 3.3.1](#).

**Tabela 3.3.1 - Participação Percentual dos Principais Produtos no Valor da Produção da Agropecuária no Estado do Rio de Janeiro - 1980, 1985 e 1993**

PRODUTO		1980		1985		1993	Variação
Arroz	9	2,94	9	2,79	11	1,72	-
Aves para corte	5	9,00	5	6,82	2	19,60	+
Bovinos para corte	4	13,28	3	14,30	4	11,87	=
Banana	7	3,34	7	4,87	7	4,16	=
Café	11	1,27	8	3,58	9	3,26	+
Cana-de-açúcar	3	16,55	2	15,72	5	9,14	-
Laranja	6	4,35	6	6,46	8	3,72	-
Leite	2	18,40	4	13,91	3	12,88	-
Ovos de galinha	8	2,96	11	2,49	10	1,89	-
Tomate	10	2,61	10	2,72	6	5,44	+
Outros	1	25,30	1	26,33	1	26,33	=
<b>Total</b>		<b>100,00</b>		<b>100,00</b>		<b>100,00</b>	

Fontes: IBGE - Censos Agropecuários (1980 e 1985), PAM (1993), PPM (1993) e CIDE.

Entre 1980 e 1993, têm apresentado queda no valor da produção o arroz, a cana-de-açúcar, a laranja o leite e os ovos de galinha. Os bovinos para corte, a banana e os demais produtos mantiveram-se constantes, enquanto houve incremento na criação de aves para corte e nas culturas do café e do tomate.

É interessante notar a significativa queda registrada nesse período pela cana-de-açúcar e pelo arroz, produtos tradicionalmente expressivos do setor.

Merece destaque a lavoura do café, que, conforme já mencionado, teve seu ápice até os anos 1950, declinou drasticamente nas décadas subseqüentes e voltou a crescer nos anos 1980, quase triplicando sua participação ante a renovação do plantio no Estado. A participação da avicultura de corte é também digna de nota, uma vez que salta da quinta posição (9,0%) em 1980 para a segunda (19,6 %) em 1993, mais que dobrando sua participação. Esse desempenho excepcional é reflexo do aumento das exportações brasileiras de carne de frango. O Brasil é hoje o segundo maior exportador mundial de carne de frango, possuindo uma fatia de 11% do mercado mundial (CHRISTOFIDIS).

A participação do tomate no valor total da produção agropecuária do Estado mais que dobrou entre 1980 e 1993, quando saltou de décimo para sexto lugar. Vale destacar que o cultivo dessa solanácea se concentra em dois pólos de produção no Estado, localizados na bacia do Paraíba do Sul: o município de Cambuci, na Região Noroeste, e os municípios de Paty do Alferes e Vassouras, na Centro-Sul. Esses dois pólos são responsáveis, em conjunto, por 47,7 % da produção estadual.

A cultura do tomate aparece ainda com destaque nos municípios de São Sebastião do Alto, Nova Friburgo, Bom Jardim, Sumidouro e Teresópolis, na Região Serrana; e em Itaperuna, Santo Antônio de Pádua e Varre-Sai, na Noroeste, todos inseridos na bacia do Paraíba do Sul. Por extensão, é nesses municípios que se localiza a produção olerícola que, à semelhança de sua principal cultura, o tomate, vem registrando índices crescentes na economia agrícola fluminense.

Excluindo as pastagens, a agricultura fluminense ocupou em 1995 cerca de 220 mil ha na bacia, correspondendo a aproximadamente dois terços da área agrícola total do Estado (Tabela 3.3.2).

**Tabela 3.3.2 - Área Plantada por Grupos de Produtos (1995) no Estado do Rio de Janeiro e na Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Grupo de Produtos	Estado do Rio de Janeiro (ha)	Participação (%)	Bacia do Paraíba do Sul (ha)	Participação na Bacia (%)	Participação em Relação ao Estado (%)
Grãos	50.266,70	15,4	37.747,20	17,1	75,10
Olerícolas	31.097,30	9,6	16.446,90	7,5	52,90
Fruticultura	53.783,70	16,5	8.781,20	4,0	16,30
Outros	190.219,50	58,5	157.504,50	71,4	82,80
<b>Total</b>	<b>325.536,70</b>	<b>100</b>	<b>220.479,80</b>	<b>100</b>	<b>67,70</b>

Fonte: Emater-Rio.

Merece destaque a cana-de-açúcar, que abrange uma área de 180 mil ha, representando 55,4 % da superfície total cultivada do Estado. Essa cultura, juntamente com as do café e mandioca, compõe o grupo outros, numa área de 190 mil ha, o que representa 58,5 % da superfície agrícola total.

Mais recentemente, tem se sobressaído nas regiões Norte e Noroeste o crescimento da fruticultura irrigada. Merece destaque o Projeto Frutificar, do Governo do Estado, destinado a incentivar a implantação da fruticultura naquelas regiões. Já foram beneficiados por esse projeto 1.300 ha, e espera-se atingir a meta de 4.000 ha. As culturas custeadas pelo projeto são abacaxi, maracujá, goiaba e, em breve, coco. O Governo financia 100% do empreendimento por intermédio do Banco do Brasil, com carência de cinco anos e prazo de pagamento de três anos após a carência, a juros de 2% ao ano. Para receber o financiamento, o produtor precisa assegurar a compra da produção com base em preço pré-fixado por uma indústria beneficiadora. Além disso é realizada uma análise técnica de viabilidade do empreendimento que, entre outros aspectos, verifica a disponibilidade hídrica do local.

### Trecho Mineiro

No trecho mineiro houve expressiva redução da área utilizada pela atividade agropecuária na bacia entre os anos 1985 e 1995, conforme revelam os últimos censos agropecuários do IBGE (1990 e 1997). Essa redução deve-se a fatores de ordem política, cultural, socioeconômica e ambiental. Entre os fatores de ordem ambiental, pode-se supor que a erosão laminar e as eventuais formas mais intensas de erosão (sulcos, ravinas e voçorocas) foram as causas principais dessa redução.

O produto mais expressivo da lavoura temporária no trecho mineiro da bacia é o milho, representando 33% da área ocupada. Em segundo lugar estão as forrageiras (24%), em terceiro o feijão (20%), em quarto a cana-de-açúcar (10%), em quinto o arroz (8%) e, por último, a mandioca e o tomate (1% cada um). Os municípios que apresentaram as maiores extensões em área colhida de milho em 1995/6 foram Divino, Muriaé, Lima Duarte e Mirai. Lima Duarte aparece com a maior área colhida em lavouras temporárias, das quais as forrageiras ocupam cerca de 80% dos 13.757 ha da área colhida no município. Divino é o segundo maior produtor (em área colhida) de lavouras temporárias, ocupando os primeiros lugares em produção de milho e feijão, apesar de ter sofrido uma redução de 62%, no período 1985-1995/96, na área total ocupada com lavouras temporárias.

O grande declínio em lavouras temporárias ocorrido no município de Visconde do Rio Branco deve-se à falência das usinas de açúcar e álcool da região. A cana-de-açúcar está entre os sete principais produtos da lavoura temporária nos municípios da bacia

do Paraíba do Sul. Visconde do Rio Branco era o maior produtor de cana dentre esses. De acordo com o Censo Agropecuário, em 1985 foram colhidos 8.703 ha de cana-de-açúcar em Visconde do Rio Branco e 2.697 ha em Ubá, município vizinho e segundo maior produtor de cana. Em 1995/96 a área colhida caiu para 2.392 ha e 945 ha, respectivamente. Nos últimos quatro anos (após o Censo), a produção de cana praticamente acabou na região, com o fechamento da última grande usina, resultando em imensidões de terras degradadas e ociosas, além do desemprego e êxodo rural associados.

Divino também foi o município que apresentou a maior extensão em área colhida de lavouras permanentes. O café é a principal cultura da lavoura permanente nos municípios mineiros da bacia do Paraíba do Sul, respondendo por 79% da área colhida em 1995/96. Em seguida, aparecem a banana (9%) e a laranja (4%). Divino respondeu por 28% da área colhida de café, seguido de Carangola (13%) e Fervedouro (8%). Em 1985, a área colhida de café foi pouco maior do que em 1995/96, notando-se que os 10 maiores produtores de café (acima de 1.000 ha de área colhida) se mantêm os mesmos em 1985 e 1995/96, com o município de Divino já na liderança da produção.

A produção de café, concentrada na microrregião de Muriaé, manteve-se similar, em parte, devido a uma política de favorecimento às culturas de exportação e, em parte, em face das melhorias na qualidade da produção; atualmente, ao contrário do seu passado no Vale do Paraíba, o café tem sido mais cultivado em curva de nível, o que reduz bastante a erosão superficial, que tanto estrago provocou no século XIX.

Após a decadência da lavoura canavieira em Visconde do Rio Branco e Ubá, a fruticultura surge como possibilidade de recuperação da atividade agrícola na região e apresenta-se como uma alternativa mais adequada à sustentabilidade no uso da terra, desde que sejam observados os cuidados com técnicas de conservação de solos e uso de insumos químicos. A diversificação e a consorciação de espécies na fruticultura é viável e desejável, e essa forma de uso pode até ser adotada em áreas urbanas, no sentido de formação de pequenos pomares em “fundo de quintal” ou áreas públicas.

Na referida região já existem pequenas e médias indústrias de produção de suco, que atualmente importam frutas de outras regiões e Estados, ou seja, a demanda para a produção de frutas na região de Ubá e Visconde do Rio Branco já é uma realidade.

A Prefeitura de Visconde do Rio Branco está investindo na produção de mudas de manga, goiaba, graviola e outras frutas, juntamente com um trabalho de extensão rural que visa fomentar a adoção da fruticultura em terras ociosas. Ante a recente quebra da atividade canavieira, muitos proprietários rurais estão com suas terras “paradas” e vários trabalhadores rurais estão abandonando a atividade agrícola. A falta de alternativa no campo para essas pessoas poderá resultar no abandono geral da atividade, com impactos negativos para os trabalhadores e proprietários rurais e para as cidades onde provavelmente esse contingente rural vem se deslocando.

De acordo com os dados obtidos no Censo Agropecuário (IBGE, 1995/96), há uma variedade razoável de espécies da fruticultura, computadas como lavouras perenes, que são cultivadas nos municípios da bacia. No entanto, a produção é irrisória, e somente a banana e a laranja apresentam área pouco mais significativa que as demais frutas, embora muito menor do que a ocupada pelo café, principal produto da lavoura permanente.

Cumprir lembrar que o Governo de Minas Gerais criou, em 1998, o Programa Mineiro de Incentivo à Fruticultura (Lei 12.998, de 30-07-98) que prevê abertura de linhas de crédito especiais e destinação de recursos para pesquisa, assistência técnica e extensão rural com o objetivo de expandir a atividade, gerando emprego e renda no meio rural. No entanto, segundo informações da EMATER, os investimentos estão mais concentrados no Norte e Nordeste do Estado, nos vales do São Francisco e Jequitinhonha. Em vista disso, na elaboração dos cenários de crescimento de demanda hídrica não foi considerado aumento devido à expansão de áreas irrigadas com fruticultura no trecho mineiro.

### **Trecho Paulista**

A agricultura é praticada neste trecho em pequena escala e é muito pouco expressiva em termos comerciais e de território ocupado, sendo também, praticamente de caráter temporário.

Na região das várzeas, após o declínio da produção do café, o Governo decidiu incentivar o desenvolvimento da agricultura irrigada do arroz. Antes, essas terras eram utilizadas precariamente, pois grande parte delas era inundada na estação chuvosa, prejudicando as culturas. Na estação seca, a produção sofria sensíveis reduções devido à insuficiência de água. Para contornar esses problemas, foi celebrado, na década de 1960, convênio entre o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e o extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) para elaboração de um projeto de recuperação, saneamento e beneficiamento das várzeas do rio Paraíba do Sul. O projeto previa a retificação do rio, a construção de diques marginais de proteção contra enchentes e a divisão das áreas de várzea em 42 unidades autônomas, denominadas pôlderes, dotadas de sistemas de irrigação e drenagem que, em conjunto, possibilitariam a exploração agrícola de uma área de 34.000 ha.

No entanto, as metas do projeto não foram atingidas. Dos 34.000 ha irrigados previstos inicialmente, apenas cerca de 13.000 ha chegaram a ser efetivamente ocupados. O Governo priorizou investimentos no desenvolvimento do setor industrial na bacia, e o setor agrícola foi relegado a segundo plano. Com o passar do tempo, esvaziaram-se as estruturas, e minguaram os investimentos para conclusão dos projetos. Como os projetos não foram concluídos, muitas áreas não puderam ser exploradas.

Atualmente, segundo o Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul de São Paulo (PQA/SP), os projetos hidroagrícolas em grande escala no País encontram-se no âmbito empresarial, cabendo ao Poder Público o controle do uso dos recursos hídricos utilizados mediante instrumentos como a outorga e cobrança. Em vista disso, não foram previstos investimentos públicos em projetos de irrigação. No entanto, cabe ressaltar que foram previstos recursos, no âmbito do PQA/SP, para a manutenção dos pôlderes e dos sistemas de irrigação já existentes.

Mais recentemente, em face da desvalorização do dólar, a situação se agravou, pois alguns agricultores deixaram de plantar, alegando que a cultura do arroz se tornara inviável economicamente devido à alta nos custos dos insumos importados (herbicidas e pesticidas). Esses agricultores estão substituindo suas lavouras por pastagens e por portos de extração de areia.

Do ponto de vista agrônomo, a utilização da várzea para pastagem é uma subutilização por tratar-se a várzea de área nobre, porém, não é inadequada. Já a

utilização da várzea para extração de areia é ecologicamente inadequada. As áreas transformadas em portos de extração de areia dificilmente poderão ser utilizadas novamente para agricultura. Os extratores, após retirarem as camadas de areia, abandonam a área, deixando seu ecossistema comprometido. A extração de areia dos polders, bem como do leito do Paraíba do Sul e de suas várzeas, tornou-se muito vultosa nos últimos dez anos. Segundo estimativa dos técnicos do DAEE, cerca de 80% da areia utilizada na construção civil em São Paulo provém do Vale do Paraíba. Apenas na região do polder Tremembé I, calcula-se que sejam retiradas 5.000 t de areia por dia.

Nas encostas são praticadas basicamente as culturas anuais/temporárias, que estão associadas a áreas pequenas ou de subsistência e, muitas vezes, associadas à reforma de pastagens. Não são preparadas anualmente, uma vez que revezam com pastagem, portanto, não constituem fator de degradação constante. São itinerantes, em função de doenças e pragas nas lavouras, e também pela degradação, principalmente, em função de irrigação malconduzida, em especial nas lavouras de tomate (irrigação por sulcos). Os principais produtos da agricultura praticada nas encostas são o tomate, com problemas pontuais (principalmente em Paraíba e São Luiz do Paraitinga), e, em escala mais reduzida, o café, a fruticultura e a cana (que alimenta o gado e os alambiques da região). Em termos de tendência, e do ponto de vista conservacionista, a cana-de-açúcar não constitui problema nem deverá constituir, pois nunca chegará a ser monocultura na região<sup>1</sup>.

Nestas regiões também tem crescido, nos últimos anos, a exploração de plantações de eucalipto para extração de celulose. Segundo informações de agricultores locais, as empresas de papel e celulose estão arrendando terras tradicionalmente utilizadas para agricultura e transformando-as em plantações de eucalipto. Para os agricultores isso tem sido bom negócio, pois recebem o dinheiro limpo, sem risco e a curto prazo. Além disso, podem manter a sede de suas propriedades no terreno, ou seja, praticamente “recebem para não trabalhar”. Uma informação interessante fornecida pelos agricultores é que as plantações de eucalipto estariam “secando” os ribeirões. No entanto, para confirmar isso seria necessário um estudo mais profundo do assunto.

Quanto aos pastos, nas encostas eles são de baixa qualidade, em função dos solos haverem perdido a fertilidade, e de baixa capacidade produtiva, implicando a exposição dos solos aos processos erosivos. O quadro é agravado na concentração do pisoteio do gado e nas trilhas dos animais, formando, inclusive, terraços nas encostas.

---

<sup>1</sup> Segundo o PQA do Estado de São Paulo.

### 3.3.3 Usos e Demandas Hídricas

#### 3.3.3.1 Demandas Hídricas de Captação e Consumo

- **Agricultura**

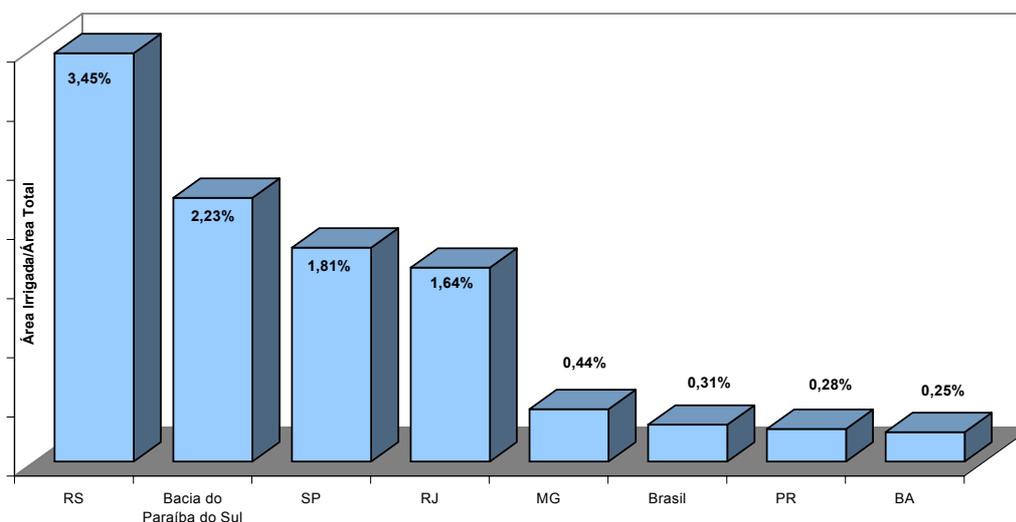
A bacia do rio Paraíba do Sul possui uma área irrigada de 123.734 ha, segundo o Censo Agropecuário do IBGE de 1995/96. O censo fornece a área irrigada por município e, para se obter o valor total da bacia, foram somadas as áreas irrigadas de todos os municípios que a compõem. Nos casos dos municípios que se localizam na fronteira da bacia, para fins de estimativa da demanda hídrica foi considerado que toda a área irrigada está localizada dentro da bacia. Agregando-se essas áreas irrigadas por trecho estadual dentro da bacia, têm-se os valores mostrados na Tabela 3.3.3.

**Tabela 3.3.3 - Área Irrigada na Bacia do Rio Paraíba do Sul por Trechos Estaduais**

Trecho	Área Irrigada Total (ha)
Mineiro	21.191
Fluminense	66.397
Paulista	36.146
<b>Total</b>	<b>123.734</b>

*Fonte: Censo Agropecuário do IBGE 1995/1996.*

Foi elaborado um indicador percentual com o objetivo de comparar a bacia do rio Paraíba do Sul com outras unidades da Federação, no que diz respeito à área irrigada. Esse indicador foi obtido pela divisão da área irrigada pela área total da bacia. O valor encontrado para a bacia do rio Paraíba do Sul, que possui uma área total de 5.556.542 ha, é 2,23%. Este valor é sete vezes maior que a média brasileira, de 0,31%. Esses valores e os calculados para os Estados podem ser observados na [Figura 3.3.1](#).



**Figura 3.3.1 – Percentual Área Irrigada/Área Total**

Fonte: Área Irrigada – CHRISTOFIDIS (MG, RS, SP, RJ, BA, Brasil)/Censo Agropecuário do IBGE 1995/1996 (Bacia do Rio Paraíba do Sul).

Área Total – Características do Território Brasileiro – 1996 – IBGE.

Para se obter as demandas hídricas as áreas irrigadas foram multiplicadas pelas vazões específicas de captação e consumo dos respectivos Estados (CHRISTOFIDIS, 1997), conforme pode ser observado na Tabela 3.3.4.

**Tabela 3.3.4 – Demandas Hídricas Estimadas na Bacia do Rio Paraíba do Sul por Trechos**

Trecho	Captação Específica (l/s/ha irrigado)	Consumo Específico (l/s/ha irrigado)	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
Mineiro	0,37066	0,22216	7,85	4,71
Fluminense	0,46287	0,26424	30,73	17,54
Paulista	0,30825	0,2221	11,14	8,03
<b>Total</b>			<b>49,73</b>	<b>30,28</b>

Observa-se na tabela que o setor agrícola na bacia capta uma vazão de cerca de 50 m<sup>3</sup>/s e consome aproximadamente 30m<sup>3</sup>/s. Com isso, cerca de 20m<sup>3</sup>/s ou 40% da vazão captada são devolvidos aos corpos hídricos.

É oportuno salientar que, se ponderarmos as demandas específicas (l/s/ha irrigado) para cada Estado (Tabela 3.3.4), em relação às suas respectivas áreas irrigadas (Tabela 3.3.3), obteremos as demandas específicas médias para a bacia do rio Paraíba do Sul de 0,4019 l/s/ha irrigado para a captação e 0,2447 l/s/ha irrigado para consumo. Comparando-se essas vazões com as demandas específicas médias brasileiras, percebe-se que os valores são praticamente semelhantes, como indica a Tabela 3.3.5.

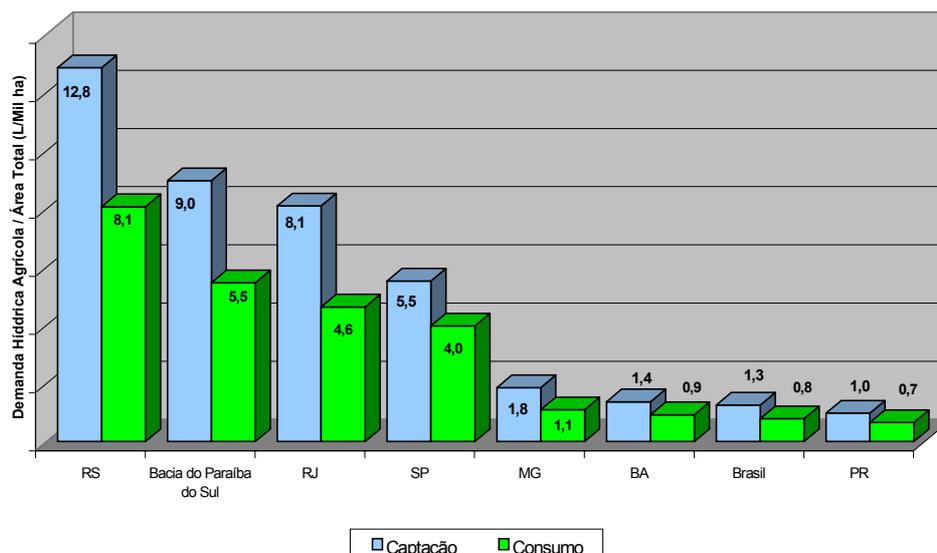
**Tabela 3.3.5 – Demandas Hídricas Específicas Estimadas para Bacia do Rio Paraíba do Sul e Brasil**

	Captação (l/s/ha)	Consumo (l/s/ha)
Bacia do rio Paraíba do Sul	0,4019	0,2447
Brasil	0,3728	0,2324

Fonte: CHRISTOFIDIS (1997)

Deve-se ressaltar que esses valores foram obtidos a partir de vazões específicas médias estaduais que correspondem à demanda reunida de todas as culturas durante todo o ano. Ora, há culturas que consomem mais água que outras, como é o caso do arroz, que chega a 2 l/s/ha, além das culturas que são plantadas em certas épocas do ano e daquelas plantadas durante todo o ano. O arroz, por exemplo, é cultivado na época da cheia entre os meses de outubro e março. Portanto, os valores constantes da Tabela 3.3.4 podem estar superestimados para certas regiões onde há culturas de baixo consumo, como, por exemplo, a Região Serrana do Rio de Janeiro ou épocas fora do plantio, como os meses de maio a setembro. Por outro lado, podem estar subestimadas para regiões onde há culturas de alto consumo como as plantações de arroz no trecho paulista ou épocas de plantio, como os meses de outubro a março.

Foi elaborado um outro indicador para comparar a bacia do rio Paraíba do Sul com outras unidades da Federação. Esse indicador foi obtido através da divisão da demanda hídrica absoluta pela área total da bacia, ou Estado considerado e seus valores podem ser observados na Figura 3.3.2.



**Figura 3.3.2 – Relação entre as Demandas para Captação e Consumo e a Área Total**

O valor desse indicador, para a bacia do Paraíba do Sul é de 9,0 l/s/Mil ha para captação e 5,5 l/s/ Mil ha para consumo. Estes valores são sete vezes maiores que as médias brasileiras, de 1,3 e 0,8 l/s/mil ha para captação e consumo, respectivamente.

Contudo, isto não quer dizer que a demanda hídrica do setor agrícola na bacia do rio Paraíba do Sul seja sete vezes maior do que a média brasileira, nem que os seus métodos de irrigação sejam inadequados.

Os resultados encontrados com esse indicador são semelhantes àqueles encontrados para o primeiro indicador, o que mostra que a relação entre a área irrigada e a área total da bacia ou do Estado é preponderante em relação às variações das vazões específicas, que apresentam pequenas variações relativas.

Para efeito do cálculo do balanço hídrico, a bacia do Paraíba do Sul foi dividida em 12 sub-bacias. Dividindo-se a demanda total da bacia pelas 12 sub-bacias, encontram-se os valores expressos na Tabela 3.3.6.

**Tabela 3.3.6 – Demandas Hídricas do Setor Agrícola nas Sub-Bacias da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Trecho / Sub-Bacia	Por trechos		Acumulados	
	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
1 – Rios Paraíba/Paraitinga	0,20	0,14	0,20	0,14
2 - Rio Jaguari	1,14	0,82	1,14	0,82
3 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e a foz dos rios Paraíba, Paraitinga e Jaguari	9,66	6,96	11,00	7,92
4 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e Santa Cecília	0,46	0,28	11,46	8,21
5 - Paraíba do Sul – trecho entre Santa Cecília e a foz dos Rios Paraíba e Piabanha	1,15	0,66	12,61	8,87
6 - Rio Piabanha	3,42	1,95	3,42	1,95
7 - Rio Paraíba	0,72	0,42	0,72	0,42
8 - Paraíba do Sul – trecho entre a foz do Rio Paraíba e Piabanha e a foz do rio Pomba	4,85	2,79	21,60	14,03
9 - Rio Pomba	6,23	3,70	6,23	3,70
10 – Rio Dois Rios	3,27	1,87	3,27	1,87
11 - Rio Muriaé	6,40	3,70	6,40	3,70
12 - Paraíba do Sul – trecho a jusante da foz do rio Pomba	12,20	6,97	49,70 <sup>2</sup>	30,26

<sup>2</sup> O valor total acumulado nas sub-bacias (49,70 m<sup>3</sup>/s) difere ligeiramente do valor total na bacia (49,73 m<sup>3</sup>/s) devido a erros de precisão cartográfica no procedimento de definição computacional das sub-bacias, que, todavia, podem ser considerados insignificantes.

- **Pecuária**

Para o cálculo da demanda hídrica da pecuária foi utilizada a metodologia sugerida pela ENGEORPS (1998) no manual de outorga da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (SRH/MMA) do Ministério do Meio Ambiente. Essa metodologia baseia-se em um conceito do PLIRHINE, em que o BEDA é definido como:

$$\text{BEDA} = \text{bovinos} + \text{equinos} + \text{asininos} + (\text{caprinos} + \text{ovinos})/5 + \text{suínos}/4$$

Para o cálculo do efetivo dos rebanhos em BEDAS foi utilizada a Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE de 2000, que fornece o número de cabeças por tipo de rebanho e por município.

Para o cálculo da demanda multiplicou-se o efetivo em BEDAS por 50 l/dia, que é o consumo de 1 BEDA, segundo a metodologia do PLIRHINE<sup>3</sup>. No cálculo da captação, estimou-se que são retirados do rio 100 l/dia para cada 50 l/dia consumidos e obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 3.3.7.

**Tabela 3.3.7 – Demandas Hídricas da Pecuária**

Trecho	Efetivo	BEDAS	Captação Específica (l/dia/BEDA)	Consumo Específico (l/dia/BEDA)	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
Mineiro	1.217.698	1.054.663,8	100	50	1,22	0,61
Fluminense	1.529.822	1.402.604,4	100	50	1,62	0,81
Paulista	569.157	525.388,4	100	50	0,61	0,30
<b>Total</b>	<b>3.316.677</b>	<b>2.982.656,6</b>			<b>3,45</b>	<b>1,73</b>

Para efeito do cálculo do balanço hídrico, a bacia do Paraíba do Sul foi dividida em 12 sub-bacias. Dividindo-se a demanda total da bacia pelas 12 sub-bacias, encontram-se os valores expressos na Tabela 3.3.8.

**Tabela 3.3.8 – Demandas Hídricas da Pecuária nas Sub-Bacias da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Trechos / Sub-Bacia	Por trechos		Acumulados	
	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)	Captação (m <sup>3</sup> /s)	Consumo (m <sup>3</sup> /s)
1 – Rios Paraíba/Paraitinga	0,15	0,07	0,15	0,07
2 - Rio Jaguari	0,06	0,03	0,06	0,03
3 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e a foz dos rios Paraíba, Paraitinga e Jaguari	0,38	0,19	0,59	0,29
4 - Paraíba do Sul – trecho entre Funil e Santa Cecília	0,15	0,07	0,74	0,37
5 - Paraíba do Sul – trecho entre Santa Cecília e a foz dos Rios Paraíba e Piabanha	0,17	0,08	0,90	0,45
6 - Rio Piabanha	0,05	0,03	0,05	0,03
7 - Rio Paraíba	0,41	0,20	0,41	0,20
8 - Paraíba do Sul – trecho entre a foz do Rio Paraíba e Piabanha e a foz do rio Pomba	0,29	0,15	1,66	0,83
9 - Rio Pomba	0,61	0,31	0,61	0,31
10 - Rio Dois Rios	0,23	0,11	0,23	0,11
11 - Rio Muriaé	0,61	0,30	0,61	0,30
12 - Paraíba do Sul – trecho a jusante da foz do rio Pomba	0,35	0,18	3,45	1,73

<sup>3</sup> PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil

### **3.3.3.2 Usos para diluição - poluição difusa**

Além da poluição por fontes pontuais - lançamentos de esgotos domésticos, resíduos sólidos e efluentes industriais, a poluição por fontes difusas é de grande importância na bacia do rio Paraíba do Sul. Nessa categoria se enquadram os sedimentos provenientes da erosão e os insumos agrícolas - fertilizantes e agrotóxicos. A erosão ocorre em toda a bacia e implica sérias conseqüências, dentre elas a carreação de substâncias poluentes para os corpos de água.

A atividade agrícola na bacia do Paraíba do Sul encontra-se em declínio. A inadequação da agricultura às condições ambientais é uma das causas desse quadro, sendo o relevo o fator ambiental mais restritivo, principalmente para culturas de ciclo curto. No entanto, a adequação da agricultura à capacidade de uso das terras da bacia é geralmente dificultada por um conjunto de fatores, historicamente arraigados à cultura da sociedade brasileira, que resulta na falta de uma política agrária direcionada para solucionar com eficácia os diversos problemas advindos do uso inadequado da terra. Dentre esses problemas, a poluição causada por fertilizantes e agrotóxicos está entre os mais graves, tanto pela contaminação em si como pelo absoluto descontrole por parte dos órgãos públicos sobre o uso cada vez mais abusivo dos produtos químicos.

Embora a agricultura na bacia esteja em declínio e ocupe uma área relativamente pequena, em algumas regiões onde a atividade se concentra o uso de fertilizantes e agrotóxicos torna-se um problema socioambiental grave.

A análise realizada com vistas à preparação deste diagnóstico foi dividida em três partes, cada uma delas referente a um Estado da bacia, conforme é apresentado a seguir.

#### **Trecho Fluminense**

Segundo o PQA/RJ, de acordo com o Censo Agropecuário de 1995/96, existem cerca de 220 mil ha plantados no trecho fluminense da bacia. Desse total, cerca de 170 mil ha são lavouras temporárias, onde o uso de produtos químicos é mais intenso. A cana-de-açúcar predomina entre as culturas da lavoura temporária, ocupando cerca de 85% da área cultivada. Entre as demais culturas temporárias, as mais importantes quanto à poluição química são as olerícolas (conhecidas genericamente como legumes), com destaque para o tomate.

O diagnóstico do problema no trecho fluminense da bacia baseou-se numa pesquisa realizada em 1990 pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em estabelecimentos rurais dos municípios de Teresópolis e Paty do Alferes. Os resultados da pesquisa foram corroborados pelos dados obtidos no levantamento de campo, que consistiu de visitas aos estabelecimentos revendedores de insumos agrícolas e aos técnicos dos órgãos de extensão rural para conhecer o uso desses insumos nos municípios da Região Serrana e em Campos dos Goytacazes. Com base nesses dados foram realizadas extrapolações e estimativas para todo o trecho fluminense da bacia.

No que concerne aos fertilizantes, ficou evidenciado o seu uso intensivo nas lavouras, em geral, da Região Serrana, especialmente nos cultivos de olerícolas. Não são realizadas análises de solo de forma rotineira nas áreas de concentração desse tipo de cultivo. Todavia, análises pedológicas feitas pela EMBRAPA em conjunto com a EMATER indicam saturação de nutrientes nos solos, com destaque para o fósforo. Tal

fato deve-se ao ciclo, em geral curto, das espécies cultivadas, nas quais o produtor aplica adubo químico a cada novo plantio. Os técnicos dessas instituições chegam a afirmar que os produtores, adubando com tal intensidade suas lavouras, têm sua rentabilidade reduzida e poderiam plantar as mesmas espécies sem adubação por vários anos, sem queda na produtividade.

A aplicação excessiva de nutrientes sob a forma de adubos orgânicos ou químicos, à base de 20 t/ha/ano (esterco de galinha) e/ou de 500-1.000 kg/ha/ano (adubo químico), pode ser considerada uma prática tradicional nas áreas de concentração da olericultura no Estado, principalmente na Região Serrana, cuja participação no abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro tem sido crescente nos últimos 20 anos.

A tradição adquirida entre os produtores rurais de adubação química, assim como de mecanização agrícola, uso de sementes geneticamente selecionadas e uso de agrotóxicos, resulta da assimilação de um pacote tecnológico tido como fundamental para a modernização da agricultura brasileira desde a década de 1960. Em parte devido à agressividade do mercado produtor e distribuidor de insumos agrícolas, essas práticas persistem como solução exclusiva, mesmo quando os alertas sobre a periculosidade e os efeitos danosos desses insumos para o homem e o ambiente são conhecidos e muitas técnicas alternativas já são desenvolvidas em diversas regiões do País.

A forma intensiva com que a adubação vem sendo aplicada nos últimos anos induz à conclusão de que, muito provavelmente, os corpos hídricos vêm-se tornando objeto de eutrofização, fenômeno que se caracteriza por altas concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo.

Com base nos resultados da pesquisa do IBGE, foi estimado o uso de agrotóxicos nas 17 lavouras olerícolas pesquisadas, extrapolando-se os dados obtidos pelo IBGE para toda a área plantada do trecho fluminense da bacia e, em especial, para o conjunto dos municípios de Nova Friburgo, Teresópolis, Sumidouro e Bom Jardim por sua expressividade no contexto da olericultura fluminense.

Segundo a pesquisa do IBGE, em 92,3% dos estabelecimentos investigados no município de Paty do Alferes os produtores aplicaram 33 ingredientes ativos de agrotóxicos nas lavouras de olerícolas, perfazendo a média de 12,9 kg/ha. Esse valor é muito elevado e chega a ser superior ao utilizado no Japão, maior consumidor por unidade de área do mundo, da ordem de 10 kg/ha. Cumpre ressaltar que a média brasileira é de 1,27 kg/ha, segundo dados da Associação Nacional de Defesa Ambiental (ANDEF). Dentre os produtos utilizados em Paty do Alferes, 53% eram fungicidas e 24,5%, inseticidas. Quanto à toxicidade, 43% da quantidade total de ingrediente ativo utilizado estão classificados como extrema e altamente tóxicos. Dentre os agrotóxicos mais utilizados, em relação à quantidade do princípio ativo, 36% eram inseticidas organofosforados e 31%, fungicidas do grupo ditiocarbamatos.

No município de Teresópolis, os dados obtidos na pesquisa do IBGE revelaram valores pouco menores do que em Paty do Alferes, tendo em vista que nesse último a área ocupada pela lavoura de tomate (onde há maior demanda de agrotóxicos) é muito superior à de Teresópolis. Em 93,2% dos estabelecimentos investigados no município de Teresópolis os produtores aplicaram 20 ingredientes ativos, perfazendo a média de 8,1 kg/ha. Quanto à toxicidade, 20% estão classificados como extrema e altamente tóxicos. Os fungicidas representam 3/4 do total de ingredientes ativos utilizados em Teresópolis e estão classificados como medianamente e pouco tóxicos.

As estimativas realizadas para todo o trecho fluminense da bacia, a partir da pesquisa do IBGE, apontam para um grave cenário: a média de ingredientes ativos encontrada foi de 14,4 kg/ha. Esse valor médio, no entanto, é pouco representativo, tendo em vista que a grande quantidade dos ingredientes ativos dos agrotóxicos é aplicada em poucas culturas. O tomate, que se destaca entre todos, responde por 67% do consumo total de ingredientes ativos com média de 36,2 kg/ha. Em seguida estão o jiló e o pimentão, com o consumo médio de ingredientes ativos de 21 kg/ha e 9,7 kg/ha, respectivamente. As culturas das solanáceas mencionadas responderiam por 85% da quantidade total de ingredientes ativos aplicados nas 17 lavouras olerícolas cultivadas na bacia. A cenoura encontra-se em 4º lugar, com participação de 6,22% da quantidade total de ingredientes ativos.

A constatação de que a quase totalidade dos ingredientes ativos utilizados concentra-se em apenas quatro culturas pode constituir-se em ponto favorável para qualquer programa de redução do uso dos agrotóxicos e, por consequência, da melhoria da qualidade das águas da bacia do Paraíba do Sul no trecho fluminense.

No que diz respeito às classes de agrotóxicos, os dados indicam que praticamente 3/4 dos 174 mil kg de ingredientes ativos aplicados nas 17 lavouras olerícolas foram de fungicidas. Dentre os fungicidas, destacam-se os ditiocarbamatos (Dithane PM, Manzate, etc.), responsáveis por 65% da quantidade total dos agrotóxicos. Os fungicidas cúpricos (Coprantol, Cupravit, Cobox) ocupam a segunda posição, com 12% do total.

Quanto aos inseticidas acaricidas, o grupo químico dos organofosforados (Paration, Paration Methil, Acefato, etc.), produtos em geral de elevada toxicidade, está em terceiro lugar, respondendo por 9,8% da quantidade total de ingredientes ativos. Em seguida, vêm os inseticidas do grupo dos tiocarbamatos, responsáveis por 2,4%.

O grupo químico dos derivados da glicina (glifosato - Roundup), configura o único destaque na classe dos herbicidas, participando com 5,67 % do total de ingredientes ativos.

Por sua importância na produção olerícola do Estado, bem como pela semelhança das condições físicas das localidades em que as lavouras são desenvolvidas, os municípios de Bom Jardim, Nova Friburgo, Sumidouro e Teresópolis foram agregados para efeito de estimativa da intensidade de uso de agrotóxicos nas áreas de plantio. Com a extrapolação dos dados levantados pelo IBGE para esses quatro municípios encontrou-se a média de ingredientes ativos de agrotóxicos de 9,3 kg/ha e cerca de 30% do total estimado para toda a área cultivada com as 17 olerícolas na bacia do Paraíba do Sul. Esses dados demonstram a importância que a questão do uso intensivo de agrotóxicos assume nesses municípios.

Outro aspecto grave, constatado nos levantamentos, é o uso de alguns agrotóxicos, como o fungicida Brestan, à base de estanho, sem registro no Ministério da Agricultura, para olerícolas folhosas como espinafre, salsa, etc., e o Carbox, usado na lavoura de tomate. Outra prática comum é a não-observância do prazo de carência entre a aplicação do agrotóxico e a colheita. O Tamaron, por exemplo, tem prazo de carência de 21 dias, nem sempre observado pelo produtor.

Na bacia do Paraíba do Sul e particularmente nas áreas de concentração da olericultura destacam-se, entre os problemas que ocorrem com frequência, os seguintes:

- a topografia acidentada da maior parte da bacia, aumentando os riscos de erosão e conseqüente arraste dos fertilizantes e venenos para os cursos de água, torna a agricultura de encostas mais danosa ao ambiente e ao produtor, que tem menor rendimento com suas lavouras mais sujeitas à perda da camada fértil dos solos;
- em Nova Friburgo, Teresópolis e Sumidouro, os principais pontos de captação de água para abastecimento da população urbana situam-se a jusante das principais bacias olerícolas, propiciando condições para a sua contaminação;
- a não-utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) durante a aplicação dos agrotóxicos é comum na região. Caracterizada como uma resistência do produtor ao desconforto físico do material para trabalhar ao sol, a não-utilização de EPI é, na verdade, um problema mais atrelado à desinformação, ao desconhecimento dos riscos reais a que está exposto sem a devida proteção. Essa atitude tem sido a causa de muitos casos de contaminação, morte ou comprometimento grave da saúde, incapacitando o indivíduo para o trabalho, em muitas regiões agrícolas do país. A falta de dados confiáveis nos serviços públicos de saúde dificulta a avaliação correta do problema; muitas vezes os sintomas não são associados ao contato com os venenos na lavoura;
- o destino inadequado dado às embalagens dos agrotóxicos é também fato comum nas áreas agrícolas da bacia. Os recipientes vazios normalmente são lançados próximo à lavoura, enterrados ou queimados. A lavagem e o acondicionamento dos implementos agrícolas utilizados na pulverização dos agrotóxicos também são absolutamente inadequados.

### **Trecho mineiro**

Segundo informações obtidas junto ao Instituto Mineiro de Gestão da Águas (IGAM), é prática comum o uso de agrotóxicos na região produtora de café (municípios de Muriaé, Tombos, Eugenópolis, Fervedouro, Rosário da Limeira, Divino, Carangola, etc. e na região produtora de hortaliças (municípios de Guidoal, Guiricema, Tocantins, Piraúba e Ubá). Essa prática é realizada sem qualquer tipo de controle, ocorrendo, com alguma frequência, intoxicação de agricultores. Os rios que atravessam essas regiões abastecem várias cidades, e muito provavelmente, suas águas devem estar contaminadas por agrotóxicos.

### **Trecho paulista**

Para o trecho paulista pode-se inferir, em função da situação do restante da bacia e de visitas de campo, que ocorram sérios problemas relativos ao uso intenso de fertilizantes e agrotóxicos, principalmente nas plantações de arroz.

Segundo informações locais, os orizicultores usam indiscriminadamente agrotóxicos e fertilizantes. Muitos deles não possuem receituário agrônomo nem acompanhamento técnico especializado. Em vista disso são aplicadas dosagens excessivas que escoam para os corpos de água durante a drenagem das quadras. Os produtos químicos comprometem a qualidade das águas, tornando-as, em alguns casos, não tratáveis, problema que já está gerando conflitos localizados, como é o caso do ribeirão Guaratinguetá, descrito mais detalhadamente no tópico deste documento que trata de conflitos pelo uso da água.

Merece destaque um projeto pioneiro sobre a questão da destinação das embalagens vazias de agrotóxicos que vem sendo implantado desde 1993 no Estado de São Paulo. Esse projeto é mais abrangente, pois conta com a participação de todas as áreas diretamente afetadas, desde o industrial fabricante de agrotóxicos até as indústrias de reciclagem, passando por órgãos técnicos ligados à produção agrícola e à questão ambiental. O projeto levou em consideração a alta complexidade do problema, tendo em vista não só a variedade das matérias-primas com que as embalagens são fabricadas, mas, também, o modo correto de sua destinação final, tendo em vista a experiência de alguns países que, em função da periculosidade dos gases emanados, proibem a queima das embalagens e de outros que fazem restrições ao seu enterramento. Além disso, a reciclagem do material plástico nem sempre é possível, uma vez que a sua fusão à baixa temperatura não proporciona a eliminação total dos resíduos tóxicos, o que impede a reutilização aleatória do material reciclado. As embalagens de vidro, por seu turno, estão impossibilitadas de reutilização após a simples lavagem, devendo, por conseguinte, ser recicladas obrigatoriamente, já que, no processo de reciclagem, a alta temperatura promove a descontaminação segura do material.

No caso específico do plástico, a matéria-prima mais utilizada nas embalagens, a solução residiu na identificação de uma indústria apta a fabricar, a partir do material reciclado, um produto (no caso, o conduíte corrugado usado na construção civil) que não fosse objeto de exposição nem manuseio constante por parte do usuário. Cumpre destacar que, por exigência dos órgãos vinculados à defesa do meio ambiente, as águas provenientes dessa reciclagem são submetidas a tratamento especial por floculação, decantação, clarificação e filtragem a carvão para serem esgotadas.

Sob a coordenação técnica da ANDEF, o projeto piloto para solução do problema das embalagens de agrotóxicos vazias está sendo implantado em Guariba (SP) e envolve a parceria de 15 instituições e empresas.

O projeto, que tem duas vertentes básicas - a educativa e a operacional, vem apresentando resultados satisfatórios para a comunidade local. No plano educativo, centra-se sobretudo na divulgação junto aos agricultores, por meio de folhetos, demonstrações e dias-de-campo, das vantagens da tríplex lavagem das embalagens vazias, como forma de promover a descontaminação inicial do material antes de enviá-lo ao posto de seleção e prensagem instalado no município.

Desde a instalação do projeto, os produtores filiados à Cooperativa dos Plantadores de Cana-de-Açúcar da Zona de Guariba (COPLANA) já enviaram 145 mil embalagens (plástico, 56,05%; vidro, 11,66%; saco plástico, 4,33%; fibrolatas, 0,34%; cartuchos de cartolina, 4,70% e caixas coletivas, 6,65%) ao posto de seleção e prensagem.

Por sua abrangência e pela modernidade da abordagem técnica, esse projeto de São Paulo pode servir de modelo para a solução de problema idêntico - o descarte desordenado de embalagens de agrotóxicos vazias - em toda a bacia do rio Paraíba do Sul.

### **Fatores agravantes e impactos socioambientais**

Os impactos da utilização na bacia (e, mesmo, em todo o País) de fertilizantes e agrotóxicos, muitos de elevada toxicidade, vão bastante além dos objetivos principais dos agricultores, de aumento da produtividade e destruição das pragas das lavouras. E mesmo esses objetivos, muitas vezes, não são atingidos ou compensados diante do alto custo socioeconômico e ambiental implícito ao uso de insumos químicos.

Os efeitos perniciosos do uso distorcido e irregular de agrotóxicos atingem o homem do campo e sua família, os consumidores e o meio ambiente. Entretanto, pouco se sabe a respeito dos níveis reais de contaminação do solo, dos corpos hídricos, dos sedimentos, da biota, das hortaliças consumidas pela população, bem como sobre a contaminação direta sofrida pelos agricultores em face do manuseio e da aplicação incorreta dos agrotóxicos.

O aspecto político-administrativo pode ser considerado preponderante porque afeta os demais, na medida em que diz respeito à “vontade política” dos governos de agir energeticamente sobre a questão. Isso implica uma atuação mais eficiente dos órgãos e empresas públicas de fiscalização, controle, pesquisa e extensão rural, no sentido de orientar adequadamente os usuários dos insumos, buscar alternativas técnicas que minimizem os impactos sociais e ambientais (controle biológico de pragas, melhor manejo de culturas, uso de técnicas de conservação dos solos para evitar a erosão, etc.), exercer controle sobre a importação e a comercialização de fertilizantes e agrotóxicos, realizar o monitoramento dos efeitos tóxicos e poluentes desses produtos no ambiente, nas plantas cultivadas e nas pessoas diretamente envolvidas com o seu manuseio, adotar e aplicar uma legislação específica e eficaz para controle da entrada e uso dos insumos e outras medidas pertinentes e urgentes que possam reverter o grave cenário existente e a dimensão que o problema adquire para a agricultura brasileira como um todo.

## 3.4 Geração de Energia Elétrica

### 3.4.1 Considerações Gerais

A energia elétrica no Brasil é o serviço público de mais amplo alcance social, atendendo a mais de 90% dos domicílios em toda a extensão do território nacional. Esse serviço é prestado por várias empresas concessionárias, com características e tamanhos bastante diferenciados.

Condições hidrológicas e topográficas favoráveis dotaram o Brasil de um vasto potencial hidráulico, recurso energético renovável com muitas externalidades positivas (regularização de vazões, viabilização da irrigação, geração de numerosos empregos, baixos níveis de emissões de gases, etc.). Após a Segunda Guerra Mundial, a política elétrica brasileira esteve orientada para a exploração desse potencial por várias razões, sendo a principal o fato de boa parte das usinas hidrelétricas poder localizar-se próximo aos centros de consumo. Em segundo plano, porém, também importante, havia a percepção de o Brasil ser um país relativamente pobre em combustíveis fósseis, especialmente hidrocarbonetos. Nessa condição, a construção de um parque gerador termelétrico redundaria em substanciais importações de petróleo, solução inadequada para um país que historicamente tem em suas contas externas uma restrição ao seu desenvolvimento econômico. Em conseqüência, consolidou-se entre os formuladores da política elétrica nacional a concepção de ser o papel da geração térmica apenas complementar da geração hidráulica (OLIVEIRA, 1998).

O sistema brasileiro de produção e transmissão de energia elétrica, hidrotérmico e de grande porte, inventariado em 260.000 MW, contava, ao final de 1999, com uma capacidade instalada de 64.254 MW, sendo 91% correspondentes às usinas hidrelétricas. A parcela térmica é constituída por uma usina nuclear localizada na Região Sudeste, cinco usinas térmicas a carvão concentradas na Região Sul e diversas outras a óleo combustível e a diesel distribuídas em todas as regiões do país. Existem, apenas, duas usinas eólicas, localizadas no Nordeste (ELETROBRAS/GCPS, 1999).

Esse sistema está atualmente dividido em Sistema Interligado e Sistemas Isolados. O Sistema Interligado pode ser dividido, em face da distribuição geográfica dos grandes centros de carga, em dois grandes sistemas: Sistema Interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste e Sistema Interligado Norte/Nordeste; os Sistemas Isolados, divididos em Capitais e Interior, considerados para efeito de planejamento da expansão e responsáveis pelo atendimento aos mercados consumidores da região da Amazônia Ocidental, representam o conjunto de mais de 330 sistemas eletricamente isolados, que correspondem a cerca de 3,5% de toda a potência instalada no país.

É oportuno destacar que os Sistemas Interligados S/SE/CO e N/NE estão atualmente interconectados através da Interligação Norte/Sul, o que aumenta a confiabilidade da operação do Sistema Interligado. Vale ressaltar, ainda, que essa interligação, associada à ligação com o sistema Rondônia-Acre e às interligações complementares entre os diversos sistemas previstas para os próximos dois anos, aumentará ainda mais a confiabilidade e abrangerá todo o território nacional até a margem direita do rio Amazonas.

As diretrizes gerais de planejamento e formulação do Plano Decenal de Expansão para o Período 2000/2009 (ELETROBRAS/GCPS, 1999) apontam a expansão da capacidade instalada, de 64.254 MW para 107.195 MW, o que corresponde a um

aumento de 66,8%, ao custo de aproximadamente R\$ 40 bilhões, com participação da iniciativa privada, utilizando o potencial hidrelétrico concomitantemente com a construção de novas usinas térmicas. Isto deverá estar apoiado, principalmente, no aproveitamento do gás natural e do carvão mineral no Sistema Interligado e, no caso dos Sistemas Isolados das capitais, no gás natural. Nesse sentido, foi criado o Comitê de Acompanhamento da Expansão Termelétrica (CAET) pela Portaria nº 391 do MME, de 19.11.1999, com a atribuição de acompanhar a implantação das usinas termelétricas indicadas no Plano Decenal de Expansão e contempladas no Plano Plurianual (PPA).

Em relação à capacidade instalada por tipo de geração, a expectativa é que a geração hidrelétrica seja responsável por cerca de 75% da capacidade instalada total no país, passando de 58.387 MW em 1999 para 80.131 MW em 2009. A geração termelétrica, incluindo as usinas nucleares de Angra II e Angra III, baseada, principalmente, no gás natural, deverá ter um incremento significativo, de 21.197 MW, passando de 5.867 MW em 1999 para 27.064 MW em 2009, sendo, assim, responsável por cerca de 25% da capacidade instalada, conforme mostra a Tabela 3.4.1.

**Tabela 3.4.1 – Capacidade Instalada por tipo de Geração – Plano Decenal de Expansão 2000/2009**

ANO	HIDRELÉTRICA		TERMELÉTRICA		TOTAL
	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	%	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	%	
1999	58.387	91	5.867 <sup>1</sup>	9	64254
2009	80.131	75	27.064 <sup>2</sup>	25	107.195

<sup>1</sup>Incluindo usina nuclear – ANGRA I (657 MW)

<sup>2</sup>Incluindo usinas nucleares – ANGRA II (1309 MW) e III (1309 MW)

Apesar de as empresas transmitirem otimismo em relação aos contratos, a aquisição do gás natural tem sido objeto de complexas negociações, principalmente devido a problemas de natureza cambial e incertezas quanto à disponibilidade do fornecimento do gás da Bolívia (MUYLEART et al., 2000). Para solucionar o entrave cambial, o Governo decidiu que as empresas geradoras de termelétricidade pagarão um preço fixo pelo gás natural, em reais, durante 12 meses e que, nesse período, a PETROBRAS assumirá a diferença entre o preço do gás natural cobrado em dólar e o pago pelas empresas geradoras. A diferença acumulada durante 12 meses será reajustada pela taxa Selic e repassada para a conta do consumidor, que, além dos aumentos usuais, terá mais esse acréscimo no orçamento doméstico. Quando outras empresas concorrentes da PETROBRAS entrarem no mercado, poderão também assumir o risco cambial, repassando-o da mesma forma para o consumidor final.

Convém ressaltar que o Plano Decenal de Expansão, documento oficial que trata da expansão do setor elétrico, dividido em geração, transmissão e distribuição e que, no passado, tinha caráter determinístico, a partir da nova regulamentação e legislação, focalizadas na privatização, passa a ser apenas indicativo, apontando a seqüência de projetos, sem definir, a priori, no caso de projetos sem concessão ou autorização, o agente responsável por sua implementação, de modo a viabilizar a concorrência no setor.

Levando em conta o panorama apresentado sobre o setor elétrico, cabe assinalar alguns aspectos relacionados ao planejamento da expansão e da operação dos empreendimentos hidrelétricos e termelétricos para a próxima década e sua interface com a Política Nacional de Recursos Hídricos.

O aproveitamento dos potenciais hidrelétricos é classificado na Lei das Águas (9.433/97) como uso dos recursos hídricos, bem como outros, por exemplo: usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo hídrico ou usos que necessitem de derivação ou captação de parcela da água existente em um manancial para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo. Esses usos, para efeito de concessão de outorga, não são mutuamente excludentes.

É oportuno registrar que, na concepção da Constituição Federal, tais recursos têm dupla denominação; quando trata de bens da União, há “os rios e quaisquer correntes de água” (art. 20, III) e “os potenciais de energia hidráulica” (art. 20, VIII).

Sendo assim, acentua MACHADO (2000), têm-se, pelo menos, dois tipos de outorga para o uso dos potenciais hídricos ligados à produção de energia elétrica.

O primeiro é a outorga quanto ao uso dos recursos hídricos, que serão colocados em reservatórios para posterior e/ou imediata utilização, sendo que a autoridade responsável pela efetivação dessa outorga, nos recursos hídricos de domínio da União, será a ANA, conforme a Lei 9.984/00 e o Decreto nº 3.692/00, e, nos de domínio estadual, a autoridade designada pelo Poder Executivo do respectivo Estado. Em segundo lugar, a utilização do recurso hídrico como potencial hidráulico dependerá de outorga da ANEEL, obedecido o Plano Nacional de Recursos Hídricos, conforme dispõem as leis 9.433/97, 9.427/96 e 9.984/00 e o Decreto nº 2.335/97. Depreende-se, então, considerando que serão cobrados os usos sujeitos à outorga, de acordo com o disposto na Lei 9.433/97, que a cobrança pelo uso da água para fins de geração de energia elétrica, por meio de usinas hidrelétricas, comporta, pelo menos, duas parcelas correspondentes aos dois tipos de outorga citados.

A Lei das Águas dispõe, ainda, que a outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estarão subordinadas ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado pelo CNRH, obedecida a legislação setorial específica, e que, enquanto o Plano não estiver aprovado e regulamentado, a utilização dos potenciais hidráulicos para fins de geração de energia elétrica continuará subordinada à legislação setorial específica.

Já o Decreto Federal n.º 2.335/97, que dispõe sobre a constituição da ANEEL, estabelece que compete à Agência promover a articulação com os Estados e o Distrito Federal para o aproveitamento energético dos cursos de água e a compatibilização com a Política Nacional de Recursos Hídricos, além de expedir outorgas de direito de uso da água e regular o uso dos potenciais de energia hidráulica e dos reservatórios de usinas hidrelétricas com o propósito de estimular seu aproveitamento racional e em harmonia com essa política. O decreto prevê, ainda, que caberá ao Operador Nacional do Sistema (ONS) as atividades de coordenação e controle da geração de energia elétrica.

Pela Lei 9.984/00, compete à ANA a outorga de direito de uso da água em corpos de água de domínio da União, e, no caso de licitação para a concessão ou autorização do uso de potencial de energia hidráulica, a ANEEL deverá obter da ANA, ou em articulação com a respectiva entidade gestora, dependendo do domínio do corpo hídrico, prévia declaração de reserva de disponibilidade hídrica. Essa declaração será transformada automaticamente, pelo respectivo órgão outorgante, em outorga de direito de uso da água à instituição ou empresa que receber da ANEEL a concessão ou autorização de uso do potencial de energia elétrica.

A definição da declaração de reserva de disponibilidade hídrica e das informações relevantes para a outorga de direito de uso da água a aproveitamentos hidrelétricos é o principal ponto ainda polêmico para os demais usuários de recursos hídricos de bacias hidrográficas, bem como para as administrações estaduais e municipais situadas nas bacias, em face, principalmente, do “conflito do horizonte de planejamento”. O setor elétrico sempre trabalhou de forma competente, mediante o planejamento de longo prazo, a definição e a hierarquização da implantação de aproveitamentos hidrelétricos em horizontes de planejamento de, pelo menos, 10 anos, enquanto os demais setores, assim como as administrações municipais e estaduais, atuam no curto prazo, muitas vezes sem planejamento e ao sabor de conveniências políticas. Com certeza, o funcionamento eficiente das entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, em particular, dos comitês de bacia, com a participação daqueles realmente interessados no planejamento integrado e de longo prazo de uma bacia hidrográfica, pode ser a forma para solucionar os conflitos.

Em relação à cobrança pelo uso da água, deve ser ressaltado que atualmente as usinas hidrelétricas com potência superior a 30 MW já estão pagando a utilização dos recursos hídricos por meio da parcela da compensação financeira definida na Lei 9.984/00, que criou a ANA. Entretanto, a cobrança pelo uso da água nas transposições de bacias, envolvendo o setor elétrico, ainda está em discussão.

O uso da água por usinas termelétricas é considerado uso industrial, e sua cobrança, assim como a outorga pelo direito em uso será efetuada pelo volume de água captado e consumido, assim como pelas alterações na qualidade do efluente restituído ao corpo hídrico.

De acordo com o Programa Prioritário de Termelétricidade, coordenado pelo CAET, grande número de usinas termelétricas entrará em operação nos próximos anos. Portanto, torna-se importante avaliar, mesmo de forma simplificada, o consumo e a captação de água relativamente a essas usinas, em função do ciclo termodinâmico (a gás, a vapor ou combinado) e do sistema de refrigeração (aberto ou fechado) utilizado<sup>1</sup> (CARVALHO, 2000), conforme é apresentado na [Tabela 3.4.2](#).

---

<sup>1</sup> É oportuno registrar, conforme apresenta CARVALHO (2000), que, segundo o tipo de ciclo termodinâmico da usina termelétrica (ciclo a gás, a vapor ou combinado), pode-se estimar a quantidade de calor rejeitado mediante sistemas de refrigeração a água e, conseqüentemente, a quantidade de água envolvida no processo. Os sistemas de refrigeração a água podem ser abertos ou fechados. No primeiro caso, depende de um manancial de água (rio, lago, etc.) em determinada temperatura, sendo a água devolvida a uma temperatura mais alta. Esses sistemas devolvem ao manancial praticamente toda a água captada, mas, em função das restrições ambientais, quanto à temperatura da água restituída ao manancial, necessitam operar com maiores vazões de água. Em sistema fechado a rejeição ao calor pode ser efetuada diretamente com o ar atmosférico por meio de radiadores com ventilação forçada ou torres secas de resfriamento, ou, ainda, por meio da evaporação de parte da água de circulação (ou proveniente de um circuito independente), através de torres úmidas de refrigeração. Existe, ainda, a possibilidade de uma situação híbrida de sistema aberto em que a água de circulação é resfriada através de torre úmida antes de ser restituída ao manancial.

**Tabela 3.4.2 - Usinas Termelétricas - Estimativas de uso consuntivo e não consuntivo de água (CARVALHO, 2000)**

CICLO	SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	USO CONSUNTIVO (m <sup>3</sup> /MWh)	USO NÃO CONSUNTIVO (m <sup>3</sup> /MWh)
Combinado	Circuito aberto	0,03	43,46
	Circuito fechado – torre úmida	1,25	0,40
Vapor	Circuito aberto	0,08	114,33
	Circuito fechado – torre úmida	3,28	1,01
Gás	Circuito fechado – radiadores	0,20	0,09

SUGAI (2000), utilizando a relação entre o volume de água captado e a energia produzida em algumas usinas termelétricas localizadas no Sul do país, calculou valores médios de acréscimos no custo de geração para cada centavo cobrado por m<sup>3</sup> de água captada e/ou consumida, em caráter preliminar, com a finalidade de estimar a ordem de grandeza dos impactos, o que resultou em:

- térmicas a gás - ciclo combinado, circuito fechado de refrigeração = cada centavo cobrado por m<sup>3</sup> de água representa um acréscimo de 1 (um) centavo de real por MWh;
- térmicas a carvão - ciclo a vapor, circuito aberto de refrigeração = cada centavo cobrado por m<sup>3</sup> de água representa um acréscimo de 300 (trezentos) centavos de real por MWh;
- térmicas a carvão - ciclo a vapor, circuito fechado de refrigeração = cada centavo cobrado por m<sup>3</sup> de água representa um acréscimo de 3 (três) centavos de real por MWh.

Nas termelétricas a gás (ciclo combinado, circuito fechado de refrigeração) e nas termelétricas a carvão (circuito fechado de refrigeração), em torno de 70% do volume captado são consumidos ao longo do processo de geração de energia. Nas termelétricas a carvão (circuito aberto de refrigeração), o consumo é desprezível, por isso só foi considerada a cobrança pela captação. No último caso, o volume captado é bem maior do que nas termelétricas a gás (ciclo combinado, circuito fechado de refrigeração) e nas termelétricas a carvão (ciclo a vapor, circuito fechado de refrigeração).

Os resultados das simulações preliminares dos acréscimos no custo de geração nas usinas termelétricas (UTE), em função da cobrança pelo uso da água, são apresentados na [Tabela 3.4.3](#), a seguir:

**Tabela 3.4.3 - Usinas Termelétricas - Acréscimo no Custo de Geração em Função de Valores da Cobrança pelo Uso da Água (SUGAI, 2000)**

TIPO DE USINA TERMELÉTRICA	CAPTAÇÃO R\$/m <sup>3</sup>	CONSUMO R\$/m <sup>3</sup>	ACRÉSCIMO NO CUSTO DE GERAÇÃO R\$/MWh
A gás - ciclo combinado - circuito fechado de refrigeração	0,15 0,01	0,20 0,20	0,29 0,15
A carvão, ciclo a vapor - circuito aberto de refrigeração	0,15 0,01	- -	45,00 3,00
A carvão, ciclo a vapor - circuito fechado de refrigeração	0,15 0,01	0,20 0,20	0,87 0,45

### 3.4.2 Geração de Energia Elétrica na Bacia

#### 3.4.2.1 Informações Básicas

A bacia do rio Paraíba do Sul, por sua estratégica localização geográfica e importância socioeconômica, ao envolver três significativos Estados brasileiros - Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais - e apresentar desempenho econômico que representa 10% do PIB de todo o país, tem sido palco para a implantação, pelo setor elétrico, de uma série de reservatórios e usinas hidrelétricas, desde o início do século passado, visando, além da geração de energia elétrica, à regularização de vazões, ao controle de cheias, ao abastecimento de água, ao turismo, ao lazer, etc., ou seja, trata-se de uma área que apresenta características típicas de usos múltiplos da água.

O potencial hidráulico inventariado na bacia é de aproximadamente 3.000 MW, dos quais 800 MW já estão instalados em cerca de 33, usinas hidrelétricas. Acrescentando-se o potencial hidráulico propiciado pelas águas transpostas para a vertente atlântica da serra do Mar e disponível para a geração de energia elétrica no Complexo Hidrelétrico de Lajes, há mais 850 MW, dos quais 612 MW estão instalados nas usinas hidrelétricas de Fontes (132 MW), Nilo Peçanha (380 MW) e Pereira Passos (100 MW). O potencial restante poderá ser instalado, no futuro, dependendo dos estudos de viabilidade, em diversas usinas já inventariadas na bacia do rio Paraíba do Sul, nas usinas de Paracambi (30 MW), Nilo Peçanha 2 (120 MW) e Lajes (60 MW), inventariadas na área de abrangência do Complexo Hidrelétrico de Lajes, e em outras que possam aproveitar o potencial hidrelétrico remanescente em diversos rios, ainda não inventariados.

Na [Tabela 3.4.4](#) e nas [Figuras 3.4.1, 3.4.2 e 3.4.3](#) são apresentadas as principais usinas hidrelétricas em operação na bacia, as previstas no Plano Decenal 2000/2009 (ELETROBRAS/GCPS, 1999), as inventariadas e os potenciais remanescentes, assim como as integrantes do Complexo Hidrelétrico de Lajes.

**Tabela 3.4.4 - Relação das Principais Usinas Hidrelétricas na Bacia e no Complexo Hidrelétrico de Lajes**

Nº	APROVEITAMENTO OU USINA	POTÊNCIA (MW)	LOCALIZAÇÃO		ESTÁGIO	FONTE CONCESSIONÁRIO
			Rio	Bacia		
1	Paraitinga	11	Paraitinga	Paraíba do Sul	Remanescente	CESP
2	Paraibuna	22	Paraibuna	"	"	"
3	Paraibuna/Paraitinga <sup>1</sup>	86	Paraibuna	"	Operação	"
4	Santa Branca <sup>1</sup>	58	Paraíba do Sul	"	"	Light
5	Jaguari <sup>1</sup>	28	Jaguari	"	"	CESP
6	Rio Jaguari	5	"	"	Remanescente	"
7	Paraíba do Sul	272	Paraíba do Sul	"	"	"
8	Una	5	Una	"	"	"
9	Isabel	3,2	Saca Trapo	"	Operação	Eletropaulo
10	Sodré	0,6	Piagui	"	"	"
11	Bocaina	0,9	Bravo	"	"	"
12	Funil <sup>1</sup>	222	Paraíba do Sul	"	"	Furnas
13	Cedro	14,5	Piabanha	Paraíba do Sul	Inventário	"
14	Providência	29,7	Preto 2	Piabanha/P.Sul	"	"
15	Santa Fé	26,6	"	"	"	"
16	Morro Grande <sup>1</sup> (Areal)	20	"	"	Operação	CERJ
17	Piabanha	8,6	Piabanha	Paraíba do Sul	"	"
18	Ponte Fagundes	7,7	Fagundes	Piabanha/P.Sul	Inventário	Furnas
19	Coronel Fagundes	4,8	"	"	Operação	CERJ
20	Moura Brasil	19,8	Piabanha	Paraíba do Sul	Inventário	Furnas
21	São Firmino	10,3	Paraibuna	"	"	"
22	Ferreira Guimarães	4,41	S. Pedro	Paraibuna/P.Sul	Operação	"
23	Marmelos 1-2	4	Paraibuna	Paraíba do Sul	"	CEMIG
24	Joasal	8	"	"	"	"
25	Paciência	4	"	"	"	"
26	Tabuão	3	Do Peixe	Paraibuna/P.Sul	Inventário	Furnas
27	Vista Alegre	9,8	"	"	"	"
28	Poço da Pedra	11,54	"	"	"	"
29	Picada <sup>2</sup>	50	"	"	Projeto Básico	Cia.Paraibuna de Metais
30	Privilégio	7,43	Sta. Bárbara	Do Peixe/ Paraibuna/P.Sul	Inventário	Furnas
31	Cotegipe	40	Do Peixe	Paraibuna/P.Sul	"	"
32	Sobragi <sup>1</sup>	60	Paraibuna	Paraíba do Sul	Operação	Cia.Paraibuna de Metais
33	Cabuí	15	Paraibuna	"	Inventário	ELETROBRAS
34	Fumaça <sup>2</sup>	10	"	Paraibuna/P.Sul	Viabilidade	Furnas
35	Zelinda	16,39	Preto	Paraíba do Sul	Inventário	Furnas
36	Barbosa	34,37	"	"	"	"
37	Mato Limpo	8	Santana	Preto/Paraibuna/P.Sul	"	CFLCL
38	Ponte	2,40	"	"	"	SIIF do Brasil Ltda.
39	Capela	2	"	"	"	"
40	Mello	10	"	"	Operação	Valesul Alumínio S.A.
41	Resende	3	"	"	Projeto Básico	SIIF do Brasil Ltda.
42	Santa Rosa 1	47,30	Preto	Paraibuna/P.Sul	Inventário	Furnas
43	Monte Serrat <sup>2</sup>	25	Paraibuna	Paraíba do Sul	Projeto Básico	Valesul Alumínio S.A.
44	Bonfante <sup>2</sup>	19	"	"	"	"
45	Sarandira	7,51	Cágado	Paraibuna/P.Sul	Inventário	Furnas
46	Mar de Espanha	14,82	"	"	"	"
47	São Jerônimo	26,98	"	"	"	"
48	Caldeirão	25	Paraibuna	Paraíba do Sul	"	ELETROBRAS
49	Santa Fé	67	"	"	"	"
50	Anta	13	Paraíba do Sul	"	Projeto Básico	Furnas
51	Simplício	324,8	"	"	"	"
52	Ilha dos Pombos <sup>1</sup>	188	"	"	Operação	Light
53	Itaocara <sup>2</sup>	195	"	"	Viabilidade	"
54	Ituerê	12	Pomba	"	Inventário	CFLCL
55	Ituerê	4,04	"	"	Operação	Furnas
56	Bom Sucesso	10	"	"	Inventário	CFLCL
57	Ponte I <sup>2</sup>	24	"	"	Projeto Básico	"
58	Palestina II	13	"	"	Projeto Básico	"
59	Barra dos Carrapatos	8	"	"	Inventário	"

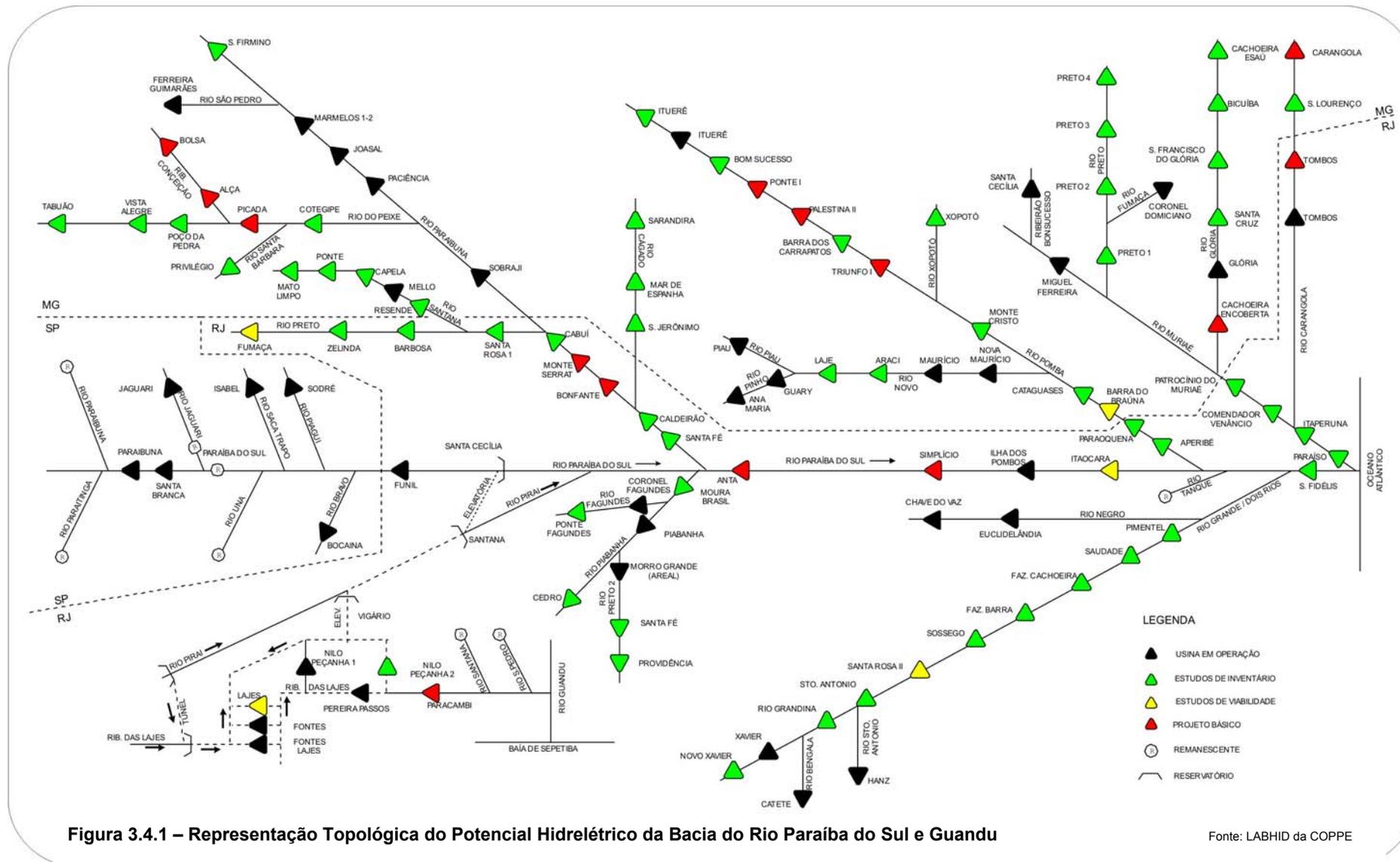
**Tabela 3.4.4 - Relação das Principais Usinas Hidrelétricas na Bacia e no Complexo Hidrelétrico de Lajes (continuação)**

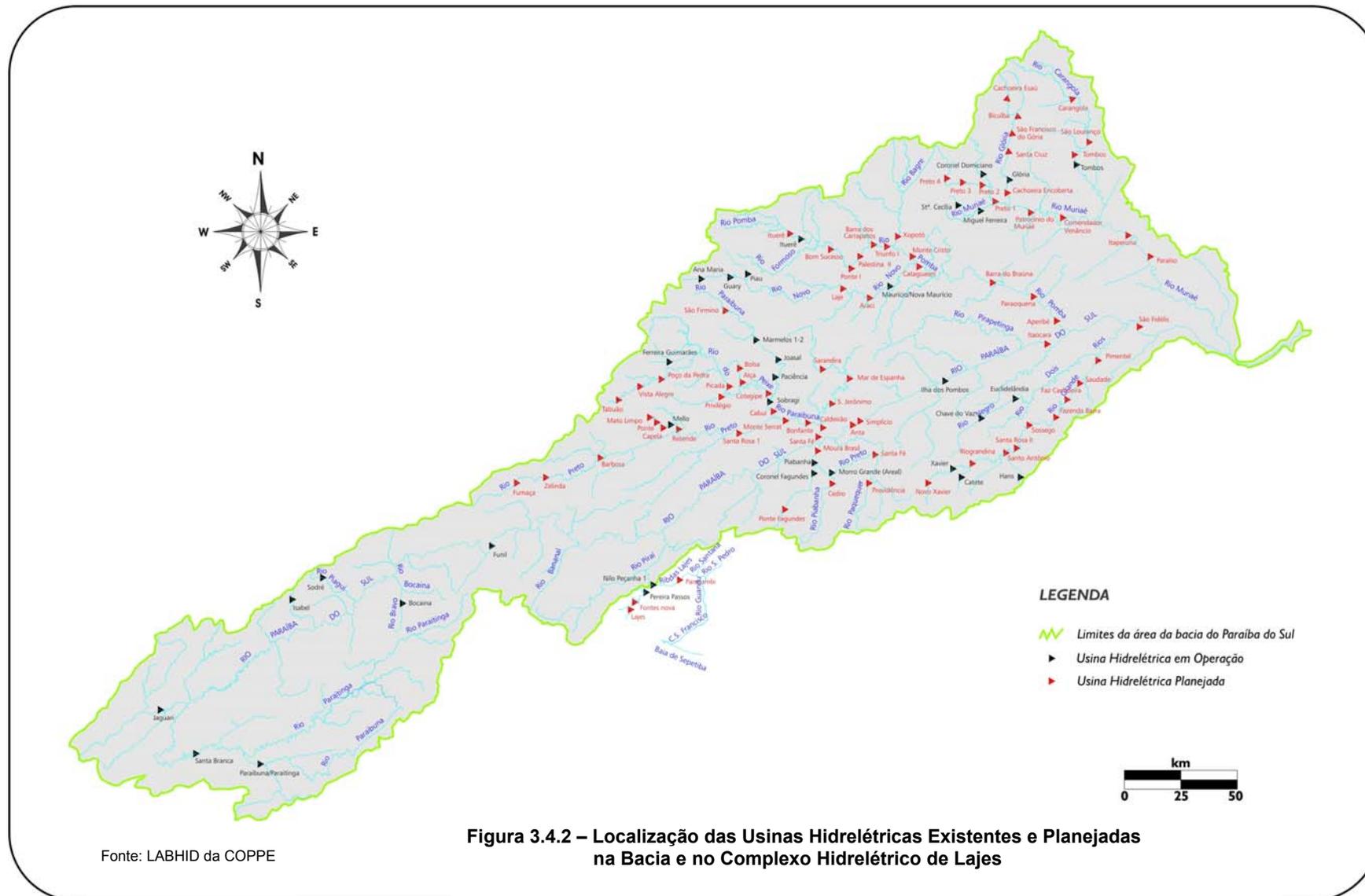
Nº	APROVEITAMENTO OU USINA	POTÊNCIA (MW)	LOCALIZAÇÃO		ESTÁGIO	FONTE CONCESSIONÁRIO
			Rio	Bacia		
60	Barra dos Carrapatos	8	"	"	Inventário	"
61	Triunfo I <sup>2</sup>	23	"	"	Projeto Básico	"
62	Xopotó	15	Xopotó	Pomba/P.Sul	Inventário	Furnas
63	Monte Cristo	33	Pomba	Paraíba do Sul	"	CFLCL
64	Piau	18	Piau	Novo/Pomba/ P.Sul	Operação	CEMIG
65	Ana Maria	1,2	Pinho	"	"	"
66	Guary	4,8	"	"	"	"
67	Laje	17,8	Novo	Pomba/P.Sul	Inventário	Hidrelétrica São Pedro Ltda.
68	Araci	18	"	"	"	"
69	Maurício	2,2	Novo	Pomba/P.Sul	Operação	CFLCL
70	Nova Maurício <sup>1</sup>	32,1	"	"	"	Furnas
71	Cataguases	27	Pomba	Paraíba do Sul	Inventário	CFLCL
72	Barra do Braúna <sup>2</sup>	39	"	"	Viabilidade	"
73	Paraoquena	36	"	"	Inventário	Furnas
74	Aperibé	36	"	"	"	"
75	Rio Tanque	68	Tanque	"	Remanescente	CEMIG
76	Novo Xavier	3	Grande/Dois Rios	"	Inventário	ELETROBRAS
77	Xavier	3,14	"	"	Operação	Furnas
78	Catete	1,62	Bengala	Grande/Dois Rios/P.Sul	"	CFLCL
79	Riograndina	6,8	Grande/Dois Rios	Paraíba do Sul	Inventário	Valesul Alumínio S.A.
80	Hans	0,11	Santo Antônio	Grande/Dois Rios	Operação	CFLCL
81	Santo Antônio	7,2	Grande/Dois Rios	Paraíba do Sul	Inventário	ELETROBRAS
82	Santa Rosa II <sup>2</sup>	30	"	"	Viabilidade	Furnas
83	Sossego	11,3	"	"	Inventário	ELETROBRAS
84	Fazenda Barra	13,1	"	"	"	Furnas
85	Faz Cachoeira	13,5	"	"	"	"
86	Saudade	11,7	"	"	"	ELETROBRAS
87	Pimentel	7,4	"	"	"	"
88	Chave do Vaz	0,70	Negro	Grande/Dois Rios/P.Sul	Operação	CERJ
89	Euclidelândia	1,20	"	"	"	"
90	São Fidélis	123	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Inventário	Furnas
91	Santa Cecília	0,42	Rib. Bom Sucesso	Muriaé/P.Sul	Operação	CFLCL
92	Miguel Ferreira	0,70	Muriaé	Paraíba do Sul	"	CFLCL
93	Preto 4	1,2	Preto	Muriaé/P.Sul	"	CFLCL
94	Preto 3	0,5	"	"	"	"
95	Preto 2	1	"	"	"	"
96	Coronel Domiciano	1,84	Fumaça	Preto/Muriaé/ P.Sul	Operação	"
97	Preto 1	9	Preto	Muriaé/P.Sul	Inventário	"
98	Cachoeira Esau	7	Glória	Muriaé/P.Sul	"	"
99	Bicuíba	1	"	"	"	"
100	São Francisco do Glória	12	"	"	"	"
101	Santa Cruz	8	"	"	"	"
102	Glória <sup>1</sup>	14,50	"	"	Operação	Valesul Alumínio S.A
103	Cachoeira Encoberta <sup>2</sup>	24	"	"	Projeto Básico	CFLCL
104	Patrocínio do Muriaé	11	Muriaé	Paraíba do Sul	Inventário	Furnas
105	Comendador Venâncio	7	"	"	"	"
106	Carangola <sup>2</sup>	15	Carangola	Muriaé/P.Sul	Projeto Básico	ELETROBRAS
107	São Lourenço	11	"	"	Inventário	"
108	Tombos <sup>2</sup>	12	"	"	Projeto Básico	CERJ
109	Tombos	2,8	"	"	Operação	"
110	Itaperuna	16	Muriaé	Paraíba do Sul	Inventário	Furnas
111	Paraíso	20	"	"	"	"
112	Nilo Peçanha 1 <sup>1</sup>	380	Rib. das Lajes	Guandu	Operação	Light
113	Nilo Peçanha 2	120	Rib. das Lajes	Guandu	Inventário	Light
114	Fontes Nova <sup>1</sup>	132	"	"	Operação	"
115	Lajes <sup>2</sup>	60	"	"	Viabilidade	"
116	Pereira Passos <sup>1</sup>	100	"	"	Operação	"
117	Paracambi <sup>2</sup>	30	"	"	Projeto Básico	"
118	Rio Santana	26,8	Santana	"	Remanescente	"
119	Rio São Pedro	5	São Pedro	"	"	"

Fonte: Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico (SIPOT/ELETROBRAS) e banco de dados da ANEEL.

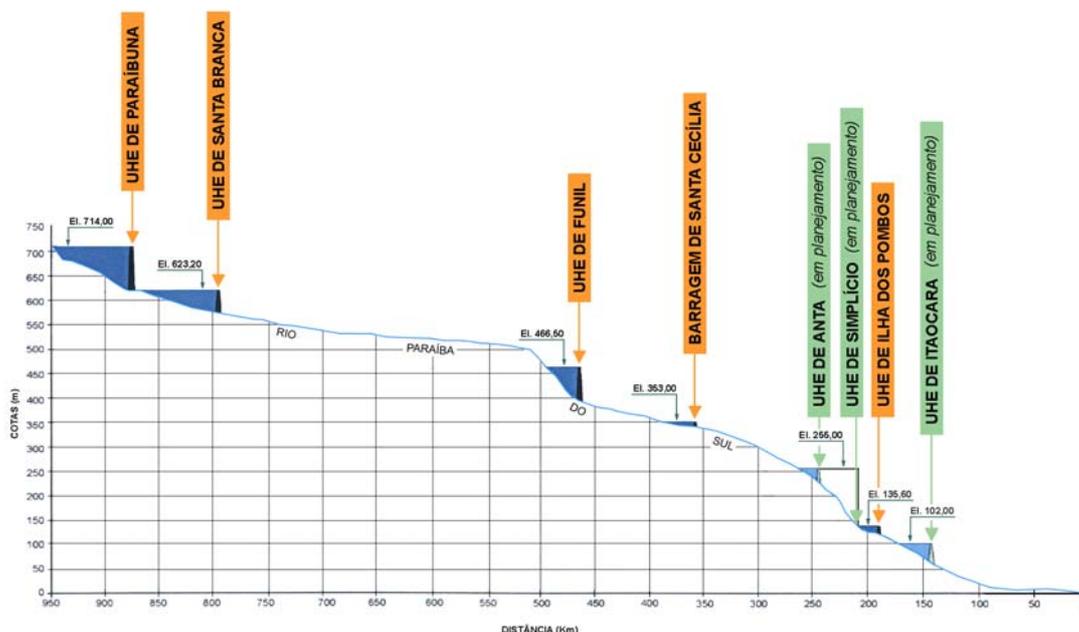
<sup>1</sup> Usinas que pagam a compensação financeira pela utilização de recursos hídricos.

<sup>2</sup> Usinas hidrelétricas indicadas no Plano Decenal 2000/2009.





**Figura 3.4.2 – Localização das Usinas Hidrelétricas Existentes e Planejadas na Bacia e no Complexo Hidrelétrico de Lajes**



Fonte: LABHID da COPPE

**Figura 3.4.3 – Divisão de quedas e localização das usinas hidrelétricas existentes e em planejamento no rio Paraíba do Sul**

Nas Tabelas 3.4.5 e 3.4.6 adaptadas de LABHID/COPPE/UFRJ (1999), são apresentadas as características básicas dos reservatórios e principais usinas do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul atualmente em operação.

**Tabela 3.4.5 - Reservatórios do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul**

RESERVATÓRIO	ÁREA DE DRENAGEM (km <sup>2</sup> )	ÁREA INUNDADA (km <sup>2</sup> )	VOLUME (hm <sup>3</sup> )			COTAS (m)		
			Mín.	Máx.	Útil	Mín.	Máx.	Desnível
Paraibuna	4.150	188,97	2.096,00	4.732,00	2.636,00	694,60	714,00	19,40
Santa Branca	5.030	31,00	130,0	438,00	308,00	605,00	622,00	17,00
Jaguari	1.300	60,92	443,00	1.236,00	793,00	603,00	623,00	20,00
Funil	13.530	40,16	120,00	726,00	606,00	444,00	466,50	22,50
Santa Cecília	16.694	2,66	3,39	5,56	2,17	352,00	352,95	0,95
Ilha dos Pombos	32.516	4,21	2,00	6,85	4,85	137,50	139,94	2,44
Tocos	386	1,20	0,00	5,29	5,29	441,00	452,00	11,00
Santana	902	5,95	12,17	19,90	7,73	361,5	363,6	2,10
Vigário	30	3,85	27,35	34,00	6,65	396,00	398,00	2,00
Lajes	305	30,73	17,00	618,00	601,00	385,00	419,50	34,50
P. Coberta	322	1,21	12,86	16,93	4,07	82,50	86,59	4,00

Obs.: A área inundada é aquela correspondente ao nível máximo *maximorum*.

**Tabela 3.4.6 - Usinas do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul**

USINA	POTÊNCIA EFETIVA (MW)	CANAL DE FUGA MÉDIO(m)	FATOR DE CAPACIDADE	RENDIMENTO GERADOR	RENDIMENTO TURBINA	INÍCIO DA OPERAÇÃO
Paraibuna	86	626,40	0,56	0,960	0,907	1978
Santa Branca	58	576,00	0,63	0,900	0,900	1959/1999
Jaguari	28	557,90	0,53	0,960	0,897	1972
Funil	222	394,30	0,56	0,980	0,839	1969
Ilha dos Pombos	188	106,70	0,53	0,977	0,797	1924
Fontes Velha	26	94,50	-	0,980	0,826	1908
Fontes Nova	132	94,50	0,87	0,984	0,826	1940
Nilo Peçanha	380	86,50	0,90	0,984	0,874	1953
Pereira Passos	100	49,00	0,53	0,975	0,863	1962

\* Ano de início de motorização da usina.

A denominação de Complexo Hidrelétrico de Lajes caracteriza os aproveitamentos hidrelétricos do ribeirão das Lajes e o conjunto de estruturas hidráulicas destinadas à transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a vertente atlântica da serra do Mar com a finalidade de aproveitar o potencial hidrelétrico propiciado por uma queda de 295,50 m. Cabe destacar que o Complexo de Lajes é o maior conjunto de estruturas hidráulicas do Estado do Rio de Janeiro. Já a denominação Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul é empregada quando há consideração do conjunto de reservatórios reguladores da bacia do rio Paraíba do Sul.

Recentemente, foi implementado o Programa Prioritário de Termelétricidade, anunciado pelo Governo Federal em fevereiro de 2000, que prevê, inicialmente, a instalação até 2004, em todo o país, de 49 usinas termelétricas, apresentadas no Plano Decenal de Expansão e priorizadas pelo CAET, correspondendo a uma potência instalada de cerca de 17.000 MW. Dessas usinas, 42 serão a gás, aproveitando a oferta de gás natural proporcionada pelas jazidas nacionais e, principalmente, pelo gasoduto Bolívia-Brasil. Está prevista para breve a importação de gás da Argentina, o que será viabilizado com a construção do gasoduto Uruguaiana-Porto Alegre.

Na bacia do Paraíba do Sul está projetada a instalação, em etapas, no período de 2001 a 2003, de quatro dessas usinas termelétricas, perfazendo o total de 2.170 MW de potência instalada, a saber:

- UTE Santa Branca (1.067 MW), cuja concessão pertence à ELETROGER (ELETROPAULO), situada no município de Santa Branca (SP), prevista para 2003;
- UTE Vale do Paraíba (500 MW), pertencente à EDP/PETROBRAS, localizada no município de São José dos Campos (SP), prevista para 2003;
- UTE Cachoeira Paulista (500 MW), pertencente à EDP/PETROBRAS, localizada no município de Cachoeira Paulista (SP), prevista para 2003;
- UTE Juiz de Fora (103 MW), cuja concessão pertence à CFLCL/Alliant Energy Holdings do Brasil, localizada no município de Juiz de Fora (MG), prevista a implantação em duas etapas: 80 MW em 2001 e 23 MW em 2002.

Cabe registrar que, atualmente, apenas duas usinas termelétricas implantadas na bacia merecem destaque: a UTE Roberto Silveira (32 MW), a óleo, em Campos dos Goytacazes (RJ), pertencente a Furnas, que será transformada para geração a gás natural e cuja ampliação para 80 MW está prevista em 2002, e a UTE da CSN (238

MW), a gás, em Volta Redonda (RJ), que gera 170 MW, aproveitando os gases da coqueria, dos altos-fornos e da aciaria, e 68 MW a partir de gás natural. Sendo assim, a potência em geração térmica a ser instalada nos próximos anos, na bacia do rio Paraíba do Sul, deverá ser de aproximadamente 2.488 MW.

Considerando os critérios, conforme estudos de CARVALHO (2000), para estimativa de uso consuntivo e não-consuntivo de água para usinas termelétricas, apresentados anteriormente, foram calculadas as vazões captadas e consumidas pelas UTE a serem implantadas na bacia do rio Paraíba do Sul, no horizonte de planejamento deste Plano de Recursos Hídricos. Sendo assim, estima-se que no trecho paulista do rio Paraíba do Sul, compreendido entre os municípios de Cachoeira Paulista e Santa Branca, serão captados  $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$  e consumidos  $0,71 \text{ m}^3/\text{s}$ ; no rio Paraíba mineiro, em Juiz de Fora, serão captados cerca de  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  e consumidos  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ ; e, no trecho final do rio Paraíba do Sul, em Campos, serão captados  $0,022 \text{ m}^3/\text{s}$  e consumidos  $0,017 \text{ m}^3/\text{s}$ .

É oportuno ressaltar que na bacia do rio Guandu atualmente está instalada a UTE de Santa Cruz (600 MW), a óleo combustível, no bairro de Santa Cruz, município do Rio de Janeiro, a qual está sendo transformada para geração a gás natural em ciclo combinado, e cuja ampliação, com a instalação de mais 640 MW, está prevista para 2002. Nessa bacia há ainda a previsão de instalação das seguintes usinas termelétricas: UTE Riogen (500 MW), no município de Seropédica (RJ), cujo concessão pertence à Enron, a ser implantada em duas etapas: 320 MW em 2002 e 180 MW em 2003, e a UTE Eletrobolt (350 MW), no mesmo município de Seropédica (RJ), cujo empreendedor privado também é a Enron, com implantação prevista para 2001. Sendo assim, até 2003, a capacidade instalada na bacia do rio Guandu deverá ser de cerca de 2.090 MW provenientes de geração termelétrica, a gás natural.

Além dessas termelétricas, a Enelpower-Inepar Energia está realizando estudos de viabilidade econômica para instalação da UTE Sepetiba (1.320 MW) no município de Itaguaí (RJ), utilizando como combustível carvão mineral, ciclo a vapor e sistema de refrigeração fechado. Nesse sentido, a Inepar Energia já solicitou a concessão de outorga para captar  $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$  do canal de São Francisco. Logo, a capacidade instalada de geração térmica, com o uso de água da bacia do rio Guandu e Canal de São Francisco, poderá ser, nos próximos anos, cerca de 3.410 MW.

Nas Tabelas 3.4.7 e 3.4.8 são apresentados, resumidamente, os potenciais hidrelétricos e termelétricos existentes e planejados nas bacias dos rios Paraíba do Sul e Guandu/Ribeirão das Lajes.

**Tabela 3.4.7 – Potencial Hidrelétrico nas Bacias dos Rios Paraíba do Sul e Guandu/Ribeirão das Lajes**

NÍVEL DE PLANEJAMENTO	POTENCIAL HIDRELÉTRICO (MW)	
	PARAÍBA DO SUL	GUANDU/ RIBEIRÃO DAS LAJES
Inventariado	3.000	850
Instalado	800	612
Previsto no Plano Decenal de Expansão 2000/2009	454	90
Capacidade instalada até 2009	1.254	702

**Tabela 3.4.8 – Potencial Termelétrico nas Bacias dos Rios Paraíba do Sul e Guandu/Ribeirão das Lajes**

NÍVEL DE PLANEJAMENTO	POTENCIAL TERMELÉTRICO (MW)	
	PARAÍBA DO SUL	GUANDU/ RIBEIRÃO DAS LAJES
Instalado	270	600
Previsto no Programa Prioritário de Termelétricidade (PPT) 2001/2003	2.218	1.490
Não previsto no PPT (mas em planejamento) <sup>1</sup>	-	1.320
Capacidade instalada até 2003	2.488	3.410

<sup>1</sup>Corresponde à UTE Sepetiba, a ser instalada em Itaguaí, fora da bacia do rio Guandu, mas utilizando a disponibilidade hídrica desse manancial.

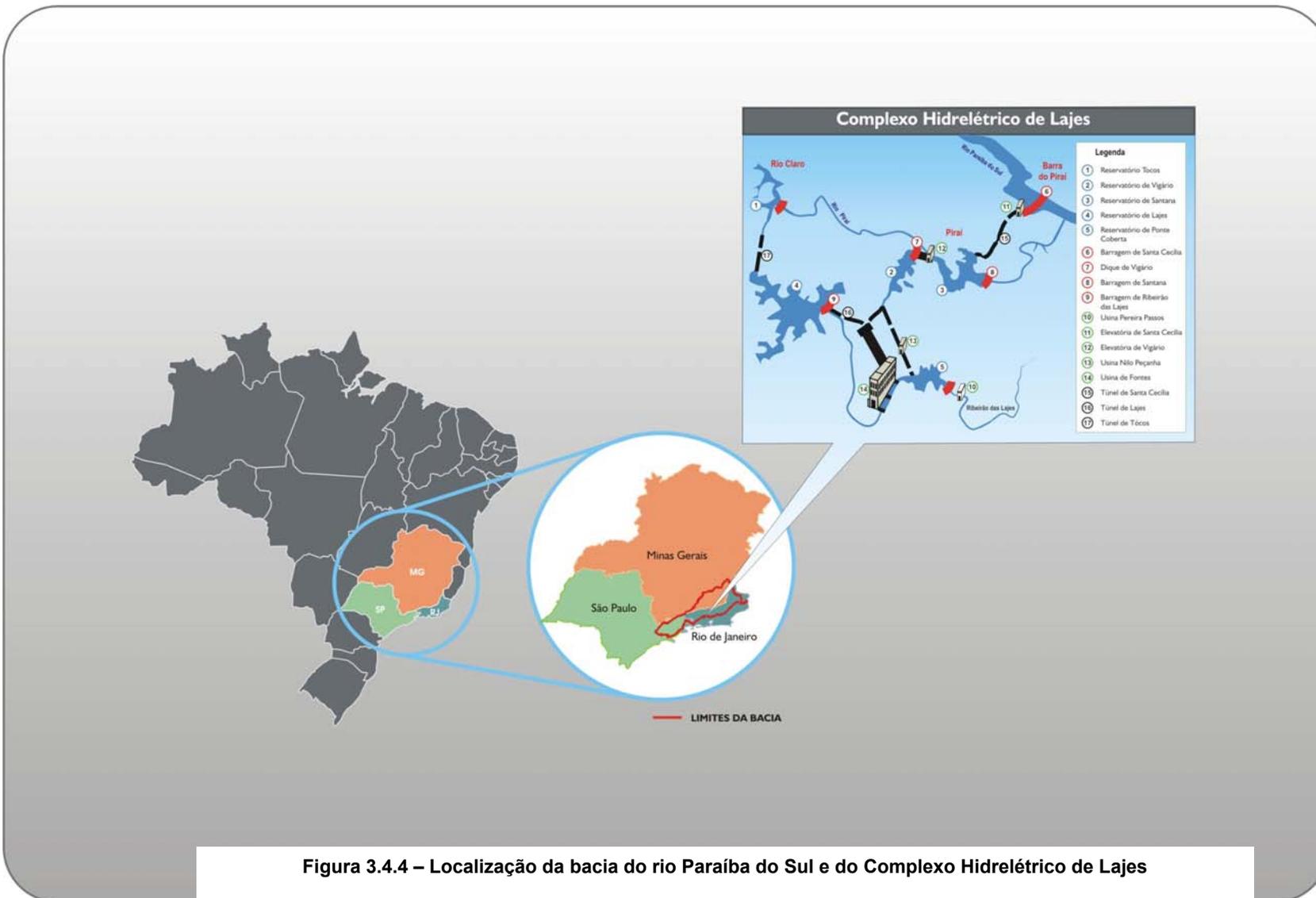
### 3.4.2.2 Operação do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul

A operação dos aproveitamentos do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul tem importante papel no desempenho do Sistema Sudeste/Centro-Oeste de produção de energia elétrica, não pelo total de energia gerada, mas, principalmente, em face de sua localização, próximo a centro de carga, e das questões de uso múltiplo das águas numa das regiões mais industrializadas do país. A importância desse sistema está no fato de o abastecimento de água de aproximadamente 90% da RMRJ ser totalmente dependente da manutenção desse arranjo, correspondendo a uma população de cerca de 8 milhões de habitantes.

As Figuras 3.4.4, 3.4.5, 3.4.6 e 3.4.7 mostram, respectivamente, localização da bacia e do Complexo Hidrelétrico de Lajes, um diagrama e um esquema com a topologia atual dos principais componentes desse complexo sistema de recursos hídricos. Observam-se nessas figuras as estruturas responsáveis pelas transposições das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a vertente atlântica da serra do Mar, onde se insere o rio Guandu, formado a partir da confluência do ribeirão das Lajes com o rio Santana. Convém esclarecer que, a partir da Estação de Tratamento de Água do Guandu (ETA Guandu) até a foz na baía de Sepetiba, esse rio recebe a denominação de Canal de São Francisco, em função das obras de retificação realizadas no século passado pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). Cabe lembrar que nessas figuras há uma brutal distorção de escala, pois a bacia do rio Paraíba do Sul tem uma área de drenagem de aproximadamente 57.000 km<sup>2</sup>, enquanto a do rio Guandu é da ordem de 1.500 km<sup>2</sup>.

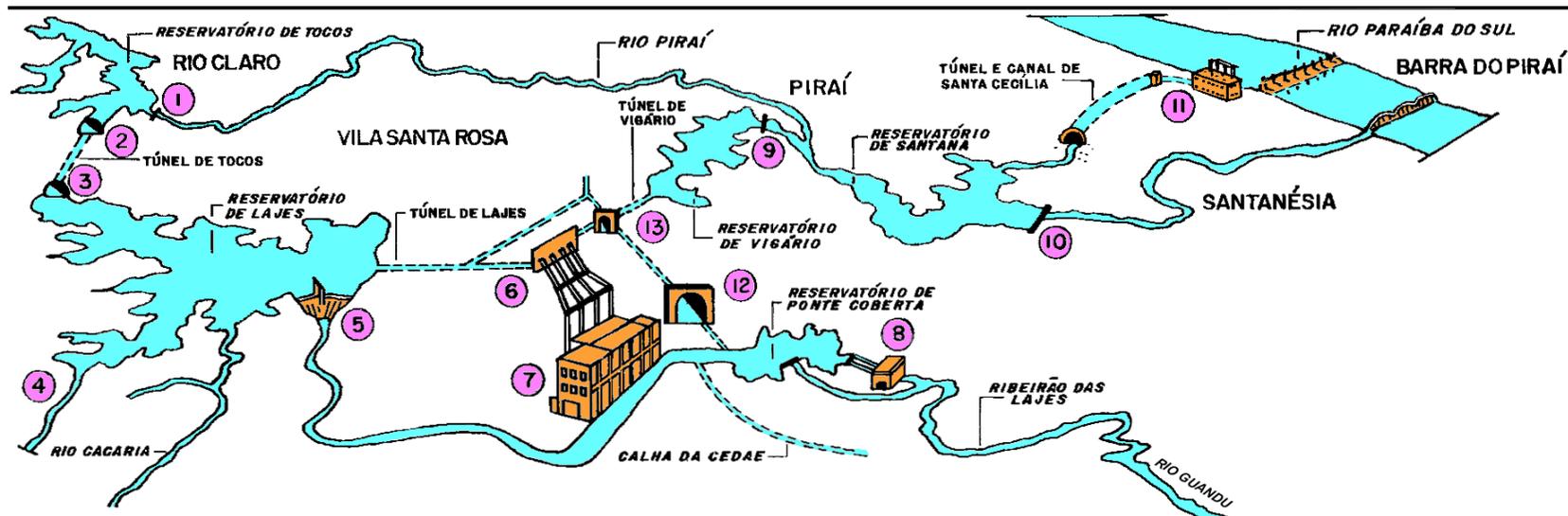
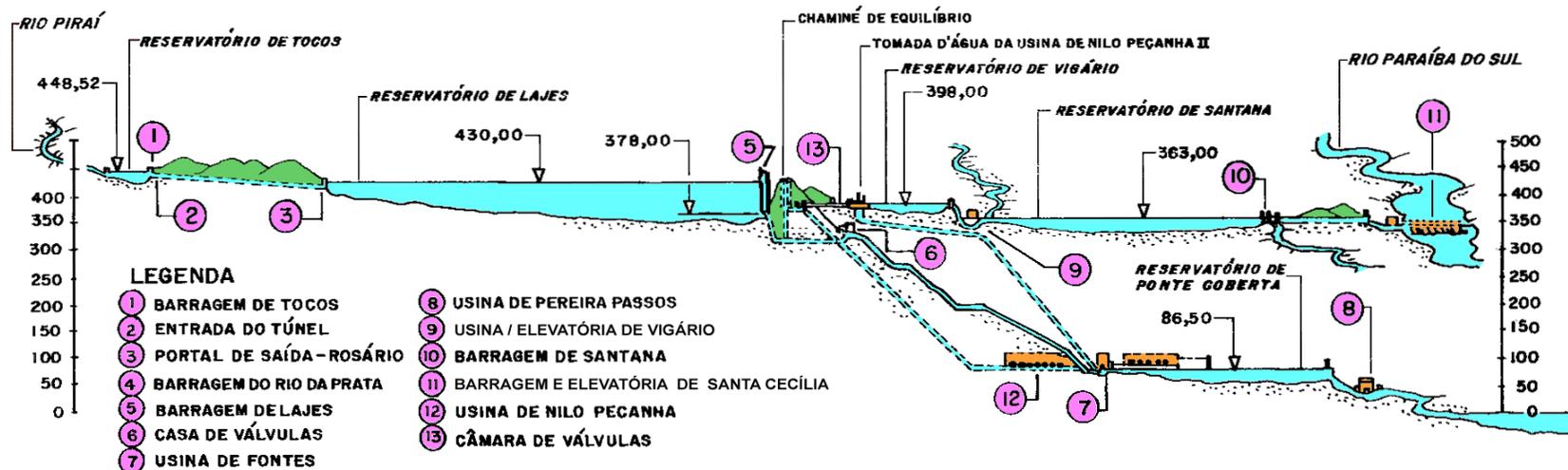
Para melhor entendimento de como se desenvolveu a exploração do potencial elétrico das bacias do ribeirão das Lajes e do rio Paraíba do Sul pode-se imaginar a implantação em três etapas distintas, conforme é descrito em LABHID/COPPE/UFRJ (1999) e mencionado a seguir. As intervenções realizadas no início do século passado

podem delimitar a primeira etapa da exploração desse potencial. Inicialmente, houve a construção do reservatório de Lajes, concluído em 1908, a partir do barramento do ribeirão das Lajes e da implantação de alguns diques auxiliares. Na ocasião, já era sabido que as contribuições do ribeirão das Lajes eram insuficientes para regularizar a descarga que se pretendia turbinar na usina hidrelétrica de Fontes.



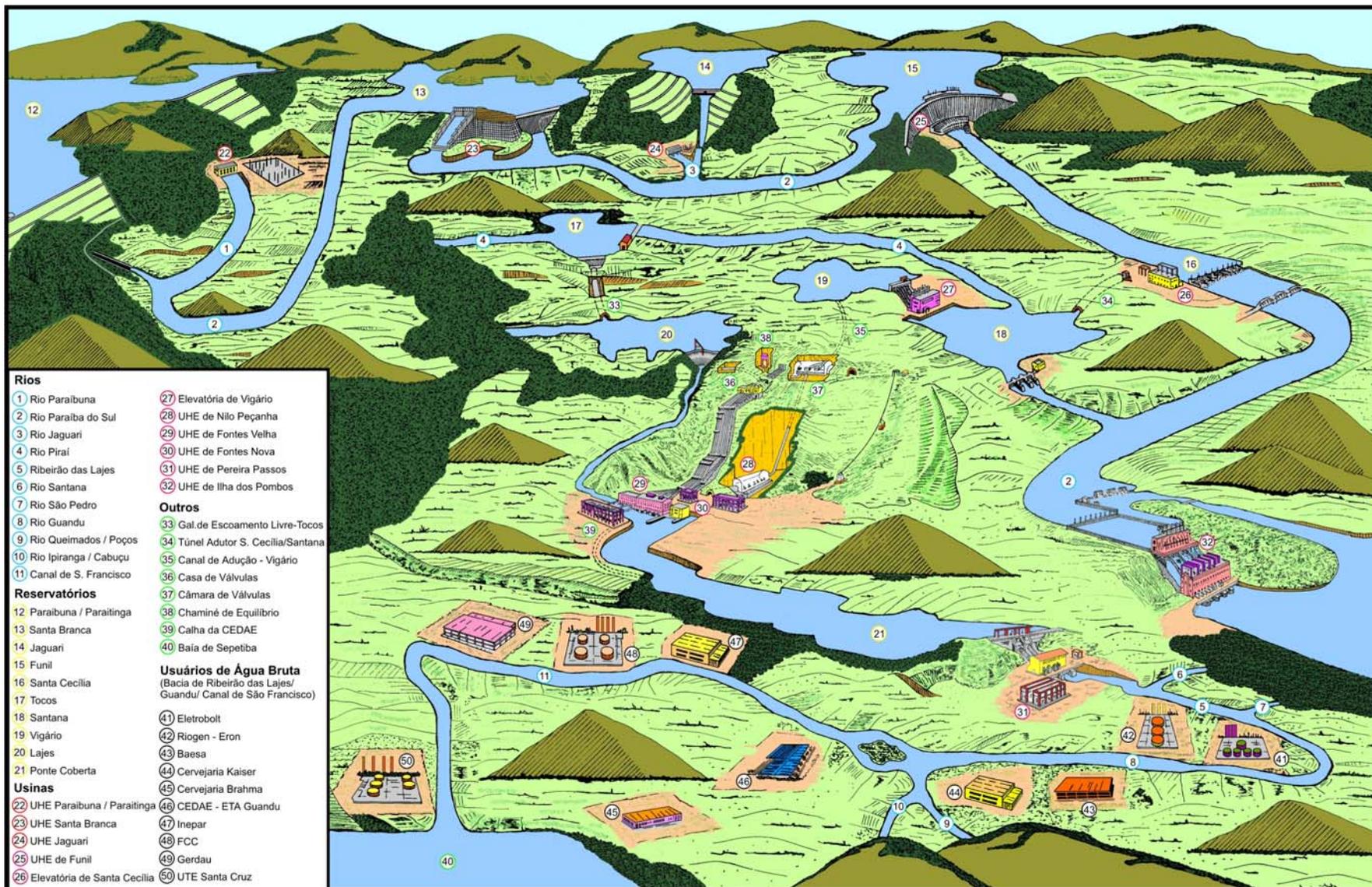
Fonte: LABHID da COPPE





Fonte: LABHID da COPPE

Figura 3.4.6 – Esquema geral do Complexo Hidrelétrico de Lajes



Fonte: LABHID da COPPE

Figura 3.4.7 – Representação Esquemática do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul

A usina de Fontes foi idealizada para atendimento da cidade do Rio de Janeiro, na época capital do Brasil. A denominação Fontes Velha é empregada para fazer uma distinção da usina hidrelétrica Fontes Nova, construída pela Light nos anos 1950. A usina Fontes Velha encontra-se desativada desde 1989, quando ocorreu uma ruptura do *penstock*.

Deve ser destacado que o reservatório de Lajes tem dimensões razoáveis, embora sua bacia contribuinte seja muito pequena, algo próximo a 300 km<sup>2</sup>. Seu volume útil é de 601 hm<sup>3</sup>. Contudo, a vazão natural média de longo termo, afluente ao reservatório, é de aproximadamente 6 m<sup>3</sup>/s (CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP, 1998; SERLA, 2000; LIGHT, 2001). Essa afluência era insuficiente para regularizar cerca de 17 m<sup>3</sup>/s que se pretendia turbinar na usina hidrelétrica de Fontes Velha. A solução encontrada foi uma transposição de bacia para aumentar as afluências ao reservatório de Lajes. Isso se tornou realidade em 1913, a partir da implantação do reservatório de Tocos no rio Piraí, no município de Rio Claro, em conjunto com a construção de um túnel que desvia, por gravidade, as águas desse reservatório para o de Lajes. Esse túnel de desvio tem capacidade máxima de adução de 25 m<sup>3</sup>/s. A capacidade de regularização do reservatório de Tocos é muito limitada, e o seu volume útil, de apenas 5,29 hm<sup>3</sup>. Essa intervenção caracteriza, portanto, a primeira transposição de bacia existente no Complexo de Lajes.

Cabe ainda assinalar que em 1924 a Light pôs em operação a usina hidrelétrica Ilha dos Pombos, no trecho médio do rio Paraíba do Sul, localizada no município fluminense de Carmo. Essa usina é a mais antiga do rio Paraíba do Sul. Seu reservatório é muito pequeno, sendo, portanto, uma usina a fio d'água; ela foi construída visando ao atendimento do mercado do interior do Estado do Rio de Janeiro. É aqui citada apenas como referência histórica para o entendimento da evolução do aproveitamento das quedas do rio Paraíba do Sul.

A segunda etapa de implantação do Complexo de Lajes compreende o período 1952-1962. Foi durante essa época que entraram em operação as estruturas hidráulicas que propiciaram a transposição das águas do rio Paraíba do Sul para a vertente atlântica da serra do Mar. Essa transposição foi viabilizada pelo Decreto-Lei nº 7.542 de 11.05.1945, que autorizou a Light a derivar as águas do ribeirão Vigário e do rio Piraí e as águas do rio Paraíba do Sul para utilizá-las na ampliação da usina de Ribeirão das Lajes. Essa segunda transposição entrou em operação em 1952 e é feita a partir da usina elevatória de Santa Cecília, localizada no município fluminense de Barra do Piraí, que tem capacidade de desviar até 160 m<sup>3</sup>/s do rio Paraíba do Sul. Esse valor corresponde a aproximadamente 2/3 da vazão regularizada no local. Em Santa Cecília existe um pequeno reservatório, cujo volume útil é de apenas 2,17 hm<sup>3</sup>, que propicia a tomada de água da usina elevatória. As águas recalçadas do rio Paraíba do Sul vencem uma altura de 15,50 m, sendo conduzidas através de um túnel, com seção de 43,50 m<sup>2</sup> e 3.314 m de comprimento, ao reservatório de Santana, construído a partir de um segundo barramento no rio Piraí. Cabe lembrar que o primeiro barramento é o correspondente ao reservatório de Tocos, situado bem a montante, no município de Rio Claro, referido na descrição da primeira etapa de implantação do Complexo de Lajes.

As águas acumuladas no reservatório de Santana são novamente recalçadas pela usina elevatória de Vigário, localizada na parte de montante do reservatório nas proximidades da cidade de Piraí. A altura de recalque nesse segundo bombeamento é de 35,00 m, e a capacidade máxima de recalque é de 189 m<sup>3</sup>/s. A usina elevatória de Vigário recalca as águas do reservatório de Santana para o reservatório de Vigário, formado pelo barramento do ribeirão do Vigário, até então um pequeno afluente do rio

Piraí. O efeito do bombeamento pela parte de montante do reservatório de Santana faz com que o rio Piraí, no trecho desse reservatório, tenha seu curso invertido. Cumpre ressaltar que a vazão média natural de longo termo do rio Piraí em Santana é de 20 m<sup>3</sup>/s (COMISSÃO ESTADUAL SOBRE O COMPLEXO LAJES, 1998) e na incremental Tocos-Santana, de 6 m<sup>3</sup>/s e, ainda, que as águas acumuladas nesse reservatório são provenientes dos rios Paraíba do Sul e Piraí. Estima-se que cerca de 180 m<sup>3</sup>/s sejam transferidos da bacia do Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu por meio das duas transposições citadas.

As águas acumuladas no reservatório de Vigário são então desviadas por gravidade para a vertente atlântica da serra do Mar através de tubulações de adução que aproveitam a diferença de nível de aproximadamente 300 m. A energia produzida a partir dessa grande queda justifica economicamente o esforço de transposição realizado, ou seja, o gasto de energia no primeiro recalque, de 15,50 m, somado ao gasto no segundo recalque, de 35 m. Esse arranjo permitiu a construção das usinas hidrelétricas Nilo Peçanha, Fontes Velha (desativada), Fontes Nova e Pereira Passos.

Nas Figuras 3.4.5 a 3.4.6 estão ilustrados, também, os circuitos hidráulicos que alimentam essas usinas. Cabe mencionar o papel importante da câmara subterrânea de válvulas e da casa de válvulas, que permitem as manobras hidráulicas para melhor repartição das águas aduzidas. Em linhas gerais, a operação da câmara subterrânea de válvulas visa garantir, na usina hidrelétrica de Nilo Peçanha, o turbinamento máximo operativo de 144 m<sup>3</sup>/s, encaminhando o restante para a usina Fontes Nova. Os grupos geradores dessa usina podem ser alimentados, também, a partir do reservatório de Lajes. A casa de válvulas situada a montante dessa usina propicia as manobras necessárias para a alimentação dos grupos geradores.

Em complementação às estruturas hidráulicas implantadas para o desvio de águas do rio Paraíba do Sul, em 1959 a Light colocou em operação o reservatório de Santa Branca, (inicialmente, com volume útil de 438 hm<sup>3</sup>, porém, atualmente, em face de restrições ambientais, esse valor corresponde a 308 hm<sup>3</sup>), localizado no rio Paraíba do Sul, no município de Jacareí, em território paulista. Ainda que não associado, inicialmente, a uma usina hidrelétrica, esse barramento de águas do rio Paraíba do Sul tem por finalidade a geração de energia, fato que se consolidou em 1999, quando essa usina foi motorizada com a potência de 58 MW. Com efeito, sua operação visa propiciar alguma capacidade de regularização das aflúncias ao reservatório de Santa Cecília. A operação de transposição de águas a partir do reservatório de Santa Cecília sempre foi crítica, em face de sua limitada capacidade de acumulação e de sua capacidade de regularização ser de poucas horas. Por conseguinte, o reservatório de Santa Branca foi idealizado como estrutura de auxílio à operação do Complexo de Lajes.

O ano de 1962 pode ser entendido como o encerramento da segunda etapa de implantação do Complexo de Lajes. Foi quando entrou em operação a usina hidrelétrica de Pereira Passos, cujas unidades geradoras são alimentadas a partir do reservatório de Ponte Coberta, criado pelo barramento de águas do ribeirão das Lajes. A partir desse ponto as águas desviadas da bacia do rio Paraíba do Sul têm seu destino final na baía de Sepetiba. Entretanto, a Light atualmente está desenvolvendo os estudos de viabilidade para a construção da usina hidrelétrica de Paracambi, com capacidade estimada de 30 MW, visando aproveitar o potencial de geração do trecho final do ribeirão das Lajes, entre os municípios de Paracambi, Itaguaí e Piraí.

A terceira e última etapa de implantação caracteriza-se pela construção dos grandes reservatórios de regularização do rio Paraíba do Sul, ocorrida principalmente nos anos

1970. Nessa etapa foram construídas as usinas hidrelétricas de Paraibuna/Paraitinga, Jaguari e Funil. Todas elas possuem reservatórios de regularização com volumes significativos de, respectivamente, 2.636 hm<sup>3</sup>, 793 hm<sup>3</sup> e 606 hm<sup>3</sup>. Nota-se, por esses dados, a importância do reservatório de Paraibuna/ Paraitinga na regularização das águas do Paraíba do Sul. A construção desses reservatórios permitiu a melhoria na operação de bombeamento em Santa Cecília, pois antes a capacidade de regularização era propiciada apenas pelo reservatório de Santa Branca, com 438 hm<sup>3</sup> de volume útil, portanto, insuficiente.

### **3.4.2.3 Instrumentos Legais da Operação do Complexo de Lajes/Paraíba do Sul**

Inicialmente, cumpre destacar que a autorização para aproveitamento das águas transpostas da bacia do rio Paraíba do Sul na geração de energia elétrica foi concedida à Light por meio de vários instrumentos legais, entre os quais o Decreto-Lei nº 7.542, de 11.05.1945, que autoriza a derivação das águas do ribeirão Vigário, do rio Pirai e do rio Paraíba do Sul (estas até o limite de 160m<sup>3</sup>/s) para utilizá-las na ampliação da usina de Ribeirão das Lajes (LIGHT, 2001); o Decreto nº 18.588, de 11.05.1945, modificado pelo Decreto nº 20.657, de 26.02.1946, e confirmado pelo Decreto nº 68.324, de 09.03.1971, que dispõe sobre o mesmo tema.

Conforme assinala VIEIRA (1997), o rio Paraíba do Sul tem longo histórico de intervenções governamentais, cuja meta sempre foi a utilização racional dos recursos hídricos. As primeiras ações voltadas para a gestão da bacia hidrográfica desse rio começaram no Estado de São Paulo. O Serviço de Melhoramentos do Vale do Paraíba constituiu uma iniciativa pioneira que, já em 1939, pretendia integrar vários usos da água no trecho paulista do rio. Por motivos diversos, contudo, a iniciativa não prosperou. Uma segunda ação ocorreu com o Serviço do Vale do Paraíba, órgão criado em 1950, subordinado ao Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE). Ao contrário da primeira, essa segunda experiência foi bem-sucedida, e dela resultaram, por exemplo, os estudos para a construção de barragens reguladoras do Alto Paraíba.

A primeira tentativa da União para institucionalizar sistemas de planejamento integrado de recursos hídricos ocorreu com a criação, em 1939, do CNAEE, que não conseguiu, porém, estabelecer uma estrutura de gestão das bacias hidrográficas e foi extinto em 1969. Novo esforço foi envidado pela União mediante o Decreto nº 63.794/68, que criou a Comissão do Vale do Paraíba (COVAP), pouco antes da extinção do CNAEE. Essa segunda tentativa também fracassou em face dos entraves institucionais surgidos entre órgãos e entidades do Estado de São Paulo e da União.

Em decorrência dessas dificuldades, a União, por meio do Decreto nº 68.324/71, criou a Comissão do Plano de Regularização do Rio Paraíba do Sul, estabeleceu um plano de obras para esse fim e fixou a derivação máxima na usina elevatória de Santa Cecília em 160 m<sup>3</sup>/s, sujeita à manutenção de uma vazão mínima para jusante de 90 m<sup>3</sup>/s. Esse valor foi calculado empiricamente e assim arbitrado em razão da não-aprovação do projeto da usina de Caraguatatuba, no Estado de São Paulo, que previa uma transposição de 50 m<sup>3</sup>/s da bacia do rio Paraibuna para a vertente atlântica. Na ocasião, o bombeamento em Santa Cecília observava uma limitação de vazão mínima para jusante de apenas 40 m<sup>3</sup>/s. Assim, os 50 m<sup>3</sup>/s foram “transferidos” para jusante de Santa Cecília, dando origem à restrição de 90 m<sup>3</sup>/s.

Além disso, o referido decreto atribuiu ao DNAEE a incumbência de propor as normas de operação dos reservatórios integrantes do plano de regularização, ouvidos os governos dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Como resultado dessa ação, foi editada a Portaria DNAEE nº 022, em 24.02.1977, estabelecendo as regras de operação da cascata de reservatórios da bacia do rio Paraíba do Sul até o reservatório de Santa Cecília. Essas regras ainda vigoram, e pode-se afirmar que visam assegurar uma afluência ao reservatório de Santa Cecília que atenda à derivação para o Complexo Hidrelétrico de Lajes e à restrição de defluência mínima para jusante de 90 m<sup>3</sup>/s. É oportuno salientar que essa portaria prevê que, em períodos hidrológicamente desfavoráveis, a afluência a Santa Cecília pode ser reduzida de 250 m<sup>3</sup>/s para 190 m<sup>3</sup>/s, mantida a restrição mínima para jusante, de 90 m<sup>3</sup>/s.

Ao longo do tempo essa operação foi agregando novas regras sobre condições hidrológicas extremas, bem como de ordem ambiental, originando o Decreto nº 81.436/78, que estabelece que, sob condições hidrológicas de afluências críticas, o DNAEE poderá, a seu critério, arbitrar uma defluência mínima em Santa Cecília de até 71 m<sup>3</sup>/s. Assim, nessas condições, o bombeamento de águas do rio Paraíba do Sul fica limitado a somente 119 m<sup>3</sup>/s.

#### **3.4.2.4 Operação Normal dos Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul**

As regras de operação estabelecidas, previstas nos decretos citados anteriormente, consideram um conjunto de restrições que observam metas de descargas mínimas, bombeamento mínimo, curvas de operação e respectivas faixas de tolerância, matrizes de prioridade de deplecionamento e replecionamento em relação às curvas de operação, faixas de prioridade para equilíbrio dos volumes armazenados nos reservatórios e curva limite para redução da afluência objetivo na barragem de Santa Cecília.

A execução satisfatória da regra de operação que estabelece, em condições normais, o atendimento da vazão mínima de 90 m<sup>3</sup>/s para jusante não é simples, uma vez que o reservatório de Santa Cecília é muito pequeno, com capacidade de regularização das vazões por somente algumas horas. A operação desse reservatório é crítica diante da necessidade de maximizar o bombeamento sem violar a defluência mínima de 90 m<sup>3</sup>/s. Essa situação, associada a novas regras operacionais motivaram a edição do Decreto nº 81.436/78, que veio reduzir a restrição mínima para jusante a 71 m<sup>3</sup>/s. A origem desse valor resulta das simulações realizadas na época com séries históricas de vazões médias mensais que indicaram que somente com a demanda de 231 m<sup>3</sup>/s era possível haver o atendimento em 100% do tempo. O valor de 71 m<sup>3</sup>/s decorre, assim, da subtração de 231 m<sup>3</sup>/s dos 160 m<sup>3</sup>/s desviados para o Complexo de Lajes.

Convém destacar que, em consequência de restrições ambientais, o reservatório de Santa Branca teve seu volume mínimo limitado a 30% do volume útil, embora tenha sido originalmente projetado para o esvaziamento anual completo, reduzindo a vazão regularizada em Santa Cecília.

Sendo assim, depreende-se que, na prática, a regra de manter a defluência mínima de 90 m<sup>3</sup>/s em condições hidrológicas normais não é fácil de ser observada. Isso é confirmado pela Portaria DNAEE nº 329, de 11.04.1994, que resolveu:

- a) autorizar a redução gradual e provisória das vazões defluentes em Santa Cecília no rio Paraíba do Sul, até o valor de 71 m<sup>3</sup>/s;

- b) determinar que tão logo sejam restabelecidas as condições favoráveis tanto ao armazenamento global da bacia como aquelas referentes ao abastecimento da cidade do Rio de Janeiro, deverão ser gradualmente atendidas as condições de operação, segundo está disposto na mencionada Portaria DNAEE nº 022;
- c) determinar que face a qualquer ocorrência hidrológica desfavorável a jusante de Santa Cecília deverão ser revistas as condições de operação instituídas a partir da data desta Portaria.

Cumprido ressaltar o relevante papel do setor elétrico na bacia do rio Paraíba do Sul no controle de cheias ao programar, durante os meses de dezembro a março, a manutenção de espaços vazios nos reservatórios de Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil, também denominados volumes de espera, com o objetivo de amortecer cheias, protegendo, assim, populações ribeirinhas e benfeitorias localizadas a jusante.

Deve contudo ser observado que a falta de investimentos em geração associada a condições hidrometeorológicas desfavoráveis nos últimos anos, levou o setor elétrico a operar os reservatórios em níveis muito baixo, em especial os da cabeceira do Paraíba do Sul, deplecionando-os além do requerido para manter os volumes de espera desejados. Tal fato, embora não tenha se refletido em escassez para o abastecimento, diminuiu a atividade econômica de alguns municípios paulistas, parcialmente calcada no turismo e lazer proporcionado pelas lâminas d'água.

Caso as condições hidrometeorológicas associadas aos investimentos em geração de energias elétrica não venham permitir, nos próximos anos, a recuperação dos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas localizadas na cabeceira do Paraíba do Sul, há a possibilidade de que condições mínimas de vazão garantidas à jusante dessas usinas sejam violadas, gerando, dessa forma, uma situação operacional crítica para alguns usuários dos recursos hídricos.

Sendo assim é conveniente que o CEIVAP promova reuniões periódicas com a ANA e o ONS para discussão e divulgação das condições operacionais atuais e futuras dos reservatórios dessas usinas e, ainda, o seu possível reflexo nas atividades econômicas da região.

### 3.4.2.5 Resumo da Operação Normal do Complexo Hidrelétrico de Lajes

A operação normal do Complexo Hidrelétrico de Lajes pode ser resumida nos seguintes passos, cuja descrição é apresentada por VIEIRA (1997):

- o bombeamento meta a partir da estação elevatória situada nas proximidades da barragem de Santa Cecília é de 160 m<sup>3</sup>/s; a altura de recalque é de 15,5 m, e a capacidade máxima do conjunto de quatro bombas é, também, de 160 m<sup>3</sup>/s;
- a defluência mínima em Santa Cecília para o rio Paraíba do Sul é de 90 m<sup>3</sup>/s;
- em condições hidrológicas e operacionais adversas, o bombeamento meta varia de 119 m<sup>3</sup>/s a 130 m<sup>3</sup>/s, tanto como a defluência mínima em Santa Cecília, reduzida para 71 m<sup>3</sup>/s;
- o reservatório de Tocos no rio Pirai opera acumulando água para atender a um desvio de até 25 m<sup>3</sup>/s, através de túnel, para o reservatório de Lajes, no ribeirão das Lajes, ou seja, é também uma transposição de bacia;
- a água acumulada no reservatório de Santana é bombeada para o reservatório de Vigário. O bombeamento meta, por meio de um conjunto de quatro bombas, é de 178 m<sup>3</sup>/s. A altura de recalque é de 35,0 m, e a capacidade máxima do conjunto de bombas, de 189 m<sup>3</sup>/s;
- o engolimento máximo da UHE Nilo Peçanha, para geração nos seis grupos geradores, é de 144 m<sup>3</sup>/s. Na junção a montante de Nilo Peçanha, o excesso é desviado para a UHE Fontes Nova para valorização em dois dos três grupos geradores existentes. O engolimento máximo de cada grupo gerador é de 17 m<sup>3</sup>/s. A meta do bombeamento em Vigário é constituída pelo somatório das parcelas de 34 m<sup>3</sup>/s e 144 m<sup>3</sup>/s, resultando nos 178 m<sup>3</sup>/s citados anteriormente;
- o reservatório de Lajes é operado atualmente para atender ao grupo gerador restante da UHE Fontes Nova. Sua defluência meta está limitada a 17 m<sup>3</sup>/s. Esse reservatório exerce, ainda, a função de reserva estratégica da Light no caso de ocorrer interrupção no bombeamento em Santa Cecília. Somente verte em situações extremas de afluência, não havendo o objetivo de sustentar na operação normal a produção de energia nos dois grupos de geradores existentes na UHE Pereira Passos, mesmo porque sua afluência média de longo termo (considerando o desvio do reservatório de Tocos) é de apenas 18 m<sup>3</sup>/s;
- no ribeirão das Lajes, a jusante da UHE Fontes Nova, existe uma derivação para abastecimento de água; é a denominada “calha da CEDAE”, segundo o jargão Light. Trata-se de captação superficial com capacidade máxima de 5,5 m<sup>3</sup>/s. Essa água não passa pela ETA Guandu, em face de sua excelente qualidade, sendo encaminhada por adutoras diretamente para o reservatório do Pedregulho, no bairro de São Cristóvão, cidade do Rio de Janeiro;
- o reservatório de Ponte Coberta no ribeirão das Lajes, atualmente, é o último da cascata. A capacidade de acumulação é muito pequena, e a vazão incremental Lajes-Ponte Coberta é desprezível, mas permite uma regularização horária para o atendimento de parte da ponta de demanda de energia no período de 19h00 às 22h00. A operação desse reservatório, em condições normais, resume-se a repassar para a UHE Pereira Passos a afluência recebida, observando tão-somente uma curva diária de geração que garanta a continuidade da captação

para a ETA Guandu. Em condições ideais essa afluência é de  $189,5 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $144 \text{ m}^3/\text{s} + 51 \text{ m}^3/\text{s} - 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

#### **3.4.2.6 Operação para controle de cheias a jusante da barragem de Santana**

A transposição de águas do rio Paraíba do Sul trouxe dois benefícios significativos para o Estado do Rio de Janeiro: suprimento de energia elétrica e fonte de água abundante para consumo humano, próximos à RMRJ. Hoje, o abastecimento de água da capital do Estado e da Baixada Fluminense é quase totalmente dependente da manutenção desse arranjo.

A operação continuada desse sistema desde 1953, portanto, há mais de 40 anos, criou um grave problema ambiental para as populações do distrito de Santanésia e da cidade de Barra do Piraí, residentes a jusante da barragem de Santana, como é relatado em LABHID/COPPE/UFRJ (1999). A operação dessa barragem com o objetivo único de armazenar água para valorização nas UHE de Nilo Peçanha, Fontes Nova e Pereira Passos praticamente anulou a vazão do rio Piraí, a jusante do reservatório de Santana. Em consequência, tornou possível, com a ausência de fiscalização do Poder Público, a ocupação antrópica do leito maior, tão intensa que hoje representa 35% da população de Barra do Piraí (CALDAS et al., 1995).

Verificou-se, ainda, forte processo de assoreamento da calha nesse trecho de jusante. Uma interpretação para o fenômeno é a falta de vazão líquida que permita carrear os sedimentos para o rio Paraíba do Sul. Assim, o afluente a jusante da barragem de Santana, ribeirão Sacra Família, deposita os sedimentos na calha do rio Piraí, em vista da pequena velocidade das águas no trecho.

A gravidade do problema é realçada pelos valores das vazões, tanto em situação de cheias como em condições normais. A discrepância entre a capacidade de vertimento da barragem de Santana e a capacidade de escoamento da atual calha do rio Piraí a jusante da barragem é bastante esclarecedora. A primeira é da ordem de  $1.160 \text{ m}^3/\text{s}$ , e a segunda, de cerca de  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou seja, 1,3% da capacidade de vertimento. Já a vazão média de longo termo (MLT) em Santana é de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , e na incremental Tocos-Santana, de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cabe, ainda, registrar que a vazão de cheia do ribeirão Sacra Família para a recorrência de 20 anos é estimada em  $228,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (COMISSÃO ESTADUAL SOBRE O COMPLEXO LAJES, 1998).

Em condições normais a Light, visando à melhoria das condições sanitárias, libera  $32 \text{ m}^3/\text{s}$ , durante 15 minutos, em dias alternados, para cumprimento de acordo com a Prefeitura Municipal de Barra do Piraí, os quais, amortecidos e propagados pela calha do Piraí, atingem valores inferiores a  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondentes à capacidade máxima atual da calha (LIGHT, 1996). A operação, sob condições de cheias, tem por estratégia o desligamento seqüencial das máquinas da UEL Santa Cecília e a transferência dos volumes residentes em Santana para Vigário e daí para o ribeirão das Lajes. Já o reservatório de Tocos procura acumular os excedentes ao desvio de  $25 \text{ m}^3/\text{s}$  no túnel para o ribeirão das Lajes. O circuito hidráulico do canal adutor Santa Cecília-Santana, ante o total desligamento da UEL Santa Cecília, pode contribuir por meio do extravasamento para o rio Paraíba do Sul de uma vazão de até  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Esses procedimentos são satisfatórios para cheias de pequenas recorrências que não sejam concentradas sobre o reservatório de Santana. Precipitações intensas sobre a bacia contribuinte ao reservatório podem provocar o vertimento na barragem, como é

registrado no histórico recente (Tabela 3.4.9), com efeitos desastrosos para o trecho de jusante.

**Tabela 3.4.9 - Eventos recentes de cheias afluentes ao reservatório de Santana**

EVENTO (ano)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (m <sup>3</sup> /s)	VAZÃO DE PICO (m <sup>3</sup> /s)	VERTIMENTO MÁXIMO (m <sup>3</sup> /s)
1985	287	473	300
1987	185	373	120
1988	202	346	60
1990	250	322	20
1992	376	691	240
1994	157	449	100
1996	262	409	160
2000	283	324	78,5

Ao longo do tempo, tem-se buscado a solução desse problema, de forma integrada, envolvendo os principais atores interessados, ou seja, o Estado do Rio de Janeiro, por intermédio da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), a Prefeitura de Barra do Piraí, a Light e a Cia. Industrial Papel Pirahy (CIPP), situada a jusante da Barragem de Santana, no distrito de Santanésia, empresa que registra um histórico de paralisações de seu parque industrial por inundações. Entretanto, essas iniciativas têm fracassado, indicando o quanto é importante a existência de um comitê de bacia hidrográfica, como o CEIVAP, com atribuições legais que permitam a solução compartilhada dos problemas existentes entre os vários usuários da bacia, cujos objetivos são diferenciados.

Os instrumentos previstos tanto na Política Estadual de Recursos Hídricos como na Política Nacional reúnem as condições para a solução desse conflito. Nesse sentido, destaca-se a cobrança pelo uso das águas transpostas dos rios Paraíba do Sul e Piraí como o instrumento capaz de gerar os recursos necessários para implementar as ações estruturais que possam contribuir para apaziguar essa questão.

### **3.4.2.7 Integração com o Sistema de Abastecimento de Água**

A partir das intervenções realizadas pelo setor elétrico no ribeirão das Lajes e no rio Paraíba do Sul, as quais foram idealizadas, exclusivamente, com o objetivo de geração de energia elétrica, o setor de abastecimento de água, assim como os demais usuários da RMRJ, beneficiaram-se enormemente, dado que não participaram dos investimentos.

O sistema de abastecimento de água da CEDAE na bacia do rio Guandu é constituído, hoje, por duas captações distintas; futuramente, outras duas, em fase de solicitação de outorga, serão implantadas no reservatório de ribeirão das Lajes, em Piraí, e no rio Santana, em Miguel Pereira. A primeira é uma derivação do ribeirão das Lajes a jusante do reservatório de Lajes. Entre os anos 1937 e 1949 foram construídas duas adutoras que captam água imediatamente a jusante da usina hidrelétrica de Fontes Velha ou de Fontes Nova, a calha da CEDAE. As duas adutoras percorrem um trajeto de aproximadamente 70 km até o reservatório do Pedregulho, no bairro de São Cristóvão, cidade do Rio de Janeiro. Nesse percurso existem derivações para atender aos municípios de Itaguaí e Paracambi. Essas águas, que têm origem no reservatório de Lajes, são de muito boa qualidade, embora não passem por uma estação de tratamento de água convencional. Recebem, apenas, tratamento de desinfecção por meio de lançamento de cloro e flúor a montante da saída para Paracambi. Essas

adutoras têm capacidade máxima de 5,5 m<sup>3</sup>/s e geralmente são referidas como Adutoras de Lajes. Vale lembrar que a demanda futura desse manancial, prevista no Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, é de 18 m<sup>3</sup>/s (CEDAE, 1985).

A segunda captação ocorre no rio Guandu (denominação dada ao ribeirão das Lajes a partir da junção com o rio Santana), na ETA Guandu, localizada na antiga estrada Rio-São Paulo, no município de Nova Iguaçu. Sua implantação teve início em 1958 a partir da oferta de água doce propiciada pela restituição ao rio Guandu das águas desviadas dos rios Pirai e Paraíba do Sul para geração de energia elétrica nas usinas do Complexo de Lajes. A forma atual do que é conhecido como ETA Guandu ganhou seus contornos finais em 1967. Em 1994 houve uma expansão significativa dessa ETA. Hoje, a produção da ETA Guandu é de 44 m<sup>3</sup>/s, com capacidade para tratar até 47 m<sup>3</sup>/s, havendo previsão de expansão futura para 80 m<sup>3</sup>/s.

A diferença entre as duas captações é que a primeira constitui uma fonte privilegiada em termos de qualidade e, conseqüentemente, baixo custo de tratamento. Já a ETA Guandu capta uma vazão resultante da mistura das defluências do ribeirão das Lajes e de alguns afluentes do rio Guandu com as águas desviadas da bacia do rio Paraíba do Sul. As águas desse rio e de alguns afluentes do Guandu são sabidamente de má qualidade, o que implica tratamento oneroso na ETA Guandu, da ordem de R\$ 20 milhões/ano.

O interesse estratégico do Estado do Rio de Janeiro ao prever, no Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMRJ (CEDAE, 1985), a ampliação da vazão da “calha CEDAE” de 5,5 m<sup>3</sup>/s para 18 m<sup>3</sup>/s, é assegurar o suprimento de água do reservatório de Ribeirão das Lajes. É evidente a existência de um potencial conflito pelo uso da água desse manancial, pois essa ampliação implica a redução da vazão firme e da correspondente geração das usinas hidrelétricas de Fontes e Pereira Passos.

Entretanto, tal objetivo não foi contemplado adequadamente no Edital de Privatização, apesar de o Ofício GG Nº 55/96 do governador do Estado à época, encaminhado ao presidente da Light, ter solicitado a previsão dessa medida no referido edital com a seguinte redação: “Comprometer-se com as ampliações de água tanto no Sistema Ribeirão das Lajes como no Sistema do Rio Guandu para a CEDAE, e, ainda, para os demais usuários do rio.”

Com efeito, o Contrato de Concessão da Light, na cláusula quinta - Encargos da Concessionária - teve a seguinte redação:

Além de outras obrigações decorrentes da Lei e das normas regulamentares específicas, constituem encargos da CONCESSIONÁRIA, inerentes à prestação dos serviços públicos outorgados por este Contrato:

Quarta Subcláusula - Na operação dos aproveitamentos hidrelétricos que utilizam as águas dos rios Paraíba do Sul e Pirai, bem como do ribeirão das Lajes, a CONCESSIONÁRIA deverá observar as seguintes restrições:

I - manter a vazão do rio Paraíba do Sul, a jusante da Barragem de Santa Cecília, dentro dos limites fixados pelo Poder Concedente, observadas as normas específicas, de forma a minimizar os eventuais impactos ambientais;

II - manter a vazão a jusante da Usina Hidrelétrica Pereira Passos em valores compatíveis com as necessidades de captação de água do Sistema Guandu, para abastecimento público;

III - manter a descarga de água requerida pela CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, para abastecimento público, a partir da Usina Hidrelétrica Lajes, compreendendo todas as suas instalações (Usinas de Fontes Velha e Fontes Nova), zelando pela preservação ambiental e pelo atual nível de qualidade da água do reservatório de Lajes;

IV - operar seus reservatórios de modo a minimizar seus efeitos adversos das cheias do Rio Piraí, a jusante da Barragem de Santana.

Quinta Subcláusula - Garantir o acesso e o trabalho de empregados da empresa responsável pela operação e manutenção dos sistemas de captação e adução de água destinado ao abastecimento público, localizados em áreas de propriedade da CONCESSIONÁRIA.

Sexta Subcláusula - Participar, mediante a autorização do PODER CONCEDENTE, de empreendimentos associados ao controle de cheias do Rio Piraí e ao uso múltiplo das águas do sistema Ribeirão das Lajes e do Rio Piraí.

O texto é sujeito a interpretações distintas. As expressões “manter a descarga de água requerida pela CEDAE” e “manter a vazão a jusante da Usina Hidrelétrica Pereira Passos em valores compatíveis com as necessidades de captação de água do Sistema Guandu” podem ser entendidas como garantia de suprimento de água sob o atual requisito de 5,5 m<sup>3</sup>/s (calha da CEDAE) e 44 m<sup>3</sup>/s (ETA Guandu) ou de uma garantia ampla, independentemente do requisito futuro para fins de consumo humano.

Nesse sentido, resta ao Estado do Rio de Janeiro, quando o problema realmente ocorrer, a crença na prioridade legal e inquestionável de que, em condições de escassez, a utilização da água para o consumo humano será, de fato, prioritária. Vale ressaltar, no entanto, que as ampliações implicam construir algumas obras de vulto, que exigem planejamento para serem realizadas em tempo hábil.

Ainda que sejam muito conhecidos os problemas de qualidade da água do Paraíba do Sul, o problema da quantidade tem passado despercebido para a maioria da população da RMRJ. Ao contrário de algumas metrópoles brasileiras, é muito raro no Rio de Janeiro o racionamento de água. Em condições normais, a vazão média anual do rio Guandu é de 166 m<sup>3</sup>/s. Uma vez que todos os anos, durante um período de dois meses, as bombas das usinas elevatórias de Santa Cecília e Vigário passam por serviços rotineiros de manutenção, o bombeamento em Santa Cecília é reduzido para 130 m<sup>3</sup>/s. Em intervalo anual, isso implica que a vazão média desviada do rio Paraíba do Sul é de 155 m<sup>3</sup>/s, mas, como o reservatório de Lajes libera, em média, uma descarga de 16,5 m<sup>3</sup>/s para geração na usina hidrelétrica de Fontes Nova, dos quais se reduzem os 5,5 m<sup>3</sup>/s da captação da calha da CEDAE, fornecendo, portanto, 11 m<sup>3</sup>/s adicionais, o que propicia uma vazão disponível para o rio Guandu de 166 m<sup>3</sup>/s.

Entretanto, a Portaria DNAEE nº 022, de 14.02.1977, estabeleceu que o bombeamento mínimo em Santa Cecília era de 100 m<sup>3</sup>/s. Posteriormente, baseando-se no Decreto nº 81.436/78, a Resolução GCOI nº RS-SE-791/81 alterou o valor de 100 m<sup>3</sup>/s para 119 m<sup>3</sup>/s. Assim, em condições hidrológicas e operacionais desfavoráveis, a disponibilidade mínima de água para o rio Guandu é de,

aproximadamente, 130 m<sup>3</sup>/s, uma vez que aos 119 m<sup>3</sup>/s oriundos do Paraíba do Sul somam-se os 11 m<sup>3</sup>/s do reservatório de Lajes.

Assim, a disponibilidade hídrica mínima garantida pela operação do Complexo Hidrelétrico de Lajes, para efeito de concessão de outorga aos usuários localizados no ribeirão das Lajes, no rio Guandu e no canal de São Francisco, a jusante da usina hidrelétrica Pereira Passos, é de 130 m<sup>3</sup>/s (LIGHT, 2001).

Cumprе salientar que se beneficiam desse esquema engenhoso de geração de energia elétrica, além da Light e da CEDAE, diversos usuários localizados na bacia do rio Guandu, tais como indústrias de bebidas, siderúrgicas e usinas termelétricas, entre outros.

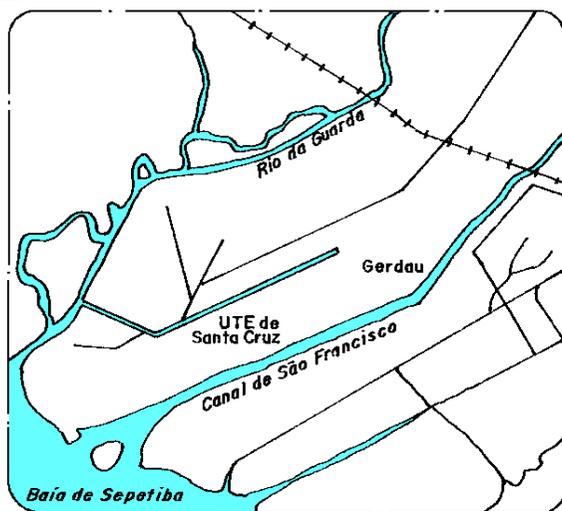
#### **3.4.2.8 Beneficiários das Transposições da Bacia do Paraíba do Sul**

A Light é a detentora da autorização legal ou da outorga para a retirada de 160 m<sup>3</sup>/s do rio Paraíba do Sul, em Santa Cecília, e para a utilização do ribeirão Vigário e do rio Pirai. A vazão total outorgada, estimada em 180 m<sup>3</sup>/s, é disponibilizada para ser transposta para a vertente atlântica da serra do Mar, viabilizando a geração de energia elétrica no Complexo Hidrelétrico de Lajes e criando uma oferta hídrica relevante na bacia do rio Guandu.

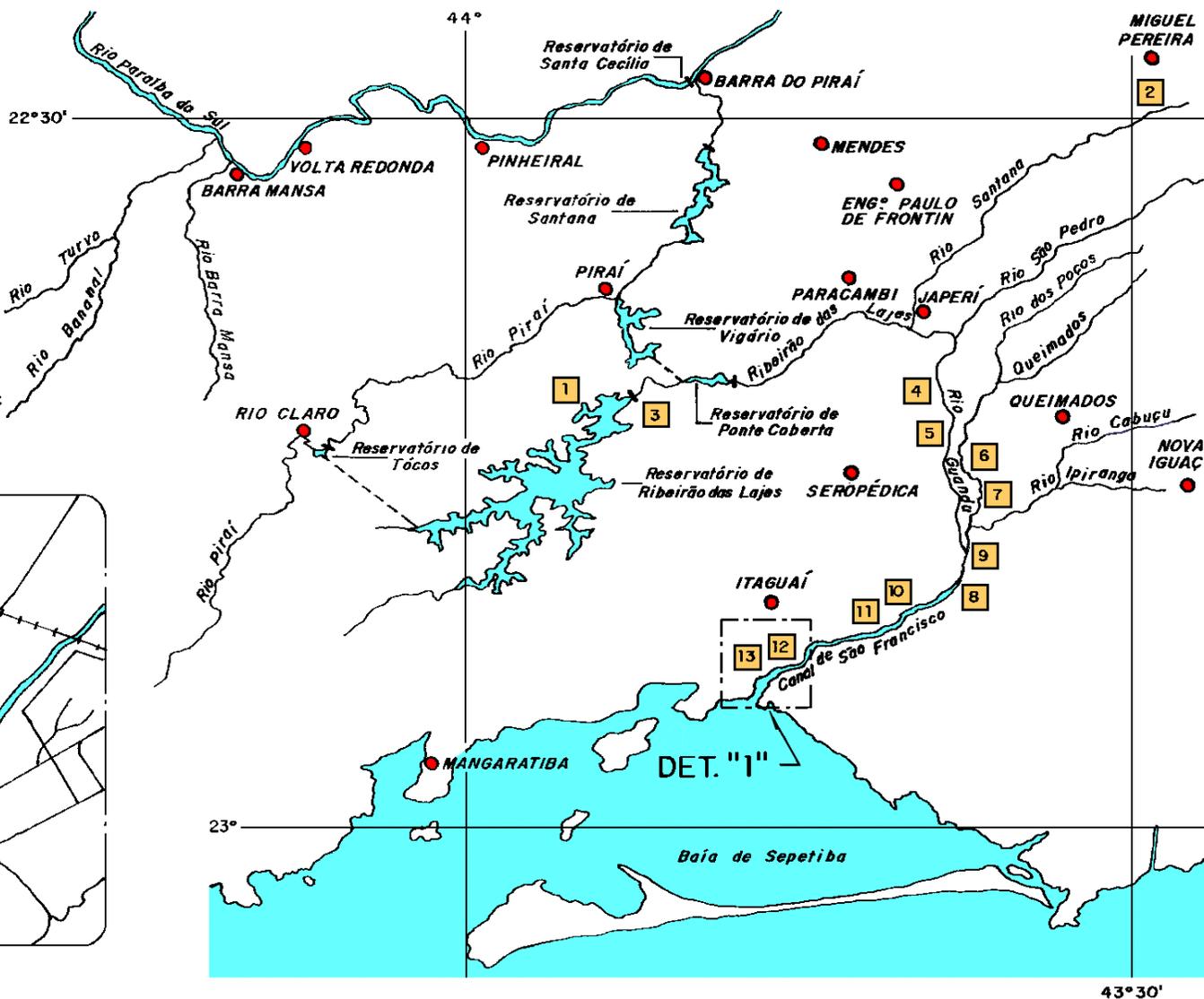
Outros usuários, contudo, beneficiam-se das transposições das águas da bacia do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu, sem, no entanto, terem participado nos custos correspondentes. A [figura 3.4.8](#) mostra a localização desses usuários. Na [tabela 3.4.9](#) são apresentados os mesmos usuários e informações fornecidos pela SERLA, que discriminam os mananciais utilizados e as demandas de água atuais e futuras, bem como a situação dos pedidos de outorga.

**USUÁRIO DE ÁGUA BRUTA**

- 1 CEDAE – RES. RIBEIRÃO DAS LAJES
- 2 CEDAE – MIGUEL PEREIRA
- 3 CEDAE – ADUTORA DE LAJES
- 4 ELETROBOLT
- 5 RIOGEN – ENRON
- 6 BAESA PARTICIPAÇÕES LTDA.
- 7 CERVEJARIA KAISER RIO LTDA.
- 8 CIA. CERVEJARIA BRAHMA
- 9 CEDAE – ETA GUANDU
- 10 INEPAR ENERGIA S.A.
- 11 FÁBRICA CARIÓICA DE CATALISADORES – FCC
- 12 GERDAU
- 13 UTE DE SANTA CRUZ



**DETALHE "1"**



**Figura 3.4.8 – Localização dos Usuários de Água Bruta na Bacia do Rio Guandu / Canal de São Francisco**

Fonte: LABHID da COPPE

**Tabela 3.4.9 - Demanda de Água - Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco**

USUÁRIO	MANANCIAL	DEMANDA (m <sup>3</sup> /s)		OUTORGA
		ATUAL	FUTURA	
CEDAE – Pirai	Reserv. de Ribeirão das Lajes	0,350	0,350	Em análise
CEDAE – Miguel Pereira	Rio Santana	0,100	0,100	Em análise
CEDAE – “Calha da CEDAE”	Ribeirão das Lajes	5,500	5,500	Sem pedido
Eletrobolt	Rio Guandu	0,083	0,083	Em análise
Riogen – Enron	Rio Guandu	0,333	0,333	2001/2011
Baesa	Rio Guandu	0,050	0,050	1996/2006
Cervejaria Kaiser	Rio Guandu	0,200	0,200	1997/2007
Cervejaria Brahma	Rio Guandu	0,600	0,600	1996/2006
CEDAE - ETA Guandu	Rio Guandu	45,000	80,000	Em análise
Inepar Energia	Canal de São Francisco	1,400	1,400	Em análise
Fáb. Carioca de Catalisadores (FCC)	Canal de São Francisco	0,060	0,060	1998/2003
Gerdau	Canal de São Francisco	3,472	3,472	Renovação
UTE de Santa Cruz	Canal de São Francisco	32,000	32,000	Em análise
<b>TOTAL</b>		<b>89,148</b>	<b>124,148</b>	

É oportuno ressaltar que a vazão de 5,50 m<sup>3</sup>/s da CEDAE, referente à captação a jusante da usina de Fontes Nova, calha da CEDAE, corresponde, aproximadamente, à vazão natural do ribeirão das Lajes regularizada pelo reservatório de Lajes (SERLA, 2000; CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP, 1998; LIGHT, 2001). Além disso, cumpre mencionar que a captação da CEDAE de 0,100 m<sup>3</sup>/s em Miguel Pereira, no rio Santana, um dos formadores do rio Guandu, não é proporcionada pelo esquema dessas transposições, assim como os 5,5 m<sup>3</sup>/s da “calha da CEDAE” e outras utilizadas por diversos usuários situados em afluentes do rio Guandu.

A vazão mínima garantida pela operação do Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul no rio Guandu, como foi destacado anteriormente, é de 130 m<sup>3</sup>/s (LIGHT, 2001), sob a condição de não-ocorrência de chuvas e desprezadas as pequenas contribuições dos afluentes do Guandu.

Observando os valores das vazões outorgadas, apresentadas na [tabela 3.4.10](#), e levando em conta o corpo hídrico de lançamento, conclui-se que essa vazão não será suficiente para atender às outorgas solicitadas pelos usuários da região, tendo em vista a necessidade de manter-se uma vazão estimada em 60 m<sup>3</sup>/s (HIDROESB, 1974; LARSEN, 1977; CEDAE, 1985; VIEIRA, 1997) para conter a penetração da cunha salina pela foz do canal de São Francisco na baía de Sepetiba.

A impossibilidade de conceder as outorgas solicitadas deve-se ao fato de a Gerdau, antiga COSIGUA e, principalmente, a UTE de Santa Cruz restituírem a maior parte da vazão outorgada, de 35,472 m<sup>3</sup>/s, ao rio da Guarda, situado fora da bacia do canal de São Francisco, caracterizando significativo uso consuntivo e, portanto, não contribuindo para a vazão necessária à contenção da intrusão salina.

Logo, há um déficit de aproximadamente 12,128 m<sup>3</sup>/s em relação à disponibilidade hídrica mínima atual. Evidentemente, essas outorgas não poderão ser concedidas sob tais condições.

Os empreendimentos já instalados há alguns anos na bacia do rio Guandu certamente não devem estar usando a totalidade da vazão solicitada para outorga ou então estão correndo risco, provavelmente se beneficiando de períodos de disponibilidades hídricas superiores às mínimas garantidas pela operação do Complexo Hidrelétrico de Lajes.

**Tabela 3.4.10 - Vazões Outorgadas e Corpos Hídricos de Lançamento na Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco**

USUÁRIO	VAZÃO (m <sup>3</sup> /s)			CORPO HÍDRICO DE LANÇAMENTO
	OUTORGADA <sup>1</sup>	CONSUMIDA	RESTITUÍDA	
CEDAE - Reserv. de Ribeirão das Lajes	0,350	0,350	-	-
CEDAE - Miguel Pereira	0,100	0,100	-	-
CEDAE – “Calha da CEDAE”	5,500	5,500	-	-
Eletrobolt	0,083	0,0747 <sup>1</sup>	0,0083 <sup>1</sup>	Rio Guandu
Riogen – Enron	0,333	0,250 <sup>1</sup>	0,083 <sup>1</sup>	Rio Guandu
Baesa	0,050	0,010 <sup>2</sup>	0,040 <sup>2</sup>	Rio Guandu
Cervejaria Kaiser	0,200	0,040 <sup>2</sup>	0,160 <sup>2</sup>	Rio Guandu
Cervejaria Brahma	0,600	0,120 <sup>2</sup>	0,480 <sup>2</sup>	Rio Guandu
CEDAE - ETA Guandu	45,000	45,000	-	Rio Guandu
Inepar Energia	1,400	0,800 <sup>1</sup>	0,600 <sup>1</sup>	Canal de São Francisco
Fábrica Carioca de Catalisadores (FCC)	0,060	0,012 <sup>2</sup>	0,048 <sup>2</sup>	Canal de São Francisco
Gerdau	3,472	0,6944 <sup>2</sup>	2,7776 <sup>2</sup>	Rio da Guarda
UTE de Santa Cruz	32,000	0,050 <sup>3</sup>	31,950 <sup>3</sup>	Rio da Guarda
<b>TOTAL</b>	<b>89,148</b>	<b>53,0011</b>	<b>36,1469</b>	

<sup>1</sup> Valores extraídos dos certificados ou das solicitações de outorga existentes na SERLA.

<sup>2</sup> Valores estimados, vazão consumida igual a 20% da captada, critério de CRH/CORHI (1997).

<sup>3</sup> Valores obtidos do CONSÓRCIO ETEP-ECOLOGUS-SM GROUP (1998).

Entretanto, considerando a hipótese de que, pelo menos, a UTE de Santa Cruz restitua a vazão efluente de 31,950 m<sup>3</sup>/s ao canal de São Francisco, e não ao rio da Guarda, poderá haver uma folga de cerca de 19,82 m<sup>3</sup>/s na disponibilidade hídrica atual, não suficiente, porém, para atender à totalidade da demanda futura da CEDAE-ETA Guandu.

O atendimento da restrição de vazão mínima na foz para contenção da cunha salina é fundamental para os empreendimentos situados no canal de São Francisco, tais como UTE de Santa Cruz, Gerdau, Fábrica Carioca de Catalisadores (FCC) e Inepar Energia, uma vez que viabiliza a concessão das outorgas solicitadas nessa área.

Merece destaque o valor significativo da demanda hídrica para a UTE de Santa Cruz; seu sistema de refrigeração talvez deva ser modernizado para adequar-se aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e, em particular, à cobrança pelo uso da água, uma vez que uma demanda significativa como a dessa usina poderá implicar cobranças expressivas.

## 3.5 Outros Usos

### 3.5.1 Introdução

Este tópico trata dos outros usos da água, tais como a aquicultura e os não consuntivos da recreação, da navegação e da preservação. Na organização deste trabalho, da mesma forma como no tópico anterior, buscou-se obter informações junto a diversas entidades. No entanto, também houve poucas respostas. A etapa seguinte do trabalho consistiu em reunir todas as informações disponíveis nos relatórios do PQA dos três Estados envolvidos, no projeto da Cooperação França-Brasil e no Plano de Recursos Hídricos das Bacias do Paraíba do Sul e da Serra da Mantiqueira (CBH-PSM) e complementá-las com as poucas informações obtidas das entidades consultadas.

### 3.5.2 Usos e Demandas Hídricas

#### Usos consuntivos

Os usos consuntivos são aqueles em que não há devolução da água retirada dos corpos hídricos. O uso consuntivo tratado neste tópico diz respeito à aquicultura.

Apesar de devolver quase toda a água retirada dos mananciais, a aquicultura foi classificada como consuntiva devido ao consumo de pequena parcela de água na evaporação e infiltração. Essa atividade vem crescendo a passos largos ao longo da bacia. Exemplo disso é a criação de trutas, que teve início na serra da Bocaina e atualmente se encontra difundida em várias regiões próximas às nascentes dos rios.

A atividade da aquicultura pode utilizar a água sob três formas distintas. A primeira delas é o uso sem derivação de água, o que ocorre quando a atividade é realizada dentro do próprio corpo de água. Nesse caso caberia uma outorga semelhante à de captação, visando reservar a quantidade de água necessária para exercer a atividade. No entanto, esse tipo de uso dificilmente poderá ser estimado na bacia do rio Paraíba do Sul em face da dificuldade de se conhecerem todos os usuários e determinar a necessidade individual de cada um.

A segunda forma é aquela em que há derivação de água do corpo hídrico. Incluem-se neste caso os estabelecimentos de criação de peixes, rãs, camarões, etc. em tanques ou qualquer outra estrutura de armazenamento de água. Nesse caso, quase toda a água retirada retorna ao corpo hídrico. Estima-se<sup>1</sup> que a parte que não retorna esteja entre 5% e 10% do total captado e seja consumida na evaporação ou percolação profunda. Para estimar essas vazões captadas e consumidas seria necessário conhecer as áreas dos tanques ou áreas inundadas e as vazões específicas utilizadas. Com relação às vazões específicas, estima-se<sup>1</sup> que estejam entre 5-10 l/s/ha de área inundada. No entanto, com relação às áreas inundadas, não há dados disponíveis.

Por outro lado, no Censo Agropecuário do IBGE 1995/96 são fornecidas as áreas totais dos estabelecimentos de pesca e aquicultura. Na [Tabela 3.5.1](#) essas áreas são apresentadas por trecho estadual da bacia.

---

<sup>1</sup> Segundo técnicos do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas).

**Tabela 3.5.1 – Áreas dos Estabelecimentos de Pesca e Aqüicultura por Trecho Estadual na Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Trecho	Área (ha)
Mineiro	2963
Fluminense	2532
Paulista	1176
<b>Total</b>	<b>6671</b>

*Fonte: Censo Agropecuário do IBGE de 1995/96.*

Se existisse e fosse conhecida a correlação entre a área total do estabelecimento e a área inundada, seria possível estimar a demanda hídrica da aqüicultura na bacia. Já existem algumas outorgas para aqüicultura na bacia, porém são pouco expressivas para se tentar estabelecer essa correlação. No futuro, ante o aumento do número de outorgas, talvez seja possível estabelecer a correlação e, dessa forma, estimar as demandas hídricas dessa atividade na bacia do rio Paraíba do Sul.

A terceira forma de utilização de água das atividades de pesca e aqüicultura é pela diluição de efluentes. Nessas atividades são utilizados, muitas vezes, insumos como antibióticos para aumentar a produtividade dos viveiros. Quando a água dos tanques retorna ao corpo hídrico, ela carrega esses insumos. No entanto, assim como a poluição difusa, esse tipo de lançamento é de difícil quantificação diante dos dados atualmente disponíveis na bacia. Espera-se que, com o avanço do processo de gestão de recursos hídricos, sejam criados mecanismos de obtenção desses dados que possibilitem realizar estimativas desse tipo de uso da água.

### Usos não-consuntivos

Os usos não-consuntivos são aqueles em que há retorno de toda a água retirada dos corpos hídricos ou aqueles em que não haja retirada alguma do corpo hídrico. São exemplos desse tipo de uso a recreação, a navegação, a pesca e a preservação.

O uso da água para recreação ocorre principalmente nas regiões serranas, nas nascentes de diversos cursos de água, onde se localizam cachoeiras e a prática de canoagem é bastante difundida. Além disso, uma nova modalidade de esporte, o *rafting*, vem sendo praticada no rio Paraíba, entre o município de Levy Gasparian e a confluência com o rio Paraíba do Sul no município de Três Rios.

O uso da água para recreação é bastante disseminado na bacia do rio Paraíba, constituindo-se para alguns municípios, como aqueles situados na sub-bacia do rio Preto, no principal atrativo turístico, com visitantes vindo até mesmo de outros Estados. Foram identificados em toda a bacia do rio Paraíba 83 pontos de recreação, sendo a maioria localizada na bacia do rio Preto. No entanto, as prefeituras locais não manejam de forma adequada essas áreas, seja do ponto de vista de divulgação e implantação de infra-estrutura de apoio, seja pela conservação e proteção.

Poder-se-ia pensar em uma reserva hídrica para garantir vazões mínimas necessárias à realização das atividades de recreação. Porém, em geral, esses usos ocorrem apenas em pontos específicos da bacia e em pequena quantidade, de modo que essas vazões seriam tão baixas que não iriam influenciar o balanço hídrico. Essa atividade, por isso, não foi objeto de estimativa de demandas hídricas.

Com relação à navegação, a bacia do rio Paraíba do Sul não apresenta boas condições de navegabilidade nem registra tradição no transporte fluvial. Na segunda metade do século passado foi criada uma linha de vapores que percorria o trecho entre Caçapava e Cachoeira Paulista. No entanto, diante da construção da ferrovia e, posteriormente, da Rodovia Presidente Dutra, que corre paralela ao rio, a navegação tornou-se desnecessária e praticamente desapareceu.

Dentre os estudos realizados sobre navegação na bacia destacam-se o boletim geográfico do IBGE (1965), os estudos da Portobras (1978) e (1980) e o trabalho desenvolvido por COSTA (1994).

No boletim do IBGE (1965) foram identificados trechos navegáveis no rio Paraíba do Sul entre a foz e São Fidélis, entre Barra do Pirai e Resende e entre Cachoeira Paulista e Jacareí.

No trabalho desenvolvido por COSTA (1994), há referência às obras de regularização realizadas no período de 1943 a 1958 e destinadas a melhorar a navegabilidade do Paraíba. Ressalta o trabalho que o rio sofreu acentuado processo de assoreamento e formação de ilhas, em curto período de tempo, após a construção das obras de auxílio à navegação (18 espigões e 4 guia-correntes).

Cessada a navegação de cabotagem ao final da década de 1970, a embocadura do Paraíba ficou obstruída devido à interrupção dos serviços de dragagem.

No estudo da Portobras de 1978, denominado “A Rede Hidroviária Brasileira”, foram indicados os seguintes trechos navegáveis:

- da foz a São Fidélis, com 90 km de extensão e profundidade mínima de 2,80 m em 90% do ano;
- Cachoeira Paulista a Caçapava, com 130 km de extensão, sendo navegável apenas na época de cheias (dezembro a abril);
- rio Muriaé, da foz até Cachoeira Machado, em um trecho de 46 km e profundidade mínima de 2 m em 90% do ano;
- rio Pomba, da foz até Santo Antônio de Pádua, com 15 km de extensão e profundidade mínima de 0,80 m em 90% do ano;
- rio Paraibuna, de Juiz de Fora até Benfica, com 30 km de extensão na época de cheias (dezembro a abril).

Observa-se uma redução dos trechos navegáveis entre a publicação do IBGE (1965) e a da Portobras (1978), provavelmente devido a processos de assoreamento.

O estudo da Portobras (1980), considerado o último estudo mais atual sobre navegação na bacia, resultou nas propostas de projeto, descritas a seguir, que, contudo, nunca foram implementadas:

- trecho entre Guararema e Barra do Pirai, com 435 km, exige, para ser navegável, a construção de 10 barragens, uma escada de 3 eclusas na barragem de Funil e de 2 canais (Funil e Santa Cecília), com 16 km cada um;

- trecho de Barra do Piraí a São João da Barra, na foz do Paraíba, com extensão de 357 km, exige a construção de 18 eclusas, em 13 barragens e 24 canais, com um total de 67 km de extensão;
- para viabilizar a interligação Paraíba/Tietê, a opção é a ligação Guararema/Mogi das Cruzes, onde deveriam ser construídas 5 barragens com eclusas e 1 túnel-canal.

O uso da água para navegação se dá na necessidade de garantir uma cota mínima do nível de água que atenda ao calado das embarcações que trafeguem pelo corpo hídrico. Essa cota mínima corresponde a certa vazão em cada trecho do rio e a outorga dessa vazão seria semelhante a uma outorga de captação, visto que ambas são uma garantia de reserva hídrica. No entanto, como foi afirmado, a bacia do rio Paraíba do Sul não apresenta boas condições de navegabilidade nem registra tradição no transporte fluvial e, por isso, esse tipo de uso também não foi objeto de estimativa de demanda hídrica neste trabalho.

Em relação à pesca, há prática dessa atividade em toda a bacia, porém, a pesca comercial, é mais desenvolvida no baixo curso do rio Paraíba do Sul, onde se estende uma vasta planície com vários ambientes lacustres, restingas e manguezais, apresentando maior biodiversidade, baixo endemismo e grande proporção de espécies que possuem valor comercial. Nessa região são registradas 169 espécies de peixes. Existe uma presença expressiva de “pesque-pague”, sendo baixa a diversidade de espécies criadas, constando especialmente do pacu, tilápia, carpa, tambaqui, tambacu, bagre-africano e tucunaré. Com relação à extinção de espécies, ocorre em cinco setores: rio Paraíba do Sul, entre Resende e Volta Redonda; rio Paraibuna, a jusante de Juiz de Fora; rio Piabanha, até a confluência com o rio Preto; rio Muriaé, na cidade de Muriaé; e rio Grande, entre Conselheiro Paulino e Bom Jardim. O processo de extinção ocorre devido aos lançamentos de esgotos domésticos e industriais. Os pescadores do trecho fluminense da bacia organizaram-se em cinco colônias: Z-1 (Guaxindiba), Z-2 (Atafona), Z-19 (Farol de São Tomé), Z-20 (Itaperuna) e Z-21 (São Fidélis). Essas associações foram gradualmente desfeitas, restando apenas as colônias Z-1 e Z-2.

A bacia como um todo apresentava alta piscosidade no passado, sendo as pescas profissional, de subsistência e amadora bastante exploradas. No entanto, a degradação ambiental motivada pela poluição tóxica e orgânica e, principalmente, por materiais suspensos, reduziu significativamente a atividade. Além disso, as barragens construídas na bacia não apresentam escadas para peixes, o que impede as várias espécies de subirem os rios para a desova, facilitando, também, a atuação de pescadores profissionais a jusante das represas na época da piracema. Peixes como o surubim e a piabanha que, há pouco mais de vinte anos, ocorriam em abundância, hoje praticamente não existem mais. O dourado e a traíra estão sendo reduzidos cada vez mais.

Na sub-bacia do rio Paraibuna, mesmo com a deterioração da qualidade das águas, a pesca é ainda bastante utilizada como recreação e alimentação pelas populações ribeirinhas e visitantes, em vários pontos dispersos. A prática foi identificada nos seguintes cursos de água:

- sub-bacia do rio do Peixe: rio Rosa Gomes, córrego Sossego, rio Grão-Mogol e rio Vermelho;
- sub-bacia do rio Preto: rio Bananal, ribeirão da Jacutinga e ribeirão Pirapetinga;

- sub-bacia do rio Cágado: córrego Três Morros/São Manuel, ribeirão São João e ribeirão Caguincho;
- rio do Peixe em sua confluência com o rio Paraibuna, no povoado de Cotejipe;
- rio Preto, a jusante da Cachoeira do Espriado, no local denominado Espriado;
- rio Preto, na confluência com o rio Paraibuna;
- rio Cágado, próximo à confluência com o rio Paraibuna, perto do povoado de Ericeira;
- rio Paraibuna, próximo à confluência com o rio Paraíba do Sul.

A manutenção da qualidade dos ecossistemas terrestres é, sem dúvida, uma das principais metas a serem atingidas no gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Para se atingir esta meta, deve-se investir em algumas iniciativas, como por exemplo, a criação e manutenção de áreas de proteção de mananciais, visando garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade para atender aos usos atuais e futuros.

Deve-se também incentivar o reflorestamento, com medidas compensatórias para o empreendedor, pois este têm efeito não só sobre a recuperação de áreas degradadas, mas também sobre a regularização das vazões. O tema Floresta vs. Produção de Água deve ser objeto de estudo junto às instituições de pesquisa que investigam a bacia.

## 4. Conflitos pelo uso da água

### 4.1 Introdução

As situações de conflito pelo uso da água não são recentes no País; ao contrário, vêm-se agravando ao longo do tempo em diversas regiões brasileiras. Na medida em que aumentam as áreas irrigadas e as concentrações urbanas e intensifica-se o uso industrial, colocam-se em conflito diferentes formas de utilização dos recursos hídricos.

O conflito não é situação excepcional nas sociedades democráticas, e, em geral, é a partir de situações de conflito que surgem avanços no processo democrático e uma melhor distribuição da riqueza material. Em grande parte, os conflitos decorrem da forma desigual como, na sociedade de mercado, se dá a distribuição do produto social entre as diferentes classes, grupos, setores, ou até mesmo regiões.

Segundo HIRSCHMAN (1996), os conflitos típicos das sociedades de mercado pluralistas possuem as seguintes características: 1) ocorrem com considerável frequência e assumem uma grande variedade de formas; 2) são predominantemente do tipo divisível e, portanto, prestam-se a soluções conciliatórias e à arte de negociação; e, 3) como resultado dessas duas características, as soluções conciliatórias obtidas jamais dão margem à idéia ou ilusão de que elas representam soluções definitivas.

Em relação à água, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) traz várias mudanças quanto à gestão de um bem público, dentre as quais se destaca a descentralização da gestão, que sai da esfera exclusivamente governamental para uma instância mista, compartilhada com atores privados, na nova arena política constituída pelos comitês de bacia hidrográfica. Essa nova realidade político-institucional será de fato um avanço se for capaz de reconhecer as situações de conflito como parte do jogo democrático. Aliás, a própria aprovação da Lei 9.433/97 já demonstra alterações na correlação de forças em relação à arena tradicional, que ocorria no âmbito do Poder Executivo.

No entanto, a simples existência de um comitê não implica solução às situações de conflito nem assegura que haja maior equidade na utilização de bens públicos. É necessário o desenvolvimento de mecanismos permanentes de participação e negociação no âmbito dos comitês entre os setores usuários, de modo a dirimir as situações de conflito e garantir a gestão compartilhada do bem comum. Segundo CETEC (1995), “a necessidade de criação de instâncias de participação social efetiva torna-se cada vez mais premente, na medida em que cresce a cobrança de acesso ao processo decisório por parte de grupos sociais que se acham dele alijados ou cuja participação se dá de forma assimétrica. Outro fator que tem levado à crescente necessidade de um planejamento participativo é a evolução dos valores sociais, com maior cobrança por melhores níveis de qualidade de vida. Por outro lado, não basta a simples constatação da necessidade de participação dos atores sociais; é necessário que sejam desenvolvidos mecanismos capazes de efetivá-la. Nos países que recorrem, de modo competente, à participação social, tal participação resulta de seu processo civilizatório e das conquistas sociais ao longo da História que culminaram por determinar elementos de cidadania profundamente ancorados na sociedade”.

HABERMAS (1995), discutindo as duas vertentes da democracia representativa, a Liberal e a Republicana, propõe uma terceira perspectiva, qual seja, a teoria dos

discursos e/ou política deliberativa como novo modelo normativo de democracia, estabelecendo uma nova orientação nas relações entre o Estado, o mercado e a sociedade civil.

O modelo proposto por Habermas "apóia-se precisamente nas condições de comunicação sob as quais o processo político pode ter a seu favor a presunção de gerar resultados racionais, porque nele o modo e o estilo da política deliberativa realizam-se em toda sua amplitude".

Sendo assim, a concepção habermasiana interfere tanto na concepção liberal centrada na idéia de Estado como protetor da economia de mercado, como na visão republicana entendida como uma comunidade ética voltada para vontade comum.

A teoria do discurso - dialógica - proposta por Habermas incorpora parcialmente e, ao mesmo tempo, rompe com alguns dos argumentos liberais e republicanos. Incorpora, por exemplo, a idéia republicana de dar um "lugar central ao processo político de formação da opinião e da vontade comum", sem desconsiderar o Estado de Direito. Ao mesmo tempo, reconhece que os "direitos fundamentais e os princípios do Estado de Direito são uma resposta conseqüente à questão de como institucionalizar os exigentes pressupostos comunicativos do processo democrático".

Do procedimento liberal reconhece que os limites entre o Estado e a sociedade devem ser respeitados. Contudo, considera que "sociedade civil, como a base social de espaços públicos autônomos, distingue-se tanto do sistema de ação econômica quanto da administração pública. E dessa visão de democracia segue-se normativamente a exigência de um deslocamento do centro de gravidade da relação entre os recursos representados pelo dinheiro, pelo poder administrativo e pela solidariedade, dos quais as sociedades modernas se valem para satisfazer sua necessidade de integração e regulação".

Na concepção habermasiana, a solidariedade social não deve emergir apenas das "fontes de ação comunicativa", podem desenvolver-se com base em amplos espaços públicos autônomos e em procedimentos de formação democrática de opinião e vontade políticas, institucionalizadas em termos de Estado de Direito. Deve ser capaz, com base no Direito, de afirmar-se também contra os outros dois poderes - o econômico e o poder administrativo.

Com base nessa teoria, pode-se aceitar que os comitês de bacia ou, até mesmo, outros organismos que venham ser constituídos para a gestão dos recursos hídricos tenham a função de espaços públicos autônomos, como propõe Habermas, de modo a construir um processo democrático de decisão e solução para os eventuais conflitos, inevitáveis na gestão de qualquer bem público.

## **4.2 Definição de conflito pelo uso da água**

Para poder avançar nessa direção é necessário definir em que consiste um conflito pelo uso da água.

Em primeiro lugar, cabe diferenciar a ocorrência de usos competitivos pelos recursos hídricos de conflitos entre usuários de água. A existência de comprometimento de um determinado uso do recurso hídrico por um outro uso não implica, necessariamente, conflito entre usuários. Ocorrem situações em que uma forma de uso compromete outra sem que haja disputa explícita entre os atores envolvidos. Nessas situações, há

um conflito potencial, mas não de fato. Conflitos potenciais existem em grande número nas bacias em decorrência do uso desordenado dos recursos hídricos; muitos deles, porém, não irão convergir para situações de conflito real, e suas conseqüências dependerão de uma série de fatores, dentre os quais os diferentes níveis de saída e voz<sup>1</sup> dos atores em situações de disputa pelo uso dos bens coletivos.

Em segundo lugar, é necessário diferenciar conflitos pelo uso da água de outras situações de comprometimento da qualidade ambiental. Uma situação de impacto ambiental pode ser solucionada sem que haja necessidade de acordo entre as partes envolvidas ou que uma das partes tenha que abrir mão de alguma vantagem comparativa. É o caso, por exemplo, do comprometimento generalizado da qualidade da água devido ao baixo percentual de tratamento das águas residuais de origem urbana, industrial e agrícola. A ampliação dos sistemas de tratamento não requer negociação caso a caso, mas um pacto a ser firmado para a bacia em seu conjunto, logicamente priorizando as situações mais críticas e impactantes.

Portanto, conflitos pelo uso da água pressupõem a disputa entre as partes explicitadas socialmente através de canais legais (ações na Justiça comum, ações impetradas pelo Ministério Público, etc.), institucionais (por meio de ações conduzidas por órgãos de controle ambiental e de gerenciamento de recursos hídricos) ou em fóruns sociais de negociação como comitês de bacia e associações de usuários, entre outros. Entretanto, existem situações de disputa em torno dos recursos hídricos que não apresentam uma dimensão social ou, dito de outra forma, cujo conflito está circunscrito a um número reduzido de atores, não sendo, portanto, reconhecidas socialmente como situação de conflito. A dificuldade em trabalhar situações de conflito desse tipo é que, como não têm expressão social, são necessários trabalhos exaustivos de campo para que sejam identificadas.

Neste trabalho, que versa sobre a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, serão tratados os conflitos já explicitados socialmente nas instâncias acima mencionadas, sem, no entanto, pretender apresentar todos os conflitos existentes nem esgotar as questões em disputa. O detalhamento dessas e outras situações de conflito, de importância fundamental para os órgãos gestores e colegiados de tomada de decisão, deverá ser objeto de estudos específicos, não previstos no escopo do Plano de Recursos Hídricos em questão. A intenção, aqui, é trazer para o debate o tema dos conflitos pelo uso da água, com base no entendimento de que esse é o papel central da gestão participativa dos recursos hídricos e que a arena política de negociação é o comitê de bacia.

### **4.3 Os conflitos pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul**

Embora a bacia do rio Paraíba do Sul seja uma das regiões mais estudadas do País, pouco se conhece sobre os conflitos relacionados ao uso de suas águas. As dimensões da bacia, que drena uma área de aproximadamente 57.000 km<sup>2</sup> dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, a existência de 180 municípios

---

<sup>1</sup> Originalmente, HIRSCHMAN (1996) definiu a saída e voz da seguinte forma: "a saída é pura e simplesmente o ato de partir (abandonar a situação indesejada), em geral porque se julga que um bem, serviço ou benefício melhor é fornecido por outra firma ou organização. Indiretamente, e de modo não intencional, a saída pode levar a organização que está se deteriorando a melhorar seu desempenho. A voz é o ato de reclamar ou de organizar-se para reclamar ou protestar, com a intenção de obter diretamente a recuperação da qualidade que foi prejudicada". Para o autor, a saída, quando de fácil alcance, é nociva à voz, pois esta, em comparação com aquela, é onerosa em termos de esforço e tempo. Ademais, para ser eficaz, a voz com freqüência requer a ação de grupo, ficando, portanto, sujeita a todas as conhecidas dificuldades de organização e representação e à possibilidade de oportunismo (*free riding*), concluindo que, "a presença da alternativa da saída pode (...) atrofiar o desenvolvimento da arte da voz". Desde 1970, quando Hirschman propôs esse simples e eficaz modelo de comportamento social, vem sendo amplamente utilizado para explicar inúmeras situações sociais e econômicas, dentre elas os fatos que antecederam a queda do muro de Berlim.

com acentuadas diferenças socioeconômicas e o grande número e diversidade de atividades produtivas fazem dessa bacia uma região de grande complexidade espacial, com uma multiplicidade de problemas relacionados ao uso inadequado dos recursos hídricos.

De modo geral, a solução dos conflitos requer a organização da gestão do sistema hídrico sob um enfoque coletivo, inibindo soluções individuais que impliquem danos a outros usuários. Nessa perspectiva, o CEIVAP deverá se municiar de informações detalhadas sobre os conflitos existentes para o exercício do seu papel de arena política, contribuindo para a redução das atuais externalidades provocadas pelo uso inadequado dos recursos hídricos.

Os conflitos pelo uso da água na bacia, em geral, ocorrem em decorrência de: a) formas de uso que comprometem a disponibilidade hídrica para outros usos/usuários; b) formas de uso que degradam a qualidade da água, comprometendo outros usos e a saúde pública. Na verdade, essa divisão é, principalmente, de caráter metodológico, tendo em vista que essas duas categorias de conflito dificilmente serão encontradas isoladamente nos casos concretos que surgirão. A própria Lei 9.433/97 e o Projeto de Lei 1.616, que se encontra em discussão na Câmara dos Deputados, estabelecem a indissociabilidade do binômio quantidade-qualidade ao introduzir o conceito de vazão de diluição.

No primeiro caso, os conflitos são aqueles comumente denominados conflitos por quantidade ou, dito de outra forma, são conflitos decorrentes de usos competitivos em relação a uma quantidade insuficiente de água para atender às necessidades do conjunto de usuários em determinado trecho da bacia hidrográfica. Esses conflitos podem ser permanentes ou temporários, uma vez que estão relacionados às variações do ciclo hidrológico ou, também, às diferentes formas de uso da água.

Tradicionalmente, esses conflitos são mais comuns entre formas de usos consuntivos da água, como a irrigação, e outros usos, como o abastecimento doméstico, a geração de energia elétrica, a preservação de ecossistemas e a permanência de formas tradicionais de exploração de recursos naturais. Provavelmente, essa categoria de conflito se faz presente em áreas de uso agrícola intensivo, como é o caso da Região Serrana fluminense, em alguns municípios do Vale Paulista e da região da Mata Mineira e em alguns trechos da região noroeste e da foz da bacia. Ocorre, também, em função da transposição da bacia do rio Paraíba do Sul, realizada pelo Sistema Light.

No segundo caso, os conflitos são os chamados conflitos de qualidade ou, mais precisamente, aqueles cuja causa se refere ao comprometimento da qualidade da água por um determinado uso, afetando ou até mesmo impossibilitando um outro uso qualquer, além de acarretar danos à saúde de populações submetidas ao efeito dessa poluição. Historicamente, os rios sempre foram usados para a diluição de efluentes, inicialmente domésticos e, posteriormente, provenientes de atividades industriais e da agricultura intensiva. Em bacias altamente urbanizadas e com intensa atividade industrial e agrícola, como é o caso da bacia do rio Paraíba do Sul, os problemas relacionados à poluição dos corpos hídricos são bastantes intensos e de difícil solução. Como é de se esperar, são muitos os conflitos decorrentes do alto grau de poluição que alguns trechos do rio Paraíba do Sul e seus afluentes apresentam. Por ser um problema generalizado, nem sempre é possível associar com clareza o agente responsável diretamente por determinada forma de poluição e os danos causados a um outro usuário ou à população. Os conflitos na bacia do rio Paraíba do Sul, relacionados às formas de uso que degradam a qualidade da água, comprometendo

outros usos e a saúde da população, embora mais difusos, são mais comuns do que os conflitos relacionados à primeira categoria. Isso ocorre devido às características socioeconômicas da bacia, que associa alto grau de urbanização, próximo a 90%, com elevado nível de atividade econômica. Estima-se que 10% do PIB brasileiro seja oriundo dos municípios inseridos na bacia. Como o nível de tratamento das águas residuais provenientes das áreas urbanas e atividades industriais é insignificante, isso acarreta um alto índice de contaminação por matéria orgânica, metais pesados e outros compostos tóxicos.

A seguir são descritos alguns conflitos que necessitam maior atenção do poder público e dos organismos de bacia responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

- **Conflitos entre usuários dos canais de Campos dos Goytacazes**

No passado, o rio Paraíba do Sul atravessava a área do município de Campos dos Goytacazes em cotas superiores às da região da baixada, resultando, daí, o alagamento de extensas áreas durante as cheias do Paraíba. O Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), com o objetivo de promover a drenagem das áreas de baixada inundadas, construiu um sistema de canais interligados que drena para um complexo lagunar de grande importância econômica e social, de aproximadamente 1.500 km de extensão. Ante o aumento da oferta de água houve ampliação das fronteiras agrícolas na região, e o sistema passou a ser utilizado para fins de irrigação, com a adução feita principalmente a partir do rio Paraíba do Sul. Com a extinção do DNOS em 1989, o controle e a manutenção desse complexo sistema hídrico ficaram comprometidos, o que resultou em soluções individuais de acordo com interesses imediatos, comprometendo a eficiência dos canais e agravando os conflitos pela água.

Algumas intervenções vêm sendo efetuadas pelo poder público local com o intuito de resolver, alternadamente, problemas ligados à drenagem e à escassez, na medida em que se configura uma situação emergencial. Entretanto, a complexidade do sistema exige o seu planejamento global de modo a permitir, sobretudo, a compatibilização entre as disponibilidades e demandas requeridas pela agricultura irrigada.

O atual nível de obstrução dos canais, além de impedir a adução regular de água para atendimento à irrigação, é responsável pelo mau desempenho da drenagem na ocorrência de precipitações intensas. Outro fator que contribui para as inundações é o estado precário em que se encontram as estruturas de captação dotadas de comportas, com implicações no controle do fluxo durante as cheias.

Outro problema importante ocorre nos períodos de seca, quando, devido aos baixos níveis alcançados pelo rio Paraíba, diversas captações chegam a ficar desafogadas, interrompendo temporariamente a adução de água para os canais e, conseqüentemente, comprometendo o abastecimento das propriedades rurais. A redução expressiva da oferta de água para os canais tem como conseqüência imediata o aumento do nível da poluição hídrica, já que os canais são receptores diretos do lixo e do esgoto lançados na área urbana.

Esses canais viabilizam a irrigação dos canaviais, ainda hoje a principal atividade econômica do município de Campos dos Goytacazes, e nas lagoas é extraída a maior parte do pescado consumido na região campista. O uso descoordenado dos canais por parte dos usuários e municipalidades vem sucutando as estruturas hidráulicas e aumentando os conflitos, em algumas situações violentos, que tenderão a se agravar, se não houver uma gestão eficiente e democrática do sistema como um todo.

- **Conflitos decorrentes da transposição das vazões do rio Paraíba do Sul para o Sistema Light**

No início da década de 1950, período onde, via de regra, as questões ambientais eram absolutamente irrelevantes no contexto das decisões que determinavam sobre a viabilidade da implantação de grandes obras da engenharia, foi realizado um conjunto de intervenções com a finalidade de permitir a transferência de uma expressiva parcela das águas do rio Paraíba do Sul para atendimento aos sistemas Light (produção de energia) e Guandu (abastecimento de água). Em conseqüência, ao longo dos anos seguintes, alguns focos de conflitos relacionados ao uso das águas começaram a ganhar importância ante o crescimento populacional dos centros urbanos. Dois desses focos que merecem destaque se referem às bacias dos rios Pirai e Paraíba do Sul.

### **Bacia do Rio Pirai**

Em face de sua localização, a bacia do rio Pirai é utilizada como trampolim na transposição das vazões do Paraíba do Sul, o que exigiu as seguintes intervenções e modificações no escoamento em sua calha:

- implantação da barragem de Santana, receptora direta das vazões bombeadas do Paraíba do Sul na elevatória de Santa Cecília;
- inversão do fluxo do rio Pirai no trecho entre as barragens de Santana e de Vigário, localizado em Pirai, onde é feito o segundo estágio de bombeamento para o reservatório de Vigário.

Diversos aspectos com características extremamente negativas foram originados pela implementação dessas intervenções na calha do rio Pirai.

Primeiramente, em relação ao subtrecho final do rio Pirai, com 11 km de extensão, que se desenvolve da barragem de Santana até a sua foz no rio Paraíba do Sul. O Pirai passou por grandes transformações, que vão desde um processo deflagrado de ocupação de sua calha secundária, com a construção de inúmeras moradias, até a degradação acentuada do leito principal, por onde deveriam escoar livremente as vazões de tempo seco. O leito principal encontra-se de tal forma assoreado que vazões superiores a 15 m<sup>3</sup>/s são suficientes para dar início às inundações de residências estabelecidas na calha secundária.

A responsabilidade por esse quadro caótico que se estabeleceu ao longo dos anos deve ser creditada, em grande parte, à regra de operação do reservatório de Santana. Entretanto, cabe também à Prefeitura de Barra do Pirai parcela de responsabilidade em relação à situação atual, uma vez que permitiu a ocupação desordenada da calha do rio Pirai. A defluência da barragem de Santana no período normal, segundo informações da própria Light, é de 32 m<sup>3</sup>/s durante 15 minutos, duas vezes por semana. Esse volume extremamente reduzido não cumpre o papel de vazão ecológica ou sanitária, sendo, portanto, incapaz de garantir a autolimpeza da calha no trecho de 11 km. Os esgotos domésticos ficam represados e refluem para as residências na ocorrência de vazões mais elevadas.

No período das cheias a situação é muito preocupante. Além das expressivas contribuições de seu afluente, o rio Sacra-Família, as quais, por si sós, são capazes de provocar inundações no rio Pirai, há sempre o risco iminente de operações de vertimento na barragem de Santana devido a cheias no trecho de montante da bacia

do Pirai. No histórico da operação da barragem, existem registros de defluências superiores a 300 m<sup>3</sup>/s que hoje, certamente, caracterizariam uma situação de calamidade pública na bacia.

A recuperação ambiental desse trecho do rio Pirai transcende em muito a necessidade de implantação de uma geometria adequada que atenda a determinada cheia de projeto. Exige, dentre outras ações, a retirada de diversas moradias estabelecidas em áreas de risco, a regeneração de encostas degradadas pela erosão e, sobretudo, a modificação dos atuais critérios de defluência diária da barragem de Santana. Somente com a permanência de uma vazão mínima constante para jusante teria sido possível evitar o processo de degradação e o nível de insalubridade hoje observados na calha.

O outro subtrecho do rio Pirai, com cerca de 15 km de extensão, é limitado a jusante pela barragem de Santana e a montante pela elevatória de Vigário. Esse trecho recebe, na quase totalidade do tempo, vazões de até 160 m<sup>3</sup>/s bombeadas do rio Paraíba do Sul, as quais, através da inversão do fluxo do rio, são encaminhadas para a estação elevatória de Vigário. O grande volume de sedimentos oriundo das águas do Paraíba do Sul vem promovendo, ao longo dos anos, expressivo assoreamento do rio Pirai no trecho em questão, o que pode ser nitidamente observado em visita ao local, apesar das contínuas dragagens realizadas em área próxima à barragem.

Como conseqüências negativas decorrentes do assoreamento, destacam-se as seguintes:

- perda de capacidade de armazenamento de todo o estirão até a barragem de Santana e, portanto, de sua eficiência na laminação das cheias do rio Pirai; cumpre lembrar que o esquema de operação adotado pela Light durante as cheias, para tentar minimizar as inundações no trecho final do Pirai, se utiliza da capacidade de amortecimento de todo o estirão, influenciado pelo reservatório de Santana, hoje bastante comprometido;
- intensificação do transporte de sedimentos durante as operações de vertimento de Santana, acelerando o processo de assoreamento e a degradação do trecho a jusante da barragem.

Enfim, por tudo quanto exposto, ficam evidenciados os graves problemas existentes na bacia do rio Pirai, originados, sobretudo, pela má gestão ambiental dos subtrechos da bacia, objeto dessa análise. Os conflitos atuais decorrem, essencialmente, das profundas modificações introduzidas na bacia, destinadas a beneficiar e viabilizar setores de inquestionável importância como os de energia (Light) e de abastecimento d'água (CEDAE). A forma traumática como foi efetivado o processo da transposição das vazões, que condenou à morte o trecho final de 11 km do rio Pirai, faz jus a severas críticas. Certamente, nos dias de hoje, no atual estágio de consciência ambiental já atingido no País, os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), que dão respaldo aos projetos, seriam restritivos a ponto de assegurarem condições ambientais adequadas, impondo regras operativas para o sistema e restrições à ocupação da faixa marginal de proteção do rio Pirai. Tais regras, seguramente, considerariam a necessidade de manter a continuidade do escoamento das águas para jusante, garantindo a integridade do corpo hídrico e a preservação das condições de salubridade junto às comunidades estabelecidas.

## Bacia do rio Paraíba do Sul

O trecho do rio Paraíba do Sul mais influenciado pela transposição das vazões estende-se da Elevatória de Santa Cecília até a confluência com os rios Paraibuna e Piabanha. Nele estão inseridas as cidades de Barra do Piraí, Paraíba do Sul e Três Rios, que utilizam as águas do Paraíba para o abastecimento de suas populações. A partir de 1953, quando entrou em operação o sistema de transposição, as vazões defluídas para jusante da barragem de Santa Cecília foram significativamente reduzidas, acarretando dificuldades para as captações de água existentes.

A União, mediante o Decreto nº 68.324/71, criou a Comissão do Plano de Regularização do Rio Paraíba do Sul, que estabeleceu a derivação máxima na UEL de Santa Cecília em 160 m<sup>3</sup>/s, sujeita à manutenção de uma vazão mínima para jusante de 90 m<sup>3</sup>/s. Na ocasião, o bombeamento em Santa Cecília observava uma limitação de vazão mínima para jusante de apenas 40 m<sup>3</sup>/s.

Ao longo do tempo essa operação foi agregando novas regras para condições hidrológicas extremas. O Decreto nº 81.436/78 estabelece que, sob condições hidrológicas de aflúências críticas, o DNAEE poderá, a seu critério, arbitrar uma defluência em Santa Cecília até o valor mínimo de 71 m<sup>3</sup>/s.

Essas regras operativas continuam válidas até hoje, apesar de o Comitê Executivo do GCOI, no ano de 1981, ter sugerido, por resolução, solicitar ao DNAEE a redução da defluência de 71 m<sup>3</sup>/s para 60 m<sup>3</sup>/s. Posteriormente, conforme relatório do GCOI datado de março de 1992, intitulado “Levantamento das Restrições Hidráulicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul”, técnicos da Light reafirmaram, por meio de avaliação de campo realizada em dezembro de 1988, que a descarga de 60 m<sup>3</sup>/s seria satisfatória para permitir a captação das bombas da estação da Carola. A estação de bombeamento da Carola, com capacidade de 270m<sup>3</sup>/h, representa 45% da capacidade total do sistema que atende à cidade de Barra do Piraí e está localizada cerca de 300 m a jusante da barragem de Santa Cecília.

Em decorrência do crítico último período de estiagem (2000/2001) na bacia do Paraíba do Sul, a regra operativa supracitada (defluência de 71 m<sup>3</sup>/s) foi utilizada por um longo período, o que levou as administrações municipais das cidades situadas no trecho a jusante de Santa Cecília a manifestarem preocupação em relação ao abastecimento público. Em consequência, o Governo do Estado do Rio de Janeiro, por intermédio da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS), em conjunto com a Agência Nacional de Águas (ANA), iniciou um processo de discussão envolvendo o setor elétrico, as empresas de saneamento locais, a CEDAE e as prefeituras, de modo a buscar soluções, mesmo que emergenciais, para compatibilização dos usos e remediação do conflito. Como resultado das negociações foram realizadas duas inspeções de campo envolvendo técnicos da ANA, ANEEL, CEIVAP, SERLA, Light e COPPE.

A segunda inspeção realizada por técnicos do Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE teve como produto o documento “Relatório de Viagem às Cidades Situadas às Margens do Rio Paraíba do Sul – Trecho Barragem de Santa Cecília/Foz”, concluído em setembro de 2001, que apresenta um diagnóstico sobre os problemas do abastecimento de água das cidades.

O relatório baseia-se nas observações dos técnicos das instituições COPPE-SERLA-Light e nos depoimentos de técnicos das prefeituras e dos sistemas de abastecimento locais. A vazão do rio Paraíba do Sul, observada durante a inspeção dos dias 4 e

5/09/2001, confirmada pelo boletim da ONS, manteve-se constante, em torno de 71 m<sup>3</sup>/s.

Relativamente às vazões mínimas defluentes de Santa Cecília, o relatório conclui que, para uma defluência de 71 m<sup>3</sup>/s, os níveis de água observados junto às captações não chegam a comprometer o abastecimento, em termos de quantidade. Considerando-se, entretanto, o aspecto qualidade, seria importante disponibilizar um maior volume de água para melhor diluição dos esgotos lançados, considerando-se o aumento expressivo dos despejos urbanos ao longo de todos esses anos, o que agravou as condições de poluição nas captações. Para tal, é conveniente compatibilizar as demandas do setor elétrico com a disponibilidade de água para o abastecimento das cidades.

A vazão mínima a ser garantida para jusante pelo reservatório de Santa Cecília, inclusive no período noturno, deverá ser de 71 m<sup>3</sup>/s, de modo a não degradar ainda mais a qualidade da água captada a jusante nem prejudicar o funcionamento das estações de bombeamento.

Os níveis de água do rio Paraíba do Sul, no trecho a jusante de Santa Cecília, decorrentes da vazão de 71 m<sup>3</sup>/s liberada pela Light, podem ser considerados limitantes do funcionamento das captações de água das cidades ribeirinhas, em relação ao afogamento das tubulações de tomadas de água. Certamente, vazões menores que 71 m<sup>3</sup>/s inviabilizarão diversas captações de água por insuficiência de submergências compatíveis com os equipamentos de bombeamento.

Não obstante o referido relatório haver concluído que, para uma defluência de 71 m<sup>3</sup>/s, os níveis de água observados junto às captações não chegam a comprometer o abastecimento, essa vazão poderá, no futuro, impor restrições ao pleno desenvolvimento desse trecho da bacia.

- **Conflitos decorrentes da contaminação de mananciais de abastecimento por defensivos agrícolas**

O ribeirão Guaratinguetá, afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul, atravessa o município de Guaratinguetá no sentido sudeste/nordeste e tem sua nascente na vertente interior da serra da Mantiqueira. Possui uma área de drenagem de 169,3 km<sup>2</sup> e apresenta três afluentes principais: ribeirão do Taquaral, ribeirão do Guameral e ribeirão do Sino. Em sua foz com o Paraíba apresenta uma vazão média de longo período, de 3,15 m<sup>3</sup>/s e Q<sub>7,10</sub> de 1,05 m<sup>3</sup>/s<sup>2</sup>.

Na bacia do ribeirão Guaratinguetá predomina o uso rural com destaque para o cultivo do arroz e, secundariamente, a piscicultura. De toda a área da bacia, apenas 10% estão comprometidos com ocupação urbana. Os cultivos de arroz localizam-se nas várzeas do médio curso do ribeirão, enquanto o núcleo urbano de Guaratinguetá localiza-se no baixo curso junto à confluência com o rio Paraíba do Sul.

Segundo informações locais, os agricultores de arroz fazem uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes. Esses produtos retornam ao ribeirão Guaratinguetá durante a drenagem das plantações de arroz, prejudicando seriamente o abastecimento de água do município, uma vez que a captação da Estação de Tratamento de Água (ETA) do SAAEG está localizada a jusante da área agrícola. Técnicos do Serviço Autônomo

---

<sup>2</sup> Fonte: Sistema de Informações da Bacia do Rio Paraíba do Sul.

de Água e Esgoto (SAAEG) afirmaram que tiveram que interromper a captação de água para abastecimento, em algumas ocasiões, tamanho o grau de contaminação.

De acordo com os depoimentos, os entendimentos mantidos com os agricultores resultaram em acordo para utilização dos agrotóxicos em consonância com o receituário agrônomo e notificação prévia ao SAAEG da drenagem de suas plantações para que fosse interrompida a captação nesse período. Entretanto, o acordo não tem funcionado, tendo em vista que parte das propriedades de arroz é arrendada para novos agricultores que, sem o conhecimento do pacto, não avisam aos técnicos do SAAEG o início da drenagem das plantações. Além disso, os agricultores não divulgam os receituários agrônômicos. Segundo as mesmas fontes, como os agricultores possuem grande força política na região, até o momento não houve processo jurídico contra eles.

Até recentemente existia um conflito entre agricultores em decorrência do desvio do ribeirão para inundar algumas plantações, em prejuízo de outros agricultores situados a jusante da captação do SAAEG. Nesse caso, o problema foi resolvido com a eliminação dos desvios por intervenção policial.

- **Conflitos entre irrigantes devido à ausência de gerenciamento dos recursos hídricos**

a) Bacia do rio Piagui

O rio Piagui, afluente pela margem esquerda do rio Paraíba do Sul, drena uma área de cerca de 188,5 km<sup>2</sup>. Sua foz situa-se a jusante do trecho urbano da cidade de Guaratinguetá. Ao longo de seu percurso de 37,7 km recebe as contribuições de seus principais afluentes, o córrego Manso, na margem direita, e o ribeirão dos Lemos e o rio dos Pilões, ambos na margem esquerda. A precipitação média anual em sua bacia é de 1.516 mm, e apresenta uma vazão média de longo termo de 3,4 m<sup>3</sup>/s e Q<sub>7,10</sub> de 1,2 m<sup>3</sup>/s.

Na bacia do rio Piagui predomina o uso agrícola, com grandes áreas de plantações de arroz. A captação para irrigação dessas áreas ocorre de uma barragem construída pelo DAEE na década de 1970. A partir desse local, foi construído um sistema de irrigação que possibilita o escoamento da água através das plantações dos diversos agricultores da região.

De acordo com informações dos técnicos do SAAEG, há sérios conflitos entre os agricultores, alguns deles, armados. As brigas pelo uso da água ocorrem porque alguns agricultores desviam a água para inundar suas plantações, interrompendo o escoamento para os usuários de jusante. Além disso, o sistema não foi dimensionado para atender a todos os agricultores ao mesmo tempo, o que mostra a necessidade de uma organização entre os agricultores, visando a melhor distribuir a água e, assim, evitar os conflitos.

De outro lado, existem problemas de qualidade da água em razão da utilização indiscriminada de fertilizantes e pesticidas que retornam aos canais quando as plantações são drenadas. Os usuários de jusante recebem essas águas contaminadas para irrigar suas plantações, o que constitui outro motivo de conflito.

## b) Bacia do rio Pirapitingui

O rio Pirapitingui, afluente pela margem direita do rio Paraíba do Sul, drena uma área de 97,7 km<sup>2</sup>, e sua foz situa-se a montante da cidade de Aparecida. Ao longo dos seus 26,8 km de extensão, recebe a contribuição de dois córregos Branco e Mato Dentro, situados respectivamente nas margens direita e esquerda. Possui precipitação média anual de 1.322 mm, vazão média de longo termo de 1,19 m<sup>3</sup>/s e Q<sub>7,10</sub> de 0,395 m<sup>3</sup>/s.

No seu trecho inferior predomina o uso agrícola, com áreas de plantação de arroz. Essas áreas são divididas entre diversos agricultores, muitos da mesma família, e nenhum deles possui outorga. Na época de estiagem, quando as vazões são mais baixas, os usuários de montante desviam a água dos canais, utilizando sacos de areia, para dentro de suas propriedades. Com isso, os agricultores situados a jusante ficam praticamente sem água, o que acarreta conflitos. Todo ano ocorrem atritos sérios na região, atenuados ante a chegada das chuvas. O DAEE já reuniu os agricultores para tentar uma solução negociada, mas não houve acordo que pusesse fim aos conflitos.

### • Conflitos entre irrigantes e outros usuários da água

O ribeirão da Serragem possui uma área de drenagem da ordem de 52 km<sup>2</sup> e desemboca na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, a jusante da cidade de Tremembé. Desenvolve-se ao longo de 19,2 km, recebendo em seu percurso o córrego Santa Maria, seu principal afluente. Apresenta precipitação média anual de 1.493 mm, vazão média de longo termo de 0,92 m<sup>3</sup>/s e Q<sub>7,10</sub> de 0,305 m<sup>3</sup>/s.

No seu trecho inferior predomina o uso agrícola, com extensas áreas de plantação de arroz. A montante desse trecho foi construída uma pequena barragem para atender à demanda dos agricultores.

A indústria Malteria do Vale instalou-se recentemente no município de Taubaté e construiu uma barragem no ribeirão da Serragem com o objetivo de captar água de boa qualidade para utilização em seus processos industriais. Essa barragem situa-se a montante daquela utilizada pelos agricultores. Tanto a Malteria como os agricultores possuem outorga pelo uso da água do ribeirão da Serragem, dada pelo DAEE. A Malteria também possui outorga de captação no rio Paraíba do Sul, mas prefere captar do ribeirão da Serragem, pois sua água é de melhor qualidade.

Segundo técnicos do DAEE, os agricultores não utilizam a água de forma racional, desperdiçando parte dela na captação. Com isso, em certas épocas falta água para a irrigação de suas plantações, e eles atribuem essa falta à captação da Malteria situada a montante. O conflito tem sido resolvido através de diálogo com o auxílio do DAEE. No entanto, em algumas ocasiões, os agricultores chegaram a abrir a descarga de fundo da barragem da Malteria para atender às suas demandas. Em consequência, a Malteria precisou interromper sua produção por falta de água.

## 5. CENÁRIOS DE DEMANDAS HÍDRICAS

### 5.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é criar cenários com relação ao uso dos recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul de modo a identificar possíveis desequilíbrios entre a disponibilidade e a demanda de suas águas. São cenários prospectivos que consideram a evolução nos níveis atuais de demanda hídrica - em termos de captação, consumo e diluição -, admitindo-se que nenhuma intervenção será feita além das já contratadas e daquelas em fase de operacionalização. Deve-se ressaltar que a demanda hídrica para a diluição de poluentes será considerada nesses cenários apenas indiretamente, com base nas cargas poluidoras e nas possíveis violações de enquadramento dos principais poluentes, associadas aos usuários de saneamento básico, industrial e agropecuário.

Foram, então, considerados cenários conservadores, que somente ocorrerão se houver retrocessos no processo de implementação do novo sistema de gestão da bacia. É com base nesses cenários que serão construídas, na próxima etapa deste Plano de Recursos Hídricos, alternativas de intervenções que possam reverter as tendências de agravamento da situação dos recursos hídricos aqui apresentadas.

### 5.2 Bases Conceituais

Projetar mudanças no tempo para padrões de utilização de água, tanto no aspecto quantitativo como qualitativo, não é tarefa elementar. Se, por um lado, é possível estimar com alguma segurança o crescimento da demanda do setor de saneamento, uma vez que ela cresce na razão direta do aumento da população ou da ampliação dos níveis de atendimento, o mesmo não pode ser dito, com tanta certeza, quanto aos outros setores.

O maior uso de água na bacia é a transposição de 180 m<sup>3</sup>/s no Complexo de Lajes, cuja demanda reflete um misto de setores usuários, incluindo a usina hidrelétrica e o conjunto de usos no rio Guandu. A transposição, no entanto, pelo conflito que representa, está regulamentada por decreto e foi considerada fixa neste cenário.

No que tange ao setor industrial — que vem crescendo na bacia desde a instalação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) na década de 1940 —, a expansão de sua base produtiva não implica, necessariamente, aumento na utilização de água. Mesmo admitindo que a economia do País crescerá a uma determinada taxa, esse dado, por si só, não basta para que se construa uma curva de demanda, porquanto não há relação direta entre crescimento econômico e aumento da demanda de água.

Na verdade, o que se observa na bacia do Paraíba do Sul é, ao contrário, a tendência de redução do consumo em face da utilização de processos industriais mais conservativos. Tome-se o exemplo da CSN para ilustrar essa tendência: mesmo apresentando taxas positivas de crescimento nos últimos anos, essa empresa vem reduzindo os volumes de água captada no rio Paraíba do Sul. O mesmo comportamento pode ser esperado por parte de outras indústrias porque, ao implantar-se a cobrança pelo uso da água, muitas delas provavelmente buscarão equacionar o aumento no custo de produção, por menor que seja, adotando sistemas mais conservativos de água.

A hipótese de diminuição da demanda de água por parte do setor industrial encontra respaldo no trabalho realizado no âmbito do PROSAM-MG para a bacia dos ribeirões Arruda/Onça, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, cujos dados foram utilizados pelo PQA/RJ para estimar as cargas orgânicas e inorgânicas das indústrias situadas na bacia do Paraíba do Sul. Quando se comparam os dados de utilização de água de indústrias situadas naquela bacia com os das indústrias do mesmo porte e setor da bacia do Paraíba do Sul, constata-se que essas últimas utilizam, significativamente, mais água. A diferença deve-se, provavelmente, ao fato de a água captada no rio Paraíba do Sul ser gratuita, enquanto as indústrias situadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte pagam à COPASA o fornecimento de água tratada.

Quanto ao setor agrícola, excetuando-se a região polarizada pelo município de Campos dos Goytacazes, onde o Governo do Estado do Rio de Janeiro criou um programa de incentivo à fruticultura irrigada, as práticas de irrigação não têm apresentado movimento de expansão. Ao contrário, as áreas irrigadas têm diminuído, como é o caso da orizicultura no vale paulista, que vem cedendo espaço para a extração de areia, atividade mais lucrativa e sem os riscos econômicos associados à agricultura. Não obstante, a irrigação constitui uma atividade que capta e consome considerável volume de água. Estima-se que o setor capte o total de 50 m<sup>3</sup>/s em toda a extensão da bacia, dos quais 30 m<sup>3</sup>/s são consumidos na evapotranspiração e na percolação profunda ou são incorporados aos tecidos das plantas cultivadas.

Em relação às usinas termelétricas, não há dúvida sobre a expansão do setor. A recente implementação do Programa Prioritário de Termelétricidade prevê a instalação na bacia do Paraíba do Sul, no horizonte de planejamento deste Plano de Recursos Hídricos, de quatro usinas termelétricas, a gás natural, em ciclo termodinâmico combinado e circuito de refrigeração fechado, a saber: UTE Santa Branca (1.067 MW), UTE Vale do Paraíba (500 MW), UTE Cachoeira Paulista (500 MW) e UTE Juiz de Fora (103 MW). É prevista também a ampliação para 80 MW da UTE Roberto Silveira (32 MW), a óleo, em Campos dos Goytacazes, que será transformada para geração a gás natural.

Dessa forma, como os principais setores usuários (saneamento, indústria, agricultura e usinas termelétricas) apresentam comportamento distinto em relação aos recursos hídricos, é preciso levar em conta algumas premissas na análise da demanda de uso da água, a saber:

- **Saneamento**

Na projeção de crescimento populacional, utilizaram-se os métodos logístico e aritmético com base nos três últimos censos demográficos (1980, 1991 e 2000), conforme a metodologia apresentada no Volume 2 deste PRH. Caso ocorram expansões demográficas em taxas superiores às calculadas, em decorrência, por exemplo, do incremento da atividade industrial — sobretudo dos segmentos com grande capacidade multiplicativa de empregos, como é o caso da indústria automotiva — essa situação estaria circunscrita a pequenos trechos da bacia, e seus efeitos, em relação ao aumento da demanda de água, não seriam significativos para o conjunto da bacia.

- **Indústria**

Como foi comentado antes, não é previsto crescimento na demanda de água para o setor industrial no período de vigência deste PRH. No entanto, como os valores de utilização de água pela indústria foram obtidos a partir de métodos estimativos, com base em cadastros incompletos e desatualizados (conforme expõe o item 3.2, “Uso e demanda hídrica – setor industrial”) optou-se pela prudência e adotou-se um cenário com a demanda atual acrescida em 10%. Como o parque industrial na bacia segue o padrão de concentração do setor, esse aumento percentual torna-se mais significativo no caso das bacias onde a atividade já é expressiva.

- **Agricultura**

Ao contrário da indústria, não há expectativas de economia de água pela irrigação mediante técnicas menos consumidoras de água. Tais investimentos só se viabilizam em agricultura de uso intensivo de capital, e este não é o caso da atividade agrícola praticada na bacia. Constatou-se, entretanto, redução das áreas irrigadas, notadamente no Vale do Paraíba paulista. A principal exceção concerne ao Projeto Frutificar, na região de Campos dos Goytacazes, que financia culturas irrigadas de abacaxi, maracujá, goiaba e, em breve, coco. Para as bacias situadas na área de influência desse projeto, estimou-se o crescimento da demanda de água em função da expectativa de expansão da área irrigada por parte da Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Pesca do Estado do Rio de Janeiro.

- **Usinas Termelétricas**

Como foi mencionado neste diagnóstico, este segmento de usuário, ao instalarem-se as usinas previstas, necessitará de água em seu processo industrial para geração de energia elétrica, aumentando a demanda na bacia do Paraíba do Sul. É oportuno ressaltar, contudo, que essas usinas modernas, dotadas de ciclo termodinâmico combinado e circuito de refrigeração fechado, consomem vazões pouco expressivas em face da disponibilidade hídrica da bacia do rio Paraíba do Sul.

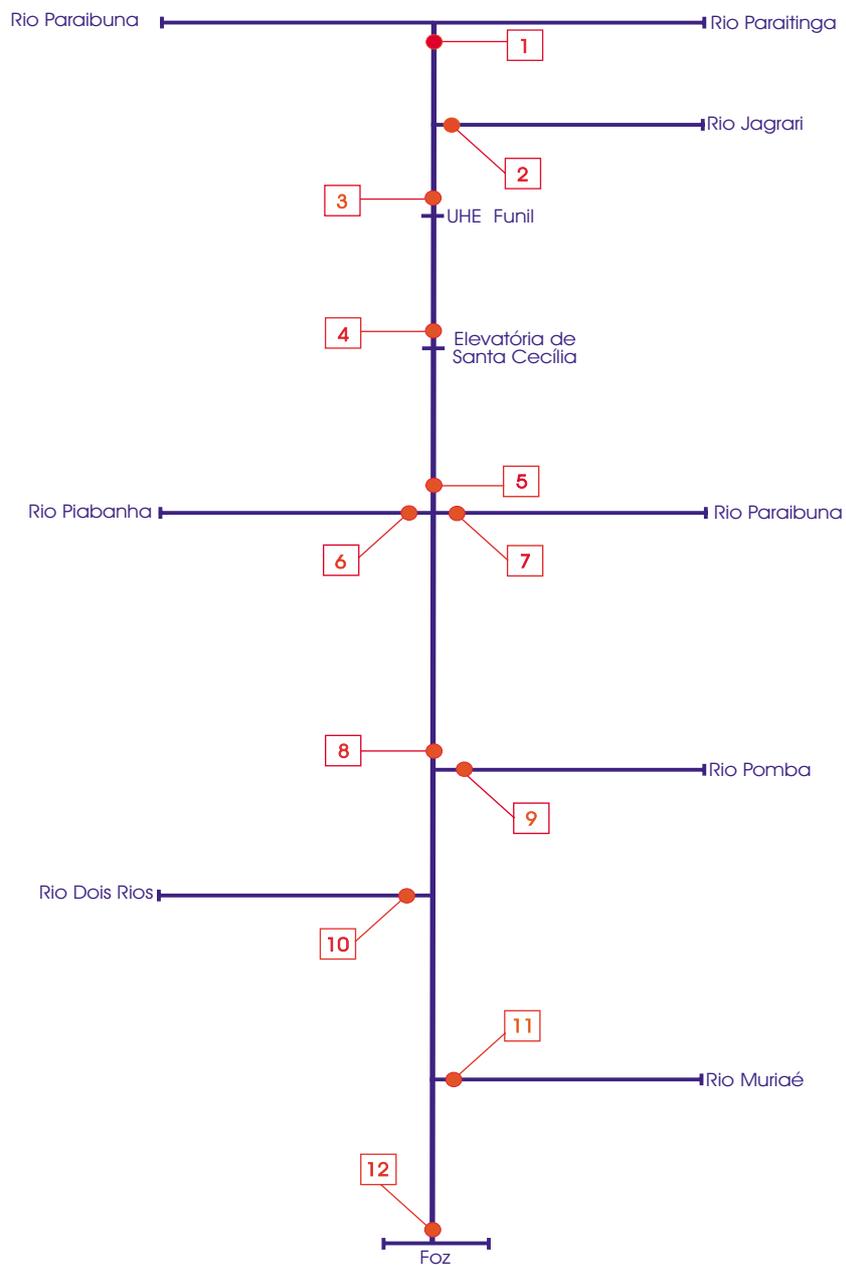
## **5.3 Metodologia Utilizada**

Como o objetivo almejado é prever situações onde a alteração no uso dos recursos hídricos possa comprometer o equilíbrio entre disponibilidade e demanda, optou-se pela elaboração de dois cenários, cujas análises foram realizadas no nível de sub-bacias e, no caso do rio Paraíba do Sul, de trechos de rio, definidos em função de suas características hidrológicas e usos da água. Dessa forma, foi possível examinar eventuais impactos nos níveis de análise mencionados, que poderiam aparecer mascarados numa consideração global sobre a totalidade da bacia do rio Paraíba do Sul.

Consideraram-se, ao todo, doze unidades hidrográficas para a elaboração dos dois cenários, conforme mostra a [Figura 5.3.1](#).

Cumpramos ressaltar que as demandas para captação e consumo, nas seções do rio Paraíba do Sul, são acumulativas, por exemplo, no trecho a montante de Funil (Seção 3), as demandas consideram o somatório das demandas da sub-bacia 1 (Paraibuna/Paraitinga), da sub-bacia 2 (Jaguari) e da área incremental.

Figura : 5.3.1  
Localização das Seções de Cálculo das Disponibilidades e Demandas Hídricas das Sub-bacias



- 1 - Rio Paraíba do Sul a Jusante dos rios Paraíba/Paraitinga
- 2 - Foz do Rio Jaguari
- 3 - Rio Paraíba do Sul a Montante de Funil
- 4 - Rio Paraíba do Sul a Montante de Santa Cecília
- 5 - Rio Paraíba do Sul a Montante da Confluência dos rios Paraíba e Piabanha
- 6 - Foz do Rio Piabanha
- 7 - Foz do Rio Paraíba
- 8 - Rio Paraíba do Sul a Montante da Confluência com o rio Pomba
- 9 - Foz do Rio Pomba
- 10 - Foz do Rio Dois Rios
- 11 - Foz do Rio Muriaé
- 12 - Foz do Rio Paraíba do Sul

As cargas de DBO, ao contrário, consideram apenas as cargas produzidas no trecho em questão. Por exemplo, a carga do trecho do rio Paraíba do Sul a montante de Santa Cecília (Seção 4) corresponde à carga lançada entre esse ponto e o trecho anterior (Trecho 3, montante de Funil). Esse critério foi utilizado porque as cargas sofrem decaimento ao longo do rio, não sendo correto acumulá-los ao longo dos trechos.

A estimativa de lançamento de poluentes considerou apenas DBO por não serem disponíveis dados sobre outros parâmetros. Essa estimativa, no entanto, não foi diretamente relacionada à expectativa de evolução da qualidade das águas nos rios, mas constituiu apenas um indicador de provável deterioração da água.

Avaliou-se o impacto da poluição na bacia pela mensuração direta da qualidade de água nos rios, tendo por base os dados fornecidos pelas agências ambientais estaduais (CETESB/SP, FEAM/MG e FEEMA/RJ). Esses dados foram incorporados ao Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul, que possibilitou o cálculo dos percentuais de violação de classe e de perfis de qualidade nos rios para cada parâmetro, fornecendo uma imagem nítida dos pontos de maior estresse na bacia. Considerou-se, para todos os parâmetros de poluição, inclusive aqueles cuja carga não foi quantificada, que os índices atuais de poluição ilustrados no diagnóstico serão provavelmente agravados no horizonte do plano, em cenários que não compreendam intervenções capazes de reverter ou atenuar a degradação atual.

Cada cenário reflete uma determinada expectativa de modificação dos níveis atuais de uso da água dos setores em questão e seu impacto no aumento da demanda. Como cada setor usuário reúne características próprias, que influenciam o padrão de utilização de água, adotaram-se metodologias de projeção específicas para cada setor.

Os métodos de estimativa utilizadas para cada setor usuário, em termos de captação, consumo e carga poluidora de DBO, são assim resumidos:

- **Saneamento Básico**

Para estimar a demanda do setor doméstico, adotaram-se parâmetros de dimensionamento relativos ao consumo per capita, ao coeficiente do dia de maior consumo e aos índices de atendimento e perdas dos sistemas. Em relação ao consumo de água, considerou-se como sendo 20% do volume captado.

No caso da determinação das cargas orgânicas remanescentes, adotou-se o valor da contribuição unitária de 54 g/hab.dia. Foram considerados como realizados os sistemas de esgotamento (coleta e tratamento) já contratados ou em construção. Adotou-se a eficiência de 90% na redução de DBO para os sistemas existentes ou previstos.

- **Indústria**

Na estimativa da demanda hídrica do setor industrial na parte mineira e fluminense da bacia, em termos de captação, utilizaram-se os dados cadastrais fornecidos pela FIEMG e FIRJAN, respectivamente, sobre os quais se aplicaram dois métodos distintos ([indicados no item 3.2](#)).

O primeiro, utilizado pelo PQA/RJ, permite o cálculo indireto das vazões de captação a partir da determinação da vazão efluente, considerando-se o uso consuntivo de 30%.

A vazão efluente, por sua vez, é calculada por tipologia industrial, a partir do número de empregados de cada indústria.

O segundo método adotado é o proposto pelo *US Army Corps of Engineers*, que utilizando, também, a tipologia e o número de empregados, fornece o intervalo em que a vazão de consumo pode variar. A vazão final de consumo considerada foi a correspondente ao valor máximo do intervalo, e, no cálculo da vazão de captação, foi adotado o uso consuntivo de 30%.

Finalmente, adotou-se a vazão de captação de maior valor, obtida dos resultados dos dois métodos.

Com relação à carga de DBO para as indústrias mineiras e fluminenses, utilizou-se a metodologia IPPS (*Industrial Pollution Projection System*) do Banco Mundial.

A demanda industrial do Estado de São Paulo, em termos de captação e carga poluidora (DBO), foi avaliada com base nos dados cadastrais da CETESB. A estimativa de consumo foi realizada pela mesma metodologia adotada para os outros Estados.

- **Agropecuária**

Para obter as demandas hídricas do setor agrícola, multiplicaram-se as áreas irrigadas de cada município da bacia — obtidas do censo agropecuário do IBGE 1995/1996 — pelas vazões específicas de captação e consumo do Estado onde essas áreas se situam, calculadas em CHRISTOFIDIS (1997)<sup>1</sup>.

Para a demanda animal, utilizou-se o conceito de BEDA, desenvolvido por Plirohine:

$$\text{BEDA} = \text{bovinos} + \text{equinos} + \text{asininos} + \frac{(\text{caprinos} + \text{ovinos})}{5} + \frac{\text{suínos}}{4}$$

Plirohine definiu que um BEDA consome 50 litros de água por dia. Estimou-se, nos cenários, um volume de captação diária para um BEDA equivalente ao dobro do previsto por Plirohine, ou seja, 100 litros diários.

O volume total de captação e consumo de água para o setor pecuarista da bacia do Paraíba do Sul foi obtido multiplicando-se esses valores pelo número total de BEDAs, calculado com base na Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE de 2000, a qual registra, por município, o número total de cabeças para cada criação considerada. Na determinação das vazões de captação e consumo em nível de sub-bacia, somaram-se as vazões correspondentes a cada município da sub-bacia em questão.

Quanto à carga poluidora, tanto do setor agrícola quanto da criação de animais, sua estimativa é complexa por tratar-se de cargas difusas para as quais não existem dados disponíveis.

---

<sup>1</sup> Para cada Estado da Federação, CHRISTOFIDIS (1997) obteve a demanda específica de água para irrigação dividindo a demanda total no período de um ano (captação ou consumo) pela área total irrigada no Estado, incluindo todas as culturas. Para maiores detalhes, ver item 3.3.

- **Usinas Termelétricas**

A metodologia para a estimativa das vazões captadas e consumidas pelas usinas termelétricas do Programa Prioritário de Termelétricidade corresponde à recomendada por CARVALHO (2000), apresentada no capítulo 3. Tal metodologia prevê, para o ciclo termodinâmico utilizado (vapor, gás ou combinado), associado ao tipo de sistema de refrigeração (aberto ou fechado), taxas correspondentes aos usos consuntivo e não-consuntivo em função da energia gerada.

## 5.4 Cenários de Demanda de Uso da Água

Com base nos conceitos e metodologia acima expostos, definiram-se os dois cenários de demandas hídricas para o período de vigência do PRH (2003-2007):

Cenário	Saneamento	Indústria	Agropecuária	Termelétrica
<b>Cenário 1</b>	Crescimento da demanda segundo aumento da população urbana. Consideraram-se executados os sistemas de esgotamento contratados ou em início de construção.	Manutenção da demanda atual	Manutenção da demanda atual	Aumento da demanda atual
<b>Cenário 2</b>	Crescimento da demanda, segundo aumento da população urbana. Consideraram-se executados os sistemas de esgotamento contratados ou em início de construção.	Aumento da demanda atual em toda a bacia	Aumento da demanda nas bacias onde é esperada expansão da área irrigada.	Aumento da demanda atual

Todos os dois cenários são conservadores, pois não consideram intervenções que possam influenciar, de forma significativa, os padrões atuais de captação e consumo ou a redução da carga poluidora.

A análise dos cenários, do ponto de vista quantitativo, é feita com base no balanço hídrico entre disponibilidades e demandas. No que se refere à poluição, a análise incorpora o diagnóstico das concentrações e violações de classe e sua evolução temporal no período de exame. Modelos quantitativos deverão ser empregados em um futuro próximo, tão logo estejam disponíveis dados mais confiáveis para a determinação das diversas cargas e um sistema de simulação correspondente.

O Cenário 1 não prevê mudanças em relação ao atual patamar de uso de água na bacia, exceto para as usinas termelétricas planejadas e para o setor de saneamento, pois o aumento populacional implica expansão proporcional da demanda de água.

O Cenário 2 difere do anterior por considerar, ainda, o aumento na demanda, para os setores industrial e agrícola, nos locais da bacia onde essas atividades são expressivas. Esse aumento foi estimado com base em dois fatores, o grande potencial de expansão da agricultura irrigada na região da foz do rio Paraíba do Sul e a pouca confiabilidade dos dados disponíveis para o setor industrial, o que demanda prudência no uso das estimativas atuais.

Na elaboração da projeção de demanda de água, nos dois cenários, foi considerado apenas o ano 2007, correspondente ao último ano de vigência do PRH. Tal escolha deve-se ao fato de que o horizonte de planejamento utilizado é curto para ensejar mudanças significativas nos níveis de demanda de água. Ademais, para o primeiro

ano do PRH (2003), a projeção de demanda já se equivale às demandas atuais calculadas no capítulo 8 (Uso e demanda hídrica).

#### **5.4.1. Construção de cenários por setor**

A seguir são apresentados os critérios utilizados para a construção dos cenários em cada setor.

##### **Saneamento**

Os cenários 1 e 2, no que concerne ao setor de saneamento básico, contempla, até 2007, várias obras de sistemas de esgotamento sanitário que integram as ações do Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas (PNDBH), instituído pela Agência Nacional de Águas (ANA). Essas obras incluem redes, coletores troncos e estações de tratamento, algumas já iniciadas e outras em fase de contratação, com previsões de término até 2004<sup>2</sup>.

##### **Indústria**

Como foi assinalado anteriormente, não são esperadas mudanças significativas na demanda de água para o setor industrial no horizonte deste Plano. Isso porque, além de não se conhecerem novos projetos industriais de grande porte que demandem vazões significativas de água, esse eventual aumento da demanda industrial viria provavelmente a ser “compensado” pela otimização do uso da água que vem sendo promovido pelos grandes usuários de hoje.

Dessa forma, considerou-se, para o Cenário 1, que a demanda industrial em 2007 será a mesma dos níveis atuais.

De outro lado, tendo em vista as naturais imprecisões decorrentes do processo utilizado para a avaliação das atuais demandas industriais, julgou-se prudente adotar, para o Cenário 2, essas demandas acrescidas em 10 % em 2007.

##### **Agricultura**

Tal como para a indústria, o Cenário 1 adota, para 2007, as demandas atuais de água para fins de irrigação.

No Cenário 2 considerou-se o crescimento da demanda apenas na Sub-Bacia 12 – Rio Paraíba do Sul, na área de influência do município de Campos do Goytacazes, abrangida pelo Projeto Frutificar, de expansão da fruticultura irrigada. Com relação à bacia paulista foram mantidos os atuais níveis de uso, já que não existem previsões de aumento das áreas irrigadas. Em Minas Gerais, os incentivos à fruticultura irrigada estão concentrados nos vales do rio São Francisco e do Jequitinhonha, fora, portanto, da bacia do Paraíba do Sul.

A maior parte do Projeto Frutificar, que já compreende uma área de 1.300 ha (considerada no Cenário 1), está situada fora da bacia do rio Paraíba do Sul. No

<sup>2</sup> Essas obras estão relacionadas na Tabela 9.1.17 e podem ser assim resumidas: cidades de Juiz de Fora, MG (sistema Barbosa Lage); Volta Redonda, RJ (sistema das bacias 2, 5, 7 e 8 e sistemas dos bairros Padre Josimo e Cidade Nova); Resende, RJ (sistema do bairro Cidade Alegria); Valença, RJ (sistemas dos distritos de Conseqvatória e Pentagna); São Luiz do Paraitinga, SP (complementação do sistema da cidade); Pindamonhangaba, SP (sistemas do distrito de Moreira César e bairro Araretama) e São José dos Campos, SP (sistema da bacia do córrego Vidoca).

entanto, a água é principalmente captada no rio Paraíba do Sul e levada até as plantações através de uma densa malha de canais que drenam para o mar. Os Governos do Estado e da União estão se articulando para viabilizar a revitalização dos canais com o objetivo de atender o aumento da demanda hídrica decorrente desse projeto, estimada em até 4.000 ha irrigados. Multiplicando-se essa área pela demanda específica do Estado do Rio de Janeiro, obtêm-se então as previsões do aumento considerado no Cenário 2.

Como a água captada para o Projeto Frutificar não retorna para o rio Paraíba do Sul, foi considerado, no cálculo do balanço hídrico, que a vazão de consumo é igual à vazão captada, de 1,85 m<sup>3</sup>/s.

### **Usinas Termelétricas**

Os cenários 1 e 2 correspondentes às usinas termelétricas deverão contemplar, até 2007, a implantação das cinco usinas previstas pelo Programa Prioritário de Termelétricidade, uma vez que, conforme o cronograma atual, o início planejado de operação dar-se-á dentro horizonte deste Plano de Recursos Hídricos.

#### **5.4.2. Resultados**

Para os dois cenários considerados foram construídas tabelas consolidando a demanda de água em 2007 para cada setor e por sub-bacia ou trecho de rio, relativas à captação e ao consumo, assim como as cargas de DBO (Tabelas 5.4.2 e 5.4.3). As demandas dos diferentes setores são comparadas com a disponibilidade hídrica da bacia (Q<sub>95</sub><sup>3</sup>) nessas tabelas.

Com base nos dados consolidados nas tabelas, pode-se concluir que, até 2007, não há perspectivas de estresse hídrico nas diferentes sub-bacias e no rio Paraíba do Sul. Isso não significa, entretanto, que exista grande volume excedente de água na bacia.

A disponibilidade hídrica a montante da elevatória de Santa Cecília, por exemplo, é proveniente de um conjunto de reservatórios de hidrelétricas cuja operação visa regularizar o rio Paraíba do Sul e viabilizar a transposição de até 160 m<sup>3</sup>/s para a geração de energia no Complexo Hidrelétrico de Lajes. Essa disponibilidade deverá, em tese, ser utilizada pelo setor elétrico, desde que sejam mantidas as condições legais atuais de vazão mínima para jusante de Santa Cecília, quais sejam, 90m<sup>3</sup>/s em condições hidrológicas normais ou 71m<sup>3</sup>/s em condições críticas de estiagem. A utilização da água nesse trecho da bacia por outro uso consuntivo, portanto, dependerá de decisões dos organismos competentes.

O mesmo deverá ocorrer com a implantação de novas UHE previstas para o trecho situado a jusante de Santa Cecília, o que imporá restrições a outros usos consuntivos.

---

<sup>3</sup> A série de vazões médias diárias de um determinado posto fluviométrico, utilizado na definição da vazão Q<sub>95</sub>, já incorpora as vazões consumidas pelos diversos usuários instalados na bacia, ao longo dos anos, a montante desse posto. Sendo assim, seria recomendável acrescentar essas vazões consumidas à série de vazões, reconstituindo as vazões naturais no posto em análise. Como não se dispõe de um cadastro confiável dos diversos usos consuntivos na bacia do rio Paraíba do Sul e, muito menos, do histórico de cada um deles ao longo do período de observação de cada posto, torna-se impraticável a reconstituição, a partir dos dados de um posto fluviométrico, da série de vazões naturais.

Tendo em mente que o objeto principal da avaliação através de cenários é verificar a possibilidade futura de estresse hídrico em algumas sub-bacias, adotou-se a hipótese conservadora de que a vazão Q<sub>95</sub>, calculada sem a introdução das correções referentes aos usos passados e presentes, corresponde à vazão natural. Mesmo com esse procedimento, ou seja, considerando como vazão natural um valor menor do que o real, observa-se na Tabela 5.1.1 a inexistência de estresse hídrico para os cenários adotados, o que vem justificar a adoção da hipótese conservadora.

**Tabela 5.4.2 - Cenário 1: Valores de captação, consumo e cargas de DBO calculados para as doze sub-bacias, para o ano de 2007.**

SUB-BACIAS	CENÁRIO 1 (2007)												Disponibilidade Hídrica (Q95%) (m³/s)
	Saneamento			Indústria <sup>2</sup>			Agropecuária			Total			
	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Consumida (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	
1 Rio Paraíba do Sul a montante da foz dos rios Paraíba/Paraitinga (1)	0,09	0,02	1.490	0	0,00	0	0,35	0,22	-	0,44	0,24	1.490	29,74
2 Foz do rio Jaguari (2)	0,13	0,03	2.350	0,25	0,08	1.350	1,21	0,85	-	1,59	0,96	3.700	15,56
3 Rio Paraíba do Sul a montante de Funil (1 a 3)	6,30	1,26	59.710	3,17	0,67	9.785	11,59	8,22	-	21,05	10,15	69.495	131,13
4 Rio Paraíba do Sul a montante de Santa Cecília (1 a 4)	8,57	1,71	25.250	11,58	5,57	5.486	12,20	8,58	-	32,35	15,86	30.736	195,19
5 Rio Paraíba do Sul a montante da confluência dos rios Paraíba e Piabanha (1 a 5)	9,46	1,89	15.170	11,63	5,59	3.481	13,51	9,32	-	34,61	16,80	18.651	79,40
6 Foz do rio Piabanha (6)	1,45	0,29	20.810	0,12	0,04	1.355	1,13	0,63	-	2,70	0,95	22.165	11,10
7 Foz do rio Paraíba (7)	2,50	0,50	30.660	0,19	0,04	2.808	3,48	1,98	-	6,17	2,52	33.468	77,02
8 Rio Paraíba do Sul a montante da confluência com o rio Pomba (1 a 8)	13,71	2,74	5.640	12,90	5,67	1.017	23,26	14,86	-	49,86	23,27	6.657	198,77
9 Foz do rio Pomba (9)	1,53	0,31	27.290	0,19	0,06	4.805	6,84	4,00	-	8,56	4,37	32.095	50,22
10 Foz do rio Dois Rios (10)	0,72	0,14	12.080	0,10	0,03	2.842	3,50	1,98	-	4,32	2,15	14.922	16,75
11 Foz do rio Muriaé (11)	1,02	0,20	18.000	0,02	0,01	3.603	7,00	4,01	-	8,04	4,22	21.603	28,79
12 Foz do Rio Paraíba do Sul (1 a 12)	18,42	3,68	20.480	14,65	6,96	3.310	53,15	31,99	-	86,22	42,63	23.790	311,85

<sup>1</sup> Carga de DBO calculada por sub-bacia/trecho do rio Paraíba sem acumular com as cargas produzidas nas sub-bacias/trecho a montante

<sup>2</sup> Incluem as demandas das usinas termelétricas planejadas para a bacia

**Tabela 5.4.3 - Cenário 2: Valores de captação, consumo e cargas de DBO calculados para as doze sub-bacias, para o ano de 2007.**

SUB-BACIAS	CENÁRIO 2 (2007)												Disponibilidade Hídrica (Q95%) (m³/s)
	Saneamento			Indústria <sup>2</sup>			Agropecuária			Total			
	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Cons. (m³/s)	Carga de DBO (kg/dia)	Vazão Captada (m³/s)	Vazão Consumida (m³/s)	Carga de DBO <sup>1</sup> (kg/dia)	
1 Rio Paraíba do Sul a montante da foz dos rios Paraíba/Paraitinga (1)	0,09	0,02	1.490	0,00	0,00	-	0,35	0,22	-	0,44	0,24	1.490	29,74
2 Foz do rio Jaguari (2)	0,13	0,03	2.350	0,28	0,08	1.485	1,21	0,85	-	1,61	0,96	3.835	15,56
3 Rio Paraíba do Sul a montante de Funil (1 a 3)	6,30	1,26	59.710	3,39	1,45	10.764	11,59	8,22	-	21,27	10,92	70.474	131,13
4 Rio Paraíba do Sul a montante de Santa Cecília (1 a 4)	8,57	1,71	25.250	13,67	6,84	6.035	12,20	8,58	-	34,44	17,13	31.285	195,19
5 Rio Paraíba do Sul a montante da confluência dos rios Paraíba e Piabanha (1 a 5)	9,46	1,89	15.170	13,73	6,86	3.829	13,51	9,32	-	36,70	18,07	18.999	79,40
6 Foz do rio Piabanha (6)	1,45	0,29	20.810	0,13	0,04	1.491	1,13	0,63	-	2,71	0,96	22.301	11,10
7 Foz do rio Paraíba (7)	2,50	0,50	30.660	0,21	0,09	3.088	3,48	1,98	-	6,18	2,57	33.748	77,02
8 Rio Paraíba do Sul a montante da confluência com o rio Pomba (1 a 8)	13,71	2,74	5.640	13,16	6,28	1.118	23,26	14,86	-	50,12	23,88	6.758	198,77
9 Foz do rio Pomba (9)	1,53	0,31	27.290	0,21	0,06	5.285	6,84	4,00	-	8,58	4,37	32.575	50,22
10 Foz do rio Dois Rios (10)	0,72	0,14	12.080	0,11	0,03	3.127	3,50	1,98	-	4,32	2,16	15.207	16,75
11 Foz do rio Muriaé (11)	1,02	0,20	18.000	0,02	0,01	3.963	7,00	4,01	-	8,04	4,22	21.963	28,79
12 Foz do Rio Paraíba do Sul (1 a 12)	18,42	3,68	20.480	16,01	7,58	3.641	55,00	33,84	-	89,44	45,10	24.121	311,85

<sup>1</sup> Carga de DBO calculada por sub-bacia/trecho do rio Paraíba sem acumular com as cargas produzidas nas sub-bacias/trecho a montante

<sup>2</sup> Incluem as demandas das usinas termelétricas planejadas para a bacia

Por outro lado, embora não apareçam nas análises no nível das sub-bacias consideradas, podem ocorrer situações de escassez em alguns cursos de água de menor porte, gerando situações de conflito pelo uso da água.

Outro aspecto que requer atenção são os volumes de captação e consumo estimados para o setor agropecuário. As estimativas realizadas foram baseadas no Censo Agropecuário do IBGE 95/96, que informa somente as áreas irrigadas por município. As localizações das áreas cultivadas e os tipos de cultura, bem como os planos de cultivo, não são, por exemplo, informados. Além do mais, as demandas da agricultura irrigada foram obtidas por métodos que consideram vazões específicas médias estaduais. Tudo isso pode levar a valores superestimados em regiões onde haja culturas de baixo consumo de água, tais como a Região Serrana fluminense, ou, ao contrário, subestimadas para regiões onde a cultura seja de alto consumo, como as plantações de arroz no trecho paulista.

A análise dos aspectos quantitativos (captação e consumo), quando conduzida de forma isolada, não permite uma compreensão mais ampla sobre o gerenciamento dos recursos hídricos. A própria Lei 9.433/97, em seu artigo 3º, relativo às diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, considera a gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade. O Projeto de Lei Nº 1.616, atualmente em discussão na Câmara dos Deputados, vem reforçar essa questão, tratando-a de forma mais aprofundada.

Levando-se em conta essa indissociabilidade, analisaram-se dados de qualidade de água relativos a parâmetros selecionados, considerados mais críticos, segundo consta na [Tabela 5.4.4](#). Conforme evidenciam esses parâmetros, a situação atual de qualidade da água na bacia é bastante crítica e poderá se agravar, caso não sejam implementadas as ações necessárias para a reversão desse quadro.

A identificação dos parâmetros mais críticos baseou-se nos estudos de qualidade da água reunidos no [item 2.1.2](#) (diagnóstico de qualidade da água), que possibilitaram a obtenção de índices médios de violação de classe para os trechos do rio Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

A análise da tabela permite reunir os parâmetros em três grupos, em função dos percentuais de violação de classe por sub-bacia.

O primeiro grupo trata dos seguintes parâmetros: alumínio, coliformes fecais e fósforo total. Nele se observa que os parâmetros apresentam índices de violação superiores a 60% em praticamente todos os rios, à exceção do rio Jaguari, que registra violação para o fósforo total de 40%.

Para esse grupo de parâmetros cabe destacar o elevadíssimo índice de violação apresentado pelo alumínio, que em todas as doze bacias situou-se acima de 90%. Esse parâmetro requer atenção especial dos órgãos envolvidos com as áreas de meio ambiente, recursos hídricos e saúde, tendo em vista sua importância para a saúde humana.

Os coliformes fecais apresentam violações de classe acima de 50% em todas as sub-bacias, demonstrando, assim, o alto grau de comprometimento dos rios por matéria fecal, em face do baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos.

Por sua vez, o fósforo total apresenta índices de violação da mesma ordem do alumínio. Esse elemento é o principal responsável pela eutrofização do reservatório de

**Tabela 5.4.4 - Índices de Violação de Classe (%) nos trechos de rio da bacia do rio Paraíba do Sul**

TRECHOS DE RIO		Alumínio	Coliforme Fec	Coliforme Tota	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo Total	Manganés
1	Rio Paraíba do Sul a montante da confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga <sup>(1)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Rio Jaguari	91,7	60,3	56,6	3,0	44,5		40,1	32,8
3	Rio Paraíba do Sul entre a confluência dos rios Paraibuna/Paraitinga e Funil	99,4	82,1	74,5	2,2	25,9	36,8	70,2	22,9
4	Rio Paraíba do Sul entre Funil e Santa Cecília		87,6		4,6	37,3	35,5	100,0	6,0
5	Rio Paraíba do Sul entre Santa Cecília e a confluência dos rios Piabanha e Paraibuna	100,0	99,0	100,0	1,4	40,9	21,4	100,0	13,0
6	Rio Piabanha		100,0		48,6	52,9	30,8	100,0	32,2
7	Rio Paraibuna	100,0	58,4	50,4	19,6	47,4	41,8	94,7	39,8
8	rio Pomba	100,0	65,5	35,9	5,4	55,4	27,5	99,5	11,8
9	Rio Pomba	100,0	74,8	53,5	1,9	23,9	32,6	98,4	1,6
10	Rio Dois Rios		81,4		0,0	33,3	28,9	95,8	19,4
11	Rio Muriaé	100,0	73,5	67,9	3,8	30,4	38,9	94,7	9,5
12	Rio Paraíba do Sul entre a confluência do rio Pomba e a Foz		81,1	61,3	1,1	17,2	23,1	98,1	8,2

(1) Neste trecho não há estações de de monitoramento de qualidade da água.

Funil e poderá, futuramente, comprometer outros reservatórios da bacia, em especial os dos novos aproveitamentos hidrelétricos a serem instalados no curso médio inferior do rio Paraíba do Sul.

Um segundo grupo de parâmetros, formado por coliformes totais, fenóis, ferro solúvel e manganês, apresenta percentuais de violação pouco abaixo do grupo anterior, indicando igual necessidade de atenção.

Desse grupo, merecem destaque, por sua criticidade, os compostos fenólicos, que estão relacionados aos efluentes de origem industrial, à degradação microbológica e à fotoquímica dos pesticidas. No que se refere à toxidez, são conhecidos seus efeitos nocivos em peixes e na biota aquática em geral. No abastecimento urbano, sua presença, em grandes quantidades, provoca odor e gosto desagradáveis no processo de cloração.

O último grupo é composto de um único parâmetro, que é a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Os índices de violação situam-se, em geral, abaixo de 20%, à exceção do rio Piabanha, onde esse valor está em torno de 50%. Esse aspecto demonstra a elevada capacidade de recuperação dos principais rios da bacia. O alto percentual de violação de classe do rio Piabanha decorre das pequenas vazões que impedem ou dificultam a diluição da carga de esgoto lançada.

Considerando as análises aqui realizadas, conclui-se pela importância deste Plano de Recursos Hídricos, que indicará medidas para a reversão do quadro apresentado que aumentem os atuais níveis de tratamento dos lançamentos domésticos e de outras fontes de poluição, bem como ações de proteção de mananciais e reversão dos processos erosivos, entre outras questões relevantes para a bacia.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES, J.R., 1996, *Estudo Hidrogeológico Preliminar da Área do Auto-Posto Boldrim em Resende, RJ*. Relatório interno, PETROBRÁS.
- BARRETO, A.B.C., MONSORES, A.L.M., LEAL, A.S., et al., 2000, *Caracterização Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro*. In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, MME (Ministério de Minas e Energia), SMM (Secretaria de Minas e Metalurgia), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), Brasília.
- BRANCO, S.M, Rocha, A.A., 1977, *Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas*.
- BRESSENS, H., OTOOLE, L.J., RICHARDSON, J., 1995, *Networks for Water Policy: a Comparative Perspective*. London, Frank Cass & Co.
- CAETANO, L. C., 2000, *Água Subterrânea no Município de Campos dos Goytacazes (RJ): Uma Opção para o Abastecimento*. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- CALDAS, P.S., AIRES, J.C.O., PINHEIRO, L.F., et. al., 1995, *Aumento da Capacidade Geradora do Complexo de Lajes com Otimização dos Recursos Hídricos e Conjugado com o Controle de Cheias do Rio Piraí*. Encontro Técnico Nacional, Suplama/Bracier, Rio de Janeiro.
- CAPUCCI, E. , 1988, *Mapa de Potencialidades Médias de Água Subterrânea no Estado do Rio de Janeiro*. DIN/INX, CEDAE
- CAPUCCI, E, MARTINS, A. M., MANSUR, K.L., et. Al., 2001, *Poços Tubulares e Outras Captações de Águas Subterrâneas – Orientação aos Usuários*. Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, SEMADS, SEINPE, DRM-RJ,
- CARVALHO, F. R., 2000, *Consumo e Captação de Água em Centrais Termelétricas*. SFG/ANEEL, Brasília, abril.
- CARVALHO, N.O., 1995, *Hidrossedimentologia Prática*. CPRM (Companhia de Recursos Minerais), Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS, Rio de Janeiro.
- CASTRO, F. G., 2000, *Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica da Bacia Sedimentar de Resende – RJ*. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências/Departamento de Geologia CCMN/UFRJ.
- CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), 1985, *Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - Relatório final*. Rio de Janeiro.
- CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), 2001, *Deliberação CEIVAP nº 08/01, que “Dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002”*. Resende, RJ.

- CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), 2001, *Programa Curso D'Água/CEIVAP - Relatório final*. Resende, RJ, setembro.
- CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), 2001, *Proposta de uma Metodologia para a Fase Inicial de Cobrança na Bacia do Paraíba do Sul (de acordo com as deliberações da reunião de Câmaras Técnicas do CEIVAP de 07/03/2001)*, Resende, RJ.
- CETEC (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais), 1995, *Desenvolvimento Metodológico para Modelo de Gerenciamento Ambiental de Bacias Hidrográficas. Estudo de Caso: Bacia do Rio Verde Grande*.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 1988, *Normatizações Técnicas*. São Paulo.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 1997, *Uso das Águas Subterrâneas para Abastecimento Público no Estado de São Paulo - Relatório 43*.
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 2001, *Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo*.
- CHRISTOFIDIS, D., *Situação das Áreas Irrigadas – Métodos e Equipamentos de Irrigação – Brasil*. In: Anais do Ciclo de Palestras da Secretaria Nacional de Recursos Hídricos, SRH/MMA, Brasília. (agapi@brsh.com.br)
- CHRISTOFIDIS, D., 1997, *Água e irrigação no Brasil*. Centro de Desenvolvimento Sustentável/UnB, Brasília, novembro.
- SOPS (Secretaria de Estado de Obras e Serviços Públicos), 1988, *Comissão Estadual sobre o Complexo Lajes - Relatório final - Resolução SOPS /S nº 124, de 24.09.97*. Rio de Janeiro.
- CONAMA, 1986, *Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986*. Brasília.
- CONSÓRCIO ETEP - ECOLOGUS-SM GROUP, 1998, *Macroplano de Gestão e Saneamento da Bacia da Baía de Sepetiba*. In: Relatório R-8, Estudos de Base, Rio de Janeiro: SEMA/PNMA, janeiro.
- CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS, 1999, *Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo – Nota Técnica NT-01-015 - Revisão A*. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, São Paulo.
- CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS, 1999, *Concepção do Sub-Programa Estadual de Investimentos*. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul - Relatório Final da Meta I, São Paulo.
- CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS, 1999, *Estudos Relativos ao Arranjo Institucional - Relatório RT-03-001*. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul - Relatório Final da Meta III – Revisão A, São Paulo, fevereiro.

- Cooperação Brasil-França, 1994, *Implantação da Agência Técnica e Diagnóstico da Bacia - Relatório Principal*. Projeto Paraíba do Sul - Fase B, Rio de Janeiro.
- Cooperação Brasil-França, *Implantação da Agência Técnica e Diagnóstico da Bacia*. In: Projeto Paraíba do Sul - Fase B.
- Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, 1997, *Extração de Areia*. In: Projeto Planagua - Planejamento dos Recursos Hídricos do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- COSTA, Georgiane, 1994, *Caracterização Histórica Geomorfológica e Hidráulica do Estuário do Rio Paraíba do Sul*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), 2001, *Estudo de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro*. ANEEL, SEMADS, Belo Horizonte.
- CPTI (Cooperativa de Serviços, Pesquisas Tecnológicas e Industriais), 2000, *Planos de Bacia – UGRHI 1 – Serra da Mantiqueira e UGRHI 2 – Paraíba do Sul*. São Paulo.
- CRH/CORHI (Conselho Estadual de Recursos Hídricos/Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos), 1997, *Simulação da Cobrança pelo Uso da Água: Versão Preliminar de 20.08.1997*. Grupo de Trabalho para o Modelo de Simulação SMA/CETESB/DAEE, São Paulo, agosto.
- CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), 2001, *Monitoramento do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, junho.
- CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), 2001, *Monitoramento do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, novembro.
- CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), 2001, *Relatório de Acompanhamento Mensal – agosto 2001*.
- CTH, DAEE, EPUSP, 1985, *Transporte Sólido por Suspensão em Rios Paulistas*. São Paulo.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), 1979, *Estudos de Águas Subterrâneas – Região Administrativa 3 – São José dos Campos*, v. 1 – Resumo.
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), 1984, *Caracterização dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo*.
- ELETROBRÁS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. , IPH/UFRGS, 1992, *Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros*. Rio de Janeiro.
- ELETROBRAS/GCPS-CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, 1999, *Plano Decenal de Expansão 2000/2009*. Rio de Janeiro.
- ENGEORPS, 1998, *Manual de Outorga*. In: Relatório 210-SRH-MAO-RT-006/98, Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, Fundação Arthur Bernardes, Brasília.

EPA (Environmental Protection Agency), 1973, *Water Quality Criteria 1972*. National Academy of Science, Ecological Research Series, U. R3-73-033, Washington.

ESTEVES, F.A., 1988, *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro, Interciência.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), 1998, *Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - 1997*. Minas Gerais.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), 1999, *Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - 1998*. Minas Gerais.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente), 2000, *Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - 1999*. Minas Gerais.

FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente), 1996, *Bacia do Rio Paraibuna – Enquadramento das Águas. Fase I – Proposta de Enquadramento*. Minas Gerais.

FEEMA, CEPIS, CETESB, 1990, *Avaliação e Gerenciamento de Substâncias Tóxicas em Águas Superficiais. Estudo de Caso - Rio Paraíba do Sul*. São Paulo.

FINKELSTEIN, A., 1980, *Estudo de Hidrologia Subterrânea para a Fábrica de Elementos Combustíveis*.

FINOTTI, A. R., CAICEDO, O. L., RODRIGUEZ, M.T.R., 2001, *Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados de Petróleo: Toxicidade e a Legislação Brasileira*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2 (abr/jun), pp. 29-46.

FORMIGA-JOHNSSON, R.M., 2001, *Consórcios Intermunicipais de Bacias Hidrográficas: Histórico e Interface com os Comitês de Bacia*. In: Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos da ABRH, Aracaju, novembro.

FORMIGA-JOHNSSON, R.M., SCATASTA, M., *One Brazil? The impact of regional differences on Brazil's new water management system: an analysis of its implementation in the Paraíba do Sul and Curu Rivers Basins*. In: River Basin Management, G. Alaerts (ed.), The World Bank, Washington (no prelo).

IMAGEM Sensoriamento Remoto S/C Ltda, *Monitoramento e Gerenciamento da Qualidade da Água do Reservatório de Funil - Imagem 105-AS-DEC-T-0010/92 - Anexo 7 - Dados das Coletas de Água Realizadas no Reservatório de Funil no Período entre Janeiro e Agosto de 1993*, FURNAS Centrais Elétricas S.A, Rio de Janeiro.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A, *Reservatório de Funil*. Rio de Janeiro.

FURNAS/ENGEVIX, 1990, *Estudos Ambientais dos Aproveitamentos Hidrelétricos do Rio Paraíba do Sul - Estudo da Qualidade da Água*. Rio de Janeiro.

GCOI/GTHO/ELETOBRÁS - Grupo Coordenador para Operação Interligada/Grupo de Trabalho de Hidrologia Operacional, 1992, *Levantamento das Restrições Hidráulicas da Bacia do Paraíba do Sul*. Subcomitê de Estudos Energéticos, Rio de Janeiro.

- GEROE (Grupo Executivo para Recuperação e Obras de Emergência), 1995, *Mapa de Cobertura Vegetal e Uso do Solo do Estado do Rio de Janeiro e da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*.
- HABERMAS, JURGEN., 1995, *Três Modelos Normativos de Democracia*. In: Lua Nova, Revista de Cultura e Política, n. 36.
- HIDROESB (Laboratório Hidrotécnico Saturnino de Brito), 1974, *Levantamento da Penetração do Prisma de Salinidade no Canal de São Francisco - Relatório final*. Rio de Janeiro, novembro.
- HIRSCHMAN, ALBERT O., 1995, *Auto-subversão: Teorias Consagradas em Xequê*. São Paulo, Companhia das Letras.
- HORA, M., 1996, *Avaliação do Transporte de Sólidos na Sub-bacia do Ribeirão do Rato, Região Noroeste do Paraná*. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1990, *Censo Agropecuário 1985, Número 18, Minas Gerais*. Rio de Janeiro.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1997, *Censo Agropecuário 1995-1996, Número 16, Minas Gerais*, Rio de Janeiro, setembro.
- Instituto Geológico/SMA/SP, CETESB, DAEE, 1997, *Mapeamento da Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo*, v.1, São Paulo.
- IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), 1981, *Mapa Geológico do Estado de São Paulo - 1:500.000*. In: Série Monografia n. 6, São Paulo.
- TORO, J.B., DUARTE WERNECK, N.M., 1997, *Mobilização Social: um Modo de Construir a Democracia e a Participação*. Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal / Secretaria de Recursos Hídricos, ABEAS, UNICEF, Brasília.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2000 *Consolidação dos Estudos de Enquadramento dos Corpos de Água em Classes de Uso – Relatório PPG-RE-22*. In: Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, fevereiro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2001, *Cobrança pelo Uso da Água Bruta: Experiências Europeias e Propostas Brasileiras - Relatório GPS-RE-011-RO*. In: Projeto PROAGUA – Fortalecimento Institucional, Fase III: Sistema de Gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Junho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2000, *Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Programa de Mobilização Participativa e Estratégias de Aplicação - Relatório PPG-RE-023-R0*. In: Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, fevereiro.

- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2000, *Recuperação Ambiental da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Implementação do Programa de Mobilização Participativa na Bacia do Rio Paraíba do Sul - Relatório PPG-RE-049-R0*. In: Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, agosto.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1997, *Operação dos Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Sistema Light - Relatório PS-RE-22-R0*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ, Rio de Janeiro, outubro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1997, *Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região A - Relatório PS-RE-27-R1*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, dezembro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1998, *Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região B - Relatório PS-RE-49-R0*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, fevereiro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1998, *Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região C - Relatório PS-RE-63-R0*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, junho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1999, *Programa de Investimentos de Minas Gerais - Drenagem Urbana - Relatório PPG-RE-017-R0*. In: Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, dezembro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1998, *Modelagem de Qualidade de Água – Sub-Região A – Relatório PS-RE-26-R3*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, novembro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1998, *Modelagem de Qualidade de Água – Sub-Região B – Relatório PS-RE-48-R1*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, setembro.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1998, *Modelagem de Qualidade de Água – Sub-Região C – Relatório PS-RE-62-R0*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, junho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2001, *Diagnóstico da Cheia de Janeiro/2000 no Rio Paraíba do Sul - Trecho Fluminense – Relatório GPS-RE-006-R0*. In: Sistema de Gestão da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, março.

- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2000, *Diagnóstico e Proposta de Melhoria do Sistema de Drenagem do Rio Brandão em Volta Redonda – Relatório PPG-RE-036-R0*. In: Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, julho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1999, *Saneamento Básico - Sub-Região A – Relatório PS-RE-25-R1*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, junho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1999, *Saneamento Básico - Sub-Região B – Relatório PS-RE-47-R1*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, junho.
- LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 1999, *Saneamento Básico - Sub-Região C – Relatório PS-RE-61-R1*. In: Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ, Rio de Janeiro, junho.
- LAMEGO, Alberto R., 1940, *Restingas na Costa do Brasil*. Boletim DNPM, n. 96, Rio de Janeiro.
- LAMEGO, Alberto R., 1944, *A bacia de Campos na Geologia Litorânea do Petróleo*. Boletim DNPM, n. 113, Rio de Janeiro.
- LAMEGO, Alberto R., 1945, *O Homem e o Brejo*. IBGE/CNG, Rio de Janeiro.
- LAMEGO, Alberto R., 1955 - *Geologia das Quadrículas de Campos, São Tomé, Lagoa Feia e Xexé*. Boletim DNPM, n. 154, Rio de Janeiro.
- LARSEN, J., 1977, *Proposed Scheme for Checking the Intrusion of Saline Water into the São Francisco Canal at Baía de Sepetiba*, Transpavi-Codrassa, Rio de Janeiro, setembro.
- LE GALES, P., THATCHER, M., 1995, *Les Réseaux de Politique Publique : Débat Autour des Policy Networks*. Paris, L'Harmattan.
- LIGHT S.A, 2001, *Disponibilidade de água no rio Guandu. Reunião Técnica sobre Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Guandu/Canal de São Francisco*. SERLA/SEMADS/UFRRJ, Seropédica, janeiro.
- LIGHT, 1996, *Controle de cheias no rio Piraí: Aspectos Operacionais e Ambientais*. Diretoria Executiva de Geração / Superintendência de Usinas, Rio de Janeiro, dezembro.
- LIGHT/DNAEE, 1994, *Rio Paraíba do Sul a Jusante de Santa Cecília. Campanha Intensiva de Medições e Parecer Técnico Sobre o Impacto na Qualidade de Água Causado por Variações de Vazão*. Rio de Janeiro, novembro.

- LOPES, M.F.C., 1984, *Condições de Ocorrência de Água Subterrânea nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari*. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, São Paulo, SP, Brasil.
- MACHADO, P.A.L., 2000, *Gerenciamento de recursos hídricos: a Lei 9.433/97*. In: Silva, D.D., Pruski, F.F. (orgs.), *Gestão de Recursos Hídricos: Aspectos Legais, Econômicos e Sociais*, 1 ed., capítulo 2, Brasília, Brasil, SRH/MMA-UFV-ABRH.
- MACIEL, P., 2000, *Zoneamento das Águas – Um Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos*. PROAGUA/IGAM, janeiro.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., DOMINGUEZ, J.M.L., et al., 1997, *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo*. CPRM, Belo Horizonte.
- MUYLAERT, M.S., ROSA, L.P., FREITAS, M.A.V., et al., 2000, *Consumo de Energia e Aquecimento do Planeta*. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- OCDE, 1989, *Gestion des Ressources en Eau. Politiques intégrées*. Paris, OCDE.
- OLIVEIRA, A., 1998, *As Experiências Internacionais de Reestruturação*. In: Oliveira, A., Pinto Junior, H.Q. (orgs.), *Financiamento do Setor Elétrico Brasileiro: Inovações Financeiras e Novo Modo de Organização Industrial*, 1 ed., capítulo 4, Rio de Janeiro, Brasil, Garamond.
- ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), 2001, *Diretrizes para as Regras de Operação de Controle de Cheias – Bacia do rio Paraíba do Sul*. Janeiro.
- REBOUÇAS, 1999, *Águas Subterrâneas*. In: REBOUÇAS, A C; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. (org.) - *Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação*, São Paulo, Ed. Escrituras.
- SABATIER, P.A., JENKINS-SMITH, H.C. (ed), 1993, *Policy Change and Learning: an Advocacy Coalition Approach (theoretical lenses on public policy)*. New York, Westview Press.
- SERLA (Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas), 2000, *Estudos Hidrológicos de Apoio à Concessão de Outorga*. Projeto PLANAGUA SEMADS/GTZ da Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Rio de Janeiro, dezembro.
- SILVA, D.D., PRUSKI, F.F., 2000, *Gestão de Recursos Hídricos – Aspectos Legais, Econômicos, Administrativos e Sociais*. MMA-SRH, Universidade Federal de Viçosa, ABRH, Brasília.
- SOUZA, S. M. T., 1995, *Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais*, 1 ed., Belo Horizonte, Hidrossistemas e COPASA-MG.
- SUGAI, M.R.V.B., 2000, *Planejamento dos Empreendimentos Hidrelétricos e Termelétricos com a Implantação dos Instrumentos das Políticas de Recursos Hídricos*. In: Anais do Workshop Nacional sobre Operação do Sistema Hidroenergético Brasileiro, ABRH/USP/FCTH, pp. 177-210, São Paulo, dezembro.

- TECNORTE (Parque de Alta Tecnologia do Norte Fluminense), 2001, *Projeto de Revitalização dos Canais da Baixada Campista*. FENORTE (Fundação Estadual do Norte Fluminense), SECT (Secretaria de Estado de Ciência de Tecnologia, Governo do Estado do Rio de Janeiro).
- TUNDISI, J.G. et al, 1988, *Comparação do Estado Trófico de 23 Reservatórios do Estado de São Paulo; Eutrofização e Manejo*. In: TUNDISI, JC. (ed), *Limnologia e Manejo de Represas*, v.1 e v.2, Série Monografias em Limnologia.
- UFJF (Universidade Federal de Juiz de Fora), 1998, *Diagnóstico dos Diagnósticos da Bacia do Rio Paraíba do Sul em Minas Gerais - Relatório Final*. IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), MMA (Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Amazônia Legal), SEMAD (Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais), abril.
- VIEIRA, A.M., 1997, *Hidrologia Estocástica e Operação de Reservatórios*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- WILSON JR., G., RODRIGUES, H. T., SANTOS, J.S., et al, 1979, *Estudos Hidráulico-Sedimentológicos Realizados no Trecho Inferior do rio Ivaí*. Organização dos Estados Americanos - Projeto Hidrologia, CBTN, ARH, SVOP, Paraná.

**ANEXO**

**RELAÇÃO DE DOCUMENTOS EMITIDOS****a) PQA -RJ**

Documentos relativos Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – (PQA-RJ) e emitidos pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ

- PS-RE-001-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ.  
PRODOC  
**Concepção do Programa Estadual de Investimentos e do Projeto de Gestão dos Recursos Hídricos no Âmbito do Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA-SEPURB/MPO)**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1996.
- PS-RE-002-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ.  
**Plano de Trabalho do Estado do Rio de Janeiro. Programa Estadual de Investimentos - PQA**  
Rio de Janeiro. Julho, 1996.
- PS-RE-003-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ -  
**Plano de Trabalho Detalhado**  
Rio de Janeiro. Janeiro, 1997.
- PS-RE-004-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Diagnóstico das Enchentes na Bacia do rio Muriaé. Visita ao Campo Realizada nos dias 21, 22 e 23 de Janeiro/97**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1997.
- PS-RE-005-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Aplicação do Modelo QUAL2E ao Rio Paraíba do Sul**  
Rio de Janeiro. Janeiro, 1997.
- PS-RE-006-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Carta Consulta - Preliminar**  
Rio de Janeiro. Janeiro, 1996.
- PS-RE-007-RA-1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento I - Período Janeiro e Fevereiro de 1997**  
Rio de Janeiro. Março, 1997
- PS-RE-008-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Recuperação da Qualidade da Água do Rio Guandu**  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-009-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ  
**Saneamento Básico**  
(Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Abril, 1997
- PS-RE-010-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ  
**Controle de Erosão** (Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Abril, 1997
- PS-RE-011-R2** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento - Período Março e Abril/97**  
Rio de Janeiro. Maio, 1997

- PS-RE-012-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Resíduos Sólidos*** (Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-013-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Enchentes e Drenagem Urbana*** (Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-014-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Modelagem de Qualidade da Água - Trecho Funil Santa Cecília***  
(Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-015-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Recursos Pesqueiros*** (Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-016-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Poluição por Fontes Difusas*** (Relatório Parcial)  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-017-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Resumo do 1º. Seminário de Discussão do Plano de Investimentos para a Bacia do Rio Paraíba do Sul***  
Rio de Janeiro. Maio, 1997
- PS-RE-018-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Reprogramação das Metas I, II e III***  
Rio de Janeiro. Julho, 1997
- PS-RE-019-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Estrutura do Programa de Investimentos (Sub-Região A)***  
Rio de Janeiro. Julho, 1997
- PS-RE-020-RA-3** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Relatório de Andamento III - Período Maio, Junho e Julho/97***  
Rio de Janeiro. Agosto, 1997
- PS-RE-21-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Estudo da Capacidade Financeira dos Municípios e do Estado do Rio de Janeiro***  
Rio de Janeiro. Outubro, 1997
- PS-RE-22-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Operação dos Reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Sistema Light***  
Rio de Janeiro. Outubro, 1997
- PS-RE-23-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Controle de Erosão - Sub-Região A***  
Rio de Janeiro. Outubro, 1997
- PS-RE-24-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Diagnóstico Ambiental do Reservatório de Funil - Sub-Região A***  
Rio de Janeiro. Setembro.1997- Rev.1-Dez/97

- PS-RE-25-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Saneamento Básico - Sub-Região A**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1997. Rev.1, Jan/99
- PS-RE-26-R3** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Modelagem de Qualidade da Água - Sub-Região A**  
Rio de Janeiro. Setembro.97- Rev.1-Dez/97 / Rev.2-Mai/98 / Rev.3-Set/98
- PS-RE-27-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região A**  
Rio de Janeiro. Setembro.1997-Rev.1/Dez/97
- PS-RE-28-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Resíduos Sólidos - Sub-Região A**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-29-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Diagnóstico Preliminar das Condições Hidrossedimentológicas do Rio Paraíba do Sul e de seus Principais Afluentes.**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1997
- PS-RE-30-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Controle da Poluição Hídrica Industrial na Bacia do Rio Paraíba do Sul - Sub-Regiões A, B e C**  
Rio de Janeiro. Janeiro, 1999
- PS-RE-31-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**PRODOC - Revisão Substantiva C**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1997 - Rev.1 - Dez/97
- PS-RE-32-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Proposição do Projeto Piloto (MINUTA)**  
Rio de Janeiro. Novembro, 1997
- PS-RE-33-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos para Recuperação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**  
Rio de Janeiro. Novembro, 1997
- PS-RE-34-RA-04** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento IV - Período Outubro e Novembro/97**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-35-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Consolidação Subprogramas - Sub-Região A**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997 - Rev.1 - Janeiro/98
- PS-RE-36-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Itatiaia**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-37-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Resende**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997

- PS-RE-38-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Barra Mansa***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-39-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Volta Redonda***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-40-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Barra do Pirai***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-41-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Vassouras***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-42-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Mendes***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-43-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Paraíba do Sul***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-44-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Três Rios***  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1997
- PS-RE-45-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Relatório de Consolidação Subprogramas - Sub-Regiões A e B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998
- PS-RE-46-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Controle de Erosão - Sub-Região B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998
- PS-RE-47-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Saneamento Básico - Sub-Região B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998. Rev.1- Jan/99
- PS-RE-48-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Modelagem de Qualidade da Água - Sub-Região B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998. Rev.1 - Set/98
- PS-RE-49-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998
- PS-RE-50-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
***Resíduos Sólidos - Sub-Região B***  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998

- PS-RE-51-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Resumo Executivo**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1998. Rev. 1 - Mar/99
- PS-RE-52-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Poluição por Fontes Difusas**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1998
- PS-RE-53-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Sistema de Planejamento de Investimentos na Bacia do Rio Paraíba do Sul**  
Rio de Janeiro. Março, 1998. Rev.1 - Mar/99
- PS-RE-54-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Subsídios para a Tarifação dos Serviços de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos – Sub-Regiões A,B e C**  
Rio de Janeiro. Maio, 1998. Rev. 1 - Ago/98
- PS-RE-55-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Petrópolis/Cascatinha**  
Rio de Janeiro. Abril, 1998
- PS-RE-56-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Teresópolis**  
Rio de Janeiro. Abril, 1998
- PS-RE-57-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Cordeiro**  
Rio de Janeiro. Abril, 1998
- PS-RE-58-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Cantagalo**  
Rio de Janeiro. Abril, 1998
- PS-RE-59-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Complementação dos Componentes de Esgotamento Sanitário e Drenagem Urbana - Nova Friburgo/Conselheiro Paulino**  
Rio de Janeiro. Abril, 1998
- PS-RE-60-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Controle de Erosão - Sub-Regiões A, B e C**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998
- PS-RE-61-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Saneamento Básico - Sub-Região C**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998. Rev.1, Jan/99
- PS-RE-62-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Modelagem e Qualidade da Água - Sub-Região C**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998
- PS-RE-63-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Enchentes e Drenagem Urbana - Sub-Região C**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998

- PS-RE-64-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Resíduos Sólidos - Sub-Região C**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998
- PS-RE-65-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**PRODOC - Revisão Substantiva E**  
Rio de Janeiro. Junho, 1998
- PS-RE-66-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Recursos Pesqueiros – Sub-Regiões A, B e C**  
Rio de Janeiro. Julho, 1998
- PS-RE-67-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Consolidação Subprogramas - Sub-Regiões A, B e C**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1998. Rev. 1 - Mar/99
- PS-RE-68-R1** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Estudos Econômicos Para Hierarquização das Intervenções Estruturais**  
Rio de Janeiro. Agosto, 1998. Rev.1, Jan/99.
- PS-RE-69-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Modelo de Gestão de Recursos Hídricos**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1998
- PS-RE-70-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Elaboração de Projetos Básicos de Saneamento – Bacias 5,7 e 8 da Cidade de Volta Redonda.**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999  
**Volume 1** - Relatório do Projeto  
Tomo I - Memorial Descritivo e de Cálculo  
Tomo II - Especificações de Materiais e Serviços  
Tomo III - Estimativa de Custo  
**Volume 2** - Desenhos  
Tomos I, II, III e IV  
**Volume 3** - Topografia
- PS-RE-71-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Projeto Básico de Drenagem Urbana – Município de Petrópolis – Rio Quitandinha.**  
**Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999**  
**Volume 1** - Texto e Desenhos  
**Volume 2** - Especificações Técnicas
- PS-RE-72-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Projeto Básico de Drenagem Urbana – Município de Resende – Valão Periférico e Ribeirão Preto**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999  
**Volume 1** - Texto e Desenhos  
**Volume 2** - Especificações Técnicas
- PS-RE-73-R0** Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ  
**Projeto Básico de Drenagem Urbana – Município de Barra Mansa – Rio Barra Mansa.**  
**Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999**  
**Volume 1** - Texto e Desenhos  
**Volume 2** - Especificações Técnicas

<b>PS-RE-74-R0</b>	Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ <b>Análise Ambiental</b> Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999
<b>PS-RE-75-R0</b>	Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ <b>Mobilização e Divulgação</b> Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999
<b>PS-RE-76-R0</b>	Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ <b>Estratégias de Implantação do Programa Estadual de Investimentos - RJ</b> Rio de Janeiro. Fevereiro, 1999
<b>PS-RE-77-R0</b>	Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ <b>Estudos Hidrológicos</b> Rio de Janeiro. Março, 1999
<b>CD-Rom</b>	Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – RJ Rio de Janeiro. Julho, 1999

**b) PQA -SP**

Documentos relativos Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – (PQA-SP) e emitidos pelo Consórcio ICF – Kaiser – Logos:

<b>NT-01-001</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Primeiro Conjunto de Componentes de Intervenções</b> São Paulo. Versão A – 03SET98.
<b>NT-01-002</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Diagnóstico de Vulnerabilidades Ambientais – Processos de Preservação e Degradação Ambientais na Bacia do Paraíba do Sul no Estado de São Paulo.</b> São Paulo. Versão B – 26NOV98.
<b>NT-01-003</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Sistematização das Informações relativas ao Uso do Solo – Organização Territorial e Estrutura Urbana.</b> São Paulo. Versão B – 18FEV99.
<b>NT-01-004</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Consolidação de Dados para Uso no Modelo de Qualidade de Água do Rio Paraíba do Sul</b> São Paulo. Versão A – 04SET98.
<b>NT-01-005</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Caracterização e Qualificação das Demandas</b> São Paulo. Versão A – 07OUT98.
<b>NT-01-006</b>	Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP. <b>Caracterização e Qualificação dos Objetivos</b> São Paulo. Versão A – 14OUT98.

- NT-01-007** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Prognósticos e Cenários de Desenvolvimento da Organização da Estrutura Territorial Urbana.***  
São Paulo. Versão B – 18FEV99.
- NT-01-008** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Ajuste do Modelo Qual2E e Simulações Iniciais***  
São Paulo. Versão A – 07OUT98
- NT-01-009** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Nota Metodológica do Modelo de Decisão a ser Utilizado***  
São Paulo. Versão A – 07OUT98.
- NT-01-010** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Proposta de Alternativas Preferenciais de Intervenções***  
São Paulo. Versão B – 29MAR99.
- NT-01-011** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Alternativas e Matrizes para Aplicação do Modelo de Decisão***  
São Paulo. Versão B – 05FEV99.
- NT-01-012** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Regionalização de Vazões Médias de Longo Termo e de Vazões Mínimas de Sete Dias de Duração e Dez Anos de Período de Retorno***  
São Paulo. Versão A – 01OUT98.
- NT-01-013** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Drenagem Urbana na Bacia do Rio Paraíba do Sul – Trecho Paulista***  
São Paulo. Versão A – 24DEZ98.
- NT-01-014** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul – Trecho Paulista – Simulações para Orientar a Formulação de Cenários***  
São Paulo. Versão A – 29DEZ98.
- NT-01-015** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo***  
São Paulo. Versão A – 13JAN99.
- RT-01-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
***Relatório Final da Meta I – Concepção do Subprograma Estadual de Investimentos Vol. 1 e 2***  
São Paulo. Versão A – 30MAR99.

**META II**

- NT-02-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Caracterização da Economia Regional**  
São Paulo. Versão A – 29OUT98.
- NT-02-002** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Cenários e Projeções Populacionais**  
São Paulo. Versão A – 16NOV98.
- NT-02-003** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Subsídios para a Cobrança pelo Uso da Água**  
São Paulo. Versão A – 26NOV98.
- NT-02-004** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Capacidade de Investimento e Endividamento dos Municípios Paulistas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.**  
São Paulo. Versão A – 26NOV98.
- NT-02-005** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Elementos Básicos da Avaliação Econômico-Financeira**  
São Paulo. Versão A – 21JAN99.
- RT-02-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Relatório Final da Meta II – Avaliação Econômico-Financeira dos Componentes.**  
São Paulo. Versão A – 18MAR99.

**META III**

- NT-03-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Matriz Institucional de Responsabilidades**  
São Paulo. Versão A – 05AGO98.
- NT-03-002** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Diagnóstico da Matriz Institucional**  
São Paulo. Versão A – 03SET98.
- NT-03-003** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Definição do Modelo de Gestão – Fundamentos Jurídicos e Institucionais para a Formulação do Modelo de Gestão Interestadual da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.**  
São Paulo. Versão A – 19OUT98.
- NT-03-004** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Estruturação da Agência da Bacia**  
São Paulo. Versão A – 16NOV98.

- NT-03-005** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Resoluções do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira em Relação aos Aspectos Institucionais do PQA-PBS e suas Implicações para seu Prosseguimento.**  
São Paulo. Versão A – 23NOV98.
- RT-03-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Relatório Final da Meta III – Estudos Relativos ao Arranjo Institucional**  
São Paulo. Versão A – 09MAR99.

### RELATÓRIOS FINAIS

- RT-10-001** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Relatório Final do PQA da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo**  
São Paulo. Versão A – 14MAI99.
- RT-10-002** Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Paraíba do Sul – SP.  
**Documento Estratégico de Negociação**  
São Paulo. Versão A – 14MAI99.

#### c) PPG

Documentos relativos Projeto Inicial da Bacia do Rio Paraíba do Sul – (PPG) e emitidos pelo Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ

- PPG-RE-001-R1** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Plano de Trabalho**  
Rio de Janeiro. Julho, 1999 - Rev.1 Agosto, 1999
- PPG-RE-002-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Carta Consulta à COFIEX (minuta)**  
Rio de Janeiro. Julho, 1999
- PPG-RE-003-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Estudo para Definição da Estrutura Jurídica da Unidade Executiva Transitória**  
Rio de Janeiro. Agosto, 1999
- PPG-RE-004-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Estudo para Definição da Estrutura Jurídica da Unidade Executiva Transitória (comentários)**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1999
- PPG-RE-005-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento - Julho-Agosto de 1999**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1999

- PPG-RE-006-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Project Concept Document - PCD (minuta)**  
Rio de Janeiro. Setembro, 1999
- PPG-RE-007-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Disposição de Resíduos Industriais na Bacia do Rio Paraíba do Sul**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1999
- PPG-RE-008-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Termo de Referência para o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Guandu**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1999
- PPG-RE-009-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Termo de Referência para Avaliação de Benefícios Econômicos**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1999
- PPG-RE-010-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Edital de Licitação para Levantamentos Aerofotogramétricos**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1999
- PPG-RE-011-R1** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Termo de Referência para Capacitação Técnica**  
Rio de Janeiro. Outubro, 1999 – Rev.1 Julho, 2000
- PPG-RE-012-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento - Setembro-Outubro-Novembro de 1999**  
Rio de Janeiro. Novembro, 1999
- PPG-RE-013-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Modelagem de Qualidade da Água**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1999
- PPG-RE-014-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Saneamento Básico**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1999
- PPG-RE-015-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Saneamento Básico - Juiz de Fora**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1999
- PPG-RE-016-R1** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Resíduos Sólidos**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1999 – Rev.1 Fevereiro, 2000

- PPG-RE-017-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Drenagem Urbana**  
Rio de Janeiro. Dezembro, 1999
- PPG-RE-018-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais - Estudo Populacional**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-019-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais – Subsídios para Tarifação dos Serviços de Saneamento Básico e Resíduos Sólidos**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-020-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais – Hierarquização dos Investimentos em Saneamento Básico e Resíduos Sólidos**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-021-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Investimentos de Minas Gerais – Controle de Erosão**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-022-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Consolidação dos Estudos de Enquadramento dos Corpos de Água em Classes de Uso.**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-023-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Programa de Mobilização Participativa e Estratégias de Aplicação**  
Rio de Janeiro. Fevereiro, 2000
- PPG-RE-024-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Relatório de Andamento Dezembro de 1999 e Janeiro-Fevereiro de 2000**  
Rio de Janeiro. Março, 2000
- PPG-RE-025-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Editais de Licitação para o Sistema de Esgotamento Sanitário das Bacias 5, 7 e 8 da Cidade de Volta Redonda, RJ.**  
Volume 1 - Projeto Executivo  
Volume 2 - Obras - Lote 1  
Volume 3 - Obras - Lote 2  
Volume 4 - Obras - Lote 3  
Rio de Janeiro. Março, 2000
- PPG-RE-026-R1** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
**Critérios para Hierarquização das Intervenções Estruturais**  
Rio de Janeiro. Abril, 2000 – Rev.1 Maio,2000

- PPG-RE-027-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Projeto de Concepção da Rede Telemétrica de Monitoramento da Quantidade e Qualidade da Água na Bacia do Rio Paraíba do Sul***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-028-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para o Fornecimento e Instalação da Rede Telemétrica de Monitoramento da Qualidade e Quantidade da Água na Bacia do Rio Paraíba do Sul.***  
Volume 1 – Versão em Português  
Volume 2 – Versão em Espanhol  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-029-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termo de Referência para a Rede Civil de Informações das Águas (RJ, SP e MG).***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-030-R1** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Aplicação dos Critérios para a Hierarquização das Intervenções Estruturais Relativas aos Projetos de Esgotamento Sanitário e Apresentação da Alternativa Recomendada para o Projeto Inicial.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000 – Rev.1 Julho, 2000
- PPG-RE-031-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termo de Referência para o Plano Diretor de Controle de Inundações no Rio Paraíba do Sul e Principais Afluentes.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-032-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termo de Referência para Desenvolvimento e Implantação dos Sistemas de Cadastro, Outorga e Cobrança, de Informações e Divulgação de Recursos Hídricos para os Usuários.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-033-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Consolidação do Programa de Investimentos de Minas Gerais.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-034-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termo de Referência para o Programa de Educação Ambiental (Programa Curso d'Água).***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-035-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termo de Referência para o Programa de Comunicação Social e Mobilização Participativa.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000

- PPG-RE-036-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Diagnóstico e Proposta de Melhoria do Sistema de Drenagem do Rio Brandão em Volta Redonda.***  
Volume I – Texto / Volume II - Tomo I – Anexos I e II  
Volume II - Tomo II – Anexos III, IV, V e VI  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-037-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Projeto-Piloto de Controle de Erosão em Barra Mansa, RJ.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-038-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Projeto-Piloto de Controle de Erosão em Ubá, MG.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-039-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Projeto-Piloto de Controle de Erosão em Guaratinguetá, SP.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-040-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Editais de Licitação para o Sistema de Esgotamento Sanitário das Bacias 5, 7 e 8 da Cidade de Volta Redonda, RJ - Versão BIRD***  
Volume 1 - Edital de Licitação para Elaboração do Projeto Executivo  
Volume 2 - Edital de Licitação para Execução das Obras  
- Tomo 1: Lote 1 - Coletores Troncos, Estações Elevatórias e Emissários de Recalque  
Volume 2 - Edital de Licitação para Execução das Obras  
- Tomo 2: Lote 2 - Primeira Etapa da Estação de Tratamento de Esgotos  
Volume 3 - Edital de Licitação para Supervisão das Obras  
Volume 4 - Edital de Licitação para Prestação de Serviços de Apoio Técnico e Administrativo nas Atividades de Gerenciamento do Programa de Implantação das Obras.  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-041-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para a Elaboração do Projeto Básico de Esgotamento Sanitário das Localidades de Resende e Agulhas Negras, RJ.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-042-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para a Elaboração de Estudos e Projeto Básico do Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgotos Sanitários da Cidade de São José dos Campos – Sistema Vidoca, Complementação Cambuí e Coletor Buquira, SP.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000

- PPG-RE-043-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para os Sistemas Isolados de Esgotamento Sanitário (Bandeira Branca e Meia Lua) da Cidade de Jacareí, SP.***  
Volume 1 - Edital de Licitação para Elaboração do Projeto Executivo  
Volume 2 - Edital de Licitação para Execução das Obras  
Volume 3 - Edital de Licitação para Supervisão das Obras  
Volume 4 - Edital de Licitação para Prestação de Serviços de Apoio Técnico e Administrativo nas Atividades de Gerenciamento do Programa de Implantação das Obras.  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-044-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para Adequação do Projeto Básico dos Módulos II e III do Sistema de Esgotamento Sanitário Barbosa Lage da Cidade de Juiz de Fora, MG.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-045-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Edital de Licitação para a Elaboração do Projeto Básico do Sistema de Esgotamento Sanitário da Cidade de Muriaé, MG.***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-046-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Project Appraisal Document (MINUTA)***  
Rio de Janeiro. Julho, 2000
- PPG-RE-047-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Síntese das Atividades Relativas à Elaboração das Minutas dos Editais de Licitação Referentes ao Componente Saneamento Básico.***  
Rio de Janeiro. Agosto, 2000
- PPG-RE-048-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Termos de Referência para os Projetos-Pilotos de Controle de Erosão.***  
Rio de Janeiro. Agosto, 2000
- PPG-RE-049-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Implementação do Programa de Mobilização Participativa na Bacia do Rio Paraíba do Sul***  
Rio de Janeiro. Agosto, 2000
- PPG-RE-050-R0** Projeto Preparatório para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Paraíba do Sul - RJ  
***Relatório Final***  
Rio de Janeiro. Agosto, 2000