

3 MÓDULO - ÁGUAS SUPERFICIAIS

3.1 INTRODUÇÃO

O módulo de Águas Superficiais realizou até a presente data, no âmbito das ações do Projeto Paulínia, as atividades pertinentes ao diagnóstico da região de estudo, quais sejam:

- a) Levantamento dos dados históricos da rede de monitoramento de qualidade das águas e do monitoramento regional do Rio Jaguari;
- b) Levantamento das cargas industriais lançadas no Rio Jaguari e seus tributários;
- c) Confecção do Diagrama Unifilar do Rio Camanducaia (localização dos lançamentos domésticos e industriais e captações);
- d) Amostragem dinâmica para determinação do tempo de trânsito do Rio Camanducaia e
- e) Estruturação para a modelagem matemática da dispersão de poluentes nos corpos de água superficiais.

Executada a campanha dinâmica de qualidade e os levantamentos de cargas do Rio Camanducaia pode-se considerar encerrados os levantamentos de dados necessários à modelagem matemática desse rio. Tais considerações são válidas também em relação aos Rios Atibaia e Jaguari. Vale ressaltar que o Rio Atibaia – objeto de estudo como bacia-piloto do projeto Brasil-Canadá – e que compõe junto aos Rios Camanducaia e Jaguari o conjunto dos rios a serem considerados na área de influência desse projeto, já tem suas informações de qualidade devidamente detalhadas e sistematizadas podendo ser integrado ao âmbito do projeto.

O modelo matemático para os Rios Jaguari e Camanducaia deverá ser unidimensional, estacionário e considerar apenas as fontes poluidoras localizadas.

A seguir, são apresentados os resultados observados para as bacias do Atibaia, Jaguari e Camanducaia.

3.2 RIO ATIBAIA

O Rio Atibaia compõe junto com os Rios Camanducaia e Jaguari o conjunto de rios a serem considerados na área de influência do Projeto Paulínia. Este rio, conforme planejado, não foi abordado neste projeto, pois foi motivo de estudo especial como bacia-piloto do Projeto Brasil-Canadá. Portanto, para o Rio Atibaia, as informações de qualidade estão devidamente detalhadas e sistematizadas, podendo ser integradas ao âmbito do Projeto Paulínia.

Com relação à modelagem matemática do Rio Atibaia, dispõe-se de levantamento adequado do diagrama unifilar, de tempo de trânsito, que foi medido há 10 anos, mas ainda é considerado válido, e de modelo de qualidade simplificado SIMOX. Esta modelagem admitiu as seguintes hipóteses principais:

- a) condição de regime estacionário, isto é, todos os parâmetros e entradas do sistema são considerados constantes no tempo;

- b) os parâmetros do sistema serão considerados constantes no espaço, isto é, características tais como vazão do rio, coeficiente de oxigenação e reaeração serão assumidas constantes ao longo do rio, no trecho simulado e
- c) somente fontes puntiformes de cargas poluidoras serão consideradas, retratando condições típicas da época de estiagem.

Para se estimar a necessidade de atualização dos dados hoje existentes e de se conduzir previsões de cenários futuros próximos, neste sistema, são apresentados de forma resumida: o levantamento dos dados referentes à Bacia do Rio Atibaia – parte de qualidade e quantidade dos recursos hídricos superficiais e um resumo dos conflitos decorrentes do uso da água na região e uma avaliação crítica do balanço hídrico (demanda x disponibilidade), de acordo com o Relatório Zero do Comitê de Bacia Hidrográfica Piracicaba / Capivari / Jundiá.

3.2.1 Levantamentos dos dados referentes à Bacia do Rio Atibaia

A ocupação do solo, associada ao desenvolvimento da região e ao baixo aproveitamento atual das águas subterrâneas, é responsável pelos usos expressivos, múltiplos e crescentes dos recursos hídricos superficiais da bacia, dentre os quais se destacam: abastecimento urbano e industrial, irrigação, recebimento de efluentes sanitários e industriais, geração de energia elétrica e recreação.

Segundo dados fornecidos pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica, as quantidades demandadas por setores de atividades em 1995 eram de 2,84 m³/s para uso industrial, 1,45 m³/s para irrigação e 4,55 m³/s para uso urbano.

A vazão natural média da Bacia do Rio Atibaia é de cerca de 38 m³/s, após drenar cerca de 2.820 km², desde suas nascentes. Ao longo de seu curso apresenta rendimentos da ordem de 13,4 L/s/km² na foz, 14,0 L/s/km² nas proximidades de Souza, 16,0 L/s/km² nas imediações de Itatiba e de 19,0 L/s/km² em Atibaia. Nos períodos de estiagem, a vazão natural mínima média de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos (Q7,10) é de 8,9 m³/s na foz, correspondendo a um rendimento de 3,3 L/s/km²; em Souza o rendimento é de 3,50 L/s/km², atingindo 4,4 L/s/km² em Itatiba e 5,5 L/s/km² em Atibaia. Não são no entanto essas vazões as disponíveis ao longo do rio. A implantação do Sistema Cantareira implicou na construção de dois reservatórios em suas cabeceiras, nos Rios Atibainha e Cachoeira, barrando uma área de drenagem de cerca de 720 km². Esses dois barramentos tiveram com consequência a retirada de uma parcela considerável das vazões produzidas pelas cabeceiras da bacia e, portanto, um agravamento nos conflitos gerados pela utilização das águas a jusante dos dois aproveitamentos.

A soma das vazões naturais médias dos Rios Cachoeira e Atibainha nos locais das barragens é da ordem de 16,0 m³/s. A operação dos dois reservatórios é realizada de forma a manter efluências mínimas de 1m³/s no Rio Atibainha e 2 m³/s no Rio Cachoeira, considerando as necessidades das irrigações a jusante e desde que as vazões em Paulínia não sejam inferiores a 15 m³/s. Na prática, observa-se que essa operação é efetuada durante cerca de 60% do tempo, podendo-se então considerar que na maior parte do tempo, dos 16 m³/s naturais apenas 3 m³/s são disponibilizados pelas barragens, ou seja, 13 m³/s são retirados das cabeceiras do rio. Além dessa maciça retirada, diversas outras são efetuadas ao longo do rio para satisfazer as demandas

domésticas, industriais e agropecuárias. Captações domésticas são efetuadas pelos municípios de Sumaré, Campinas, Valinhos, Itatiba, Jundiaí e Atibaia, que perfazem uma retirada média de 5,61 m³/s. Dentre essas, as mais expressivas são as efetuadas por Jundiaí de, em média 1,2 m³/s, totalmente revertidos para a bacia do Rio Jundiaí e Campinas, em média 3,3 m³/s, sendo 1,16 m³/s revertidos para a bacia do Rio Capivari.

Os usos industriais da água estão, predominantemente, localizados junto ao Polo Petroquímico de Paulínia e se caracterizam como não consuntivos. Embora as águas captadas retornem ao rio, não interferindo, em tese, na contabilização hídrica, alguns trechos específicos do rio são afetados substancialmente pelas retiradas. Como exemplo da influência dessas captações pode-se citar os cerca de 1,5 m³/s captados pela Rhodia próximo ao Córrego Peva, que retornando ao rio 3 km a jusante causam, nos períodos de estiagens, além de acentuada perturbação no regime hidráulico do rio, condições sanitárias críticas no trecho intermediário entre a captação e o lançamento.

A grande dificuldade para levar-se a cabo um estudo de projeção de captações industriais nesta bacia, resume-se na inexistência de planos, tanto de expansão interna das próprias indústrias, como dos municípios onde se localizam ou pretendem se instalar. Esta expansão está ligada diretamente a diversos fatores, tais como: existência de terrenos próprios às instalações de complexos industriais, lotes de baixo custo e localização adequada, recursos hídricos supostamente suficientes às necessidades operacionais, mão-de-obra específica segundo as diversificações industriais, mercado consumidor, vias de escoamento e acesso de matérias primas e manufaturados.

Quanto às captações para finalidades agrícolas, são estimadas em cerca de 1,15 m³/s em toda a bacia (Evolução da Agropecuária na Bacia do Rio Piracicaba e o Consumo de Água, SEADE, 1992) e se caracterizam por não estarem concentradas em um determinado trecho do rio. Um agravante em relação a esse tipo de utilização da água é sua característica 100% consuntiva, ou seja, não se considera nenhum retorno das águas captadas ao rio.

O gráfico apresentado na Figura 3.1 representa a evolução dos Q (7,10) ao longo do Rio Atibaia considerando os principais lançamentos e retiradas de água realizados ao longo do rio. As vazões mínimas disponíveis no rio são, nesse gráfico, representadas pelas vazões remanescentes mínimas de 7 dias de duração e dez anos de período de retorno. Essas vazões mínimas remanescentes, constituem-se dos Q (7,10) naturais contabilizados a partir dos dois barramentos do Sistema Cantareira descontadas as captações domésticas dos municípios de Jundiaí (1,2 m³/s), de Campinas (3,3 m³/s), acrescidas do lançamento, também de Campinas, efetuado no Ribeirão Anhumas (1,25 m³/s) e das efluências mínimas provenientes das barragens dos Rios Cachoeira (2,0 m³/s) e Atibainha (1,0 m³/s). Traduzem portanto, condições hidrológicas bastante severas.

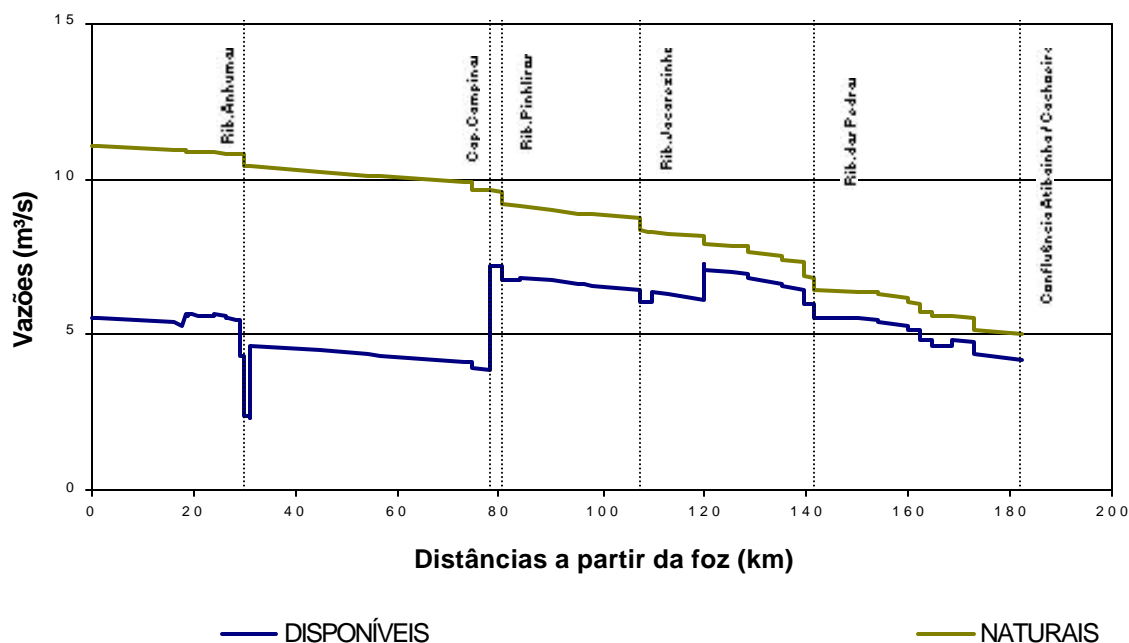


Figura 3.1 - Vazões disponíveis do Rio Atibaia – Q (7,10)

A evolução acima mostra que o trecho crítico em termos de disponibilidade hídrica do Rio Atibaia é o compreendido entre o Ribeirão Anhumas e a Captação de Campinas, efetuada logo a jusante do Ribeirão Pinheiros, onde os Q (7,10) disponíveis são inferiores não apenas aos observados na formação do rio como também à soma das vazões efluentes pelos dois reservatórios da SABESP, chegando a pouco mais de 2,5 m³/s. Deve-se ressaltar ainda, que a vazão de referência Q (7,10) não corresponde à vazão mínima crítica, podendo ser superada em severidade por outras de menores durações e períodos de retorno superiores. Esse fato, aliado à existência de captações industriais, domésticas e, provavelmente captações não identificadas destinadas a irrigação, que não foram consideradas na elaboração do gráfico, inferem que já exista atualmente um acentuado desequilíbrio entre a disponibilidade e as demandas de água. A importância desta afirmação poderá mais uma vez ser avaliada observando-se a Figura 3.2, onde são mostradas simultaneamente as vazões disponíveis no Rio Atibaia e as cargas poluidoras nele lançadas, configurando, mais uma vez, a situação crítica verificada nesse trecho do rio.

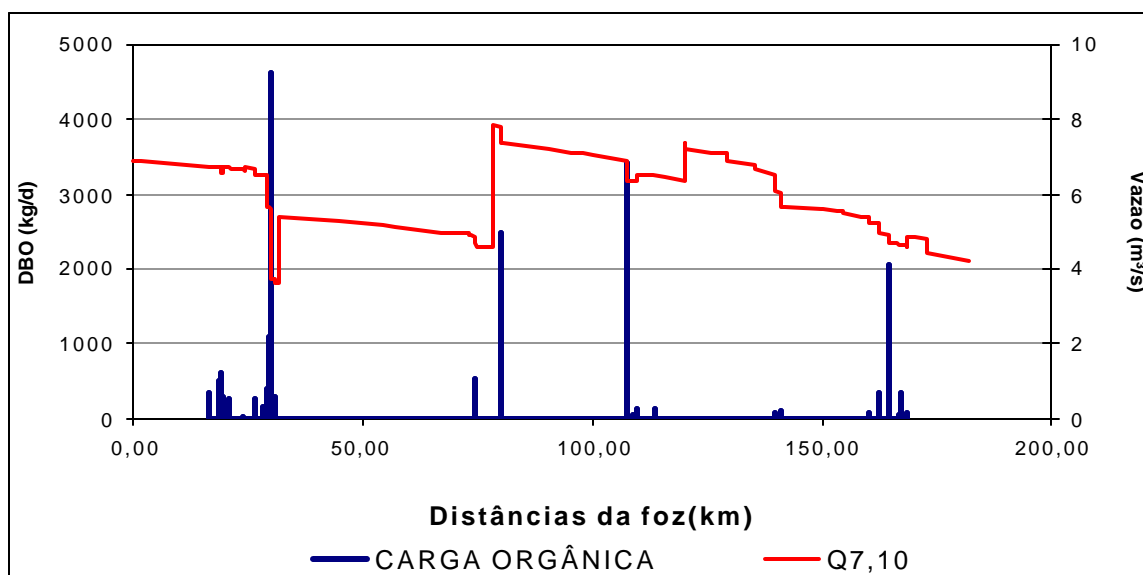


Figura 3.2 – Evolução das Vazões Mínimas e Referência (Q 7,10) e das Cargas Lançadas no Rio Atibaia

3.2.1.1 Regime de Vazões

As vazões naturais do Rio Atibaia, observadas antes da implantação do Sistema Cantareira, podem ser determinadas, com boa precisão, a partir dos dados de seis postos fluviométricos pertencentes à Rede Hidrométrica Básica, localizados ao longo de seu curso, com históricos de dados extensivamente consistidos e longos períodos de observações. Apresenta-se a seguir, na Tabela 3.1, a relação desses postos e as vazões médias mensais (em m³/s) utilizadas na determinação do regime de vazões do rio, abrangendo o período de 1930 a 1973.

Tabela 3.1 – Vazões Naturais Médias Mensais no Rio Atibaia-m³/s (1930 a 1973)

Posto Fluviométrico	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
Acima Paulínia	58.5	64	55.5	38.7	30.2	28.3	23.5	20.3	20.6	25.4	29.1	44.4	36.5
Des.Furtado	54.7	60.4	52.6	37.1	28.8	26.3	22.2	19.4	19.7	23.9	27.6	42.1	34.6
Bairro da Ponte	46.5	51.3	45.5	32.8	25.8	23.4	20	17.6	17.7	21.5	24.2	36	30.2
Atibaia	32.3	35.5	32.9	24.2	19.1	17.1	14.5	12.8	12.7	15.6	17.6	25.9	21.7
Piracaia	14.8	15.6	15.4	11.3	9.13	8.0	6.79	5.93	5.7	6.57	7.65	11.4	9.86
Nazaré Paulista	8.7	9.26	9.28	6.29	5.47	4.66	3.95	3.69	3.6	4.24	4.72	6.81	5.89

Fonte: DAEE

O que se pretende com os estudos apresentados a seguir é o estabelecimento da variação sazonal das vazões médias mensais do rio, e para tanto é necessário que seja feita uma comparação das vazões mensais de todos os postos admitidos no estudo. Essa comparação seria, no entanto, inviável de ser realizada a partir dos dados absolutos de cada posto, dada a diferente magnitude dos dados envolvidos. Um artifício hidrológico comum nesses casos consiste na adimensionalização dos dados a serem comparados, o que pode ser feito dividindo-se cada dado por um outro de mesma dimensão.

Na Figura 3.2 confronta-se os dados históricos dos postos fluviométricos básicos da bacia do Rio Atibaia, antes da implantação do Sistema Cantareira, com a finalidade de estabelecer a distribuição sazonal natural das vazões médias mensais naturais ao longo dos meses. A adimensionalização realizada consistiu em dividir cada uma das vazões médias mensais consideradas pela soma das vazões médias do ano, obtendo-se então as relações entre os totais escoados em cada mês em relação ao total escoado, em média durante o ano.

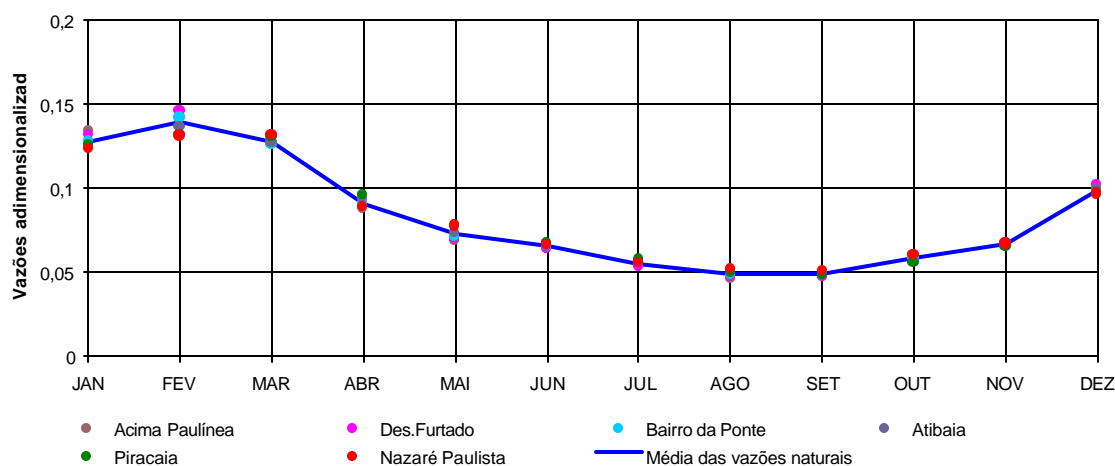


Figura 3.1- Evolução Sazonal das Vazões Naturais ao Longo do Rio Atibaia

A pequena discrepância observada nos valores de cada um dos seis postos analisados, permite afirmar que a distribuição das vazões médias mensais mostra um comportamento uniforme na distribuição das vazões de todos os postos considerados, indicando no sentido de que a bacia possa ser considerada hidrológicamente homogênea. Indica também que no período chuvoso, correspondente ao período de dezembro a maio, os deflúvios totalizam cerca de 75% dos totais médios anuais escoados. As evoluções sazonais apresentadas na Figura 3.3 correspondem ao período anterior a 1973, quando o rio se encontrava, ainda sob condições naturais de escoamento. A partir desse ano, com a implantação do Sistema Cantareira a operação dos Reservatórios dos Rios Atibainha e Cachoeira alterou sobremaneira a distribuição das vazões ao longo do ano. Apresentam-se, a seguir, na Tabela 3.2 as vazões médias mensais correspondentes às efluências (em m^3/s) desses dois reservatórios no período 1984-1997.

Tabela 3.2 – Vazões Efluentes Médias Mensais aos Reservatórios Atibainha e Cachoeira-m³/s (1984-1977)

Reservatório	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Atibainha	1.59	1.76	1.72	1.25	1.36	1.48	1.55	1.74	2.16	2.16	2.03	1.62	1.90
Cachoeira	3.48	3.76	3.23	2.52	3.08	3.28	3.62	4.97	5.67	5.55	5.00	3.32	3.96
Efluência total	5.07	5.52	4.95	3.77	4.44	4.76	5.18	6.71	7.83	7.71	7.03	4.93	5.66

Fonte: SABESP

O diagrama apresentado na Figura 3.4 representa, em linhas contínuas, a evolução média dessas vazões de operação, e em linhas pontilhadas, como comparação, a evolução das vazões naturais já apresentada na Figura 3.3. Assim como em relação às vazões naturais, os dados considerados nas evoluções foram adimensionalizados, tendo-se obtido a relação entre as vazões efluentes médias mensais em relação ao total liberado pelos dois reservatórios, em média, durante o período de dados considerado.

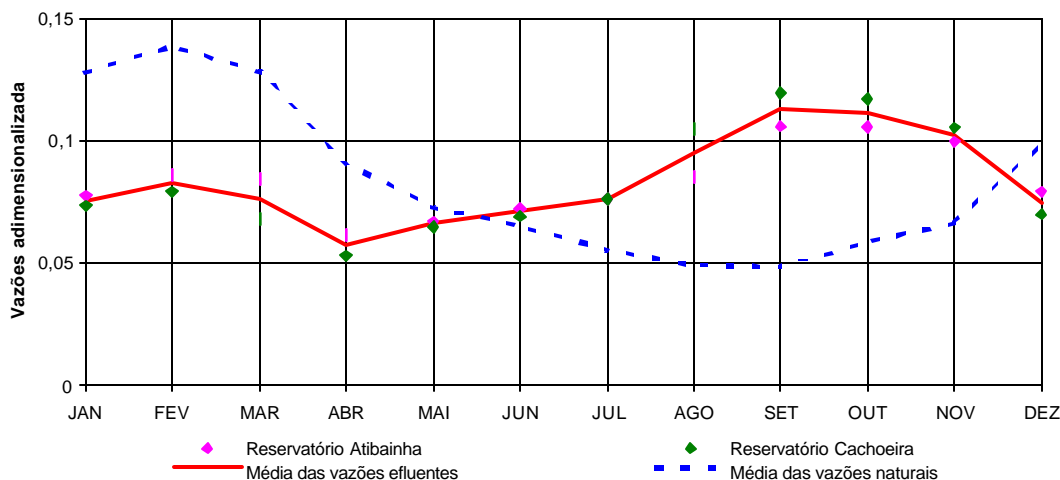


Figura 3.2 – Evolução das vazões naturais e regularizadas do Rio Atibaia nos locais dos barramentos do Sistema Cantareira

Essas evoluções mostram claramente a influência da regularização nas vazões dos Rios Atibaia, Atibainha e Cachoeira promovida pela operação dos dois reservatórios. Durante o período de estiagem, correspondente ao de junho a novembro, quando as vazões naturais correspondem a cerca de 25% dos totais médios naturais escoados, a operação dos dois reservatórios descarrega vazões próximas a 60% do total médio descarregado, em média, durante o ano. A influência dessa operação no regime de vazões do rio é evidentemente mais acentuada nos trechos dos Rios Cachoeira, Atibainha e Atibaia mais próximos aos dois aproveitamentos. A medida em que se distancia dos reservatórios, a recomposição das vazões naturais irá minimizar os efeitos da operação no regime de vazões do rio.

3.2.1.2 Regime de Chuvas

Para representar a evolução das precipitações mensais na Bacia do Rio Atibaia, foi elaborado o diagrama apresentado na Figura 3.5, utilizando-se de dados de 8 postos pluviométricos com extensos períodos de observações, que constam do Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo. As estações pluviométricas consideradas, períodos históricos de observações, bem como os dados mensais correspondentes (em mm/mês) são apresentados na Tabela 3.3.

Tabela 3.1 – Precipitações Pluviométricas Médias Mensais – mm

Posto Pluviométrico	Período	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
Itatiba	1941-1970	217	205	152	63	43	48	32	32	50	130	140	206	1318
Atibaia	1941-1970	240	198	150	70	39	47	31	30	64	125	147	198	1339
Piracaia	1953-1970	254	277	173	69	67	45	27	50	62	153	135	228	1540
Nazaré Pta.	1953-1970	235	199	161	62	54	36	25	41	66	141	130	218	1368
Us.Sto Gde	1941-1970	232	219	153	58	42	45	28	30	56	123	141	207	1334
Morungaba	1941-1970	254	216	145	67	48	49	31	33	61	127	138	208	1377
Des. Furtado	1941-1970	237	206	176	50	37	42	29	25	48	122	136	199	1307
Usina Americana	1941-1970	246	218	138	49	41	35	22	26	48	120	128	190	1261
MÉDIA		239	217	156	61	46	43	28	33	57	130	137	207	1356

A exemplo do diagrama de vazões, as evoluções das chuvas, tal como apresentadas na Figura 3.5, foram adimensionalizadas. Nesse caso, a adimensionalização constou em dividir-se cada total mensal pelo total precipitado, em média, no ano, durante os períodos históricos de observações, obtendo-se portanto, a razão entre as chuvas registradas, em média, em cada mês e os totais médios de chuvas anuais .

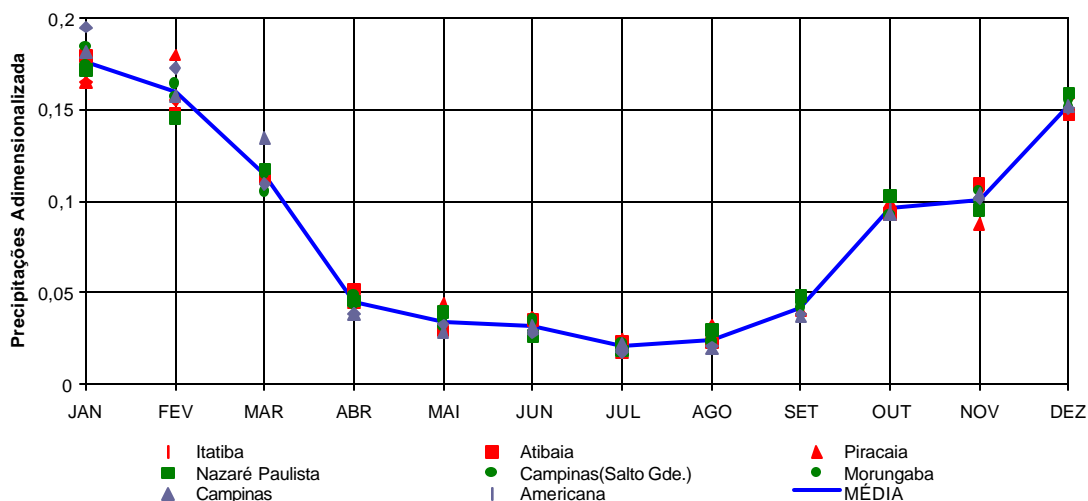


Figura 3.1 – Sazonalidade das precipitações mensais na bacia do Rio Atibaia

A semelhança entre as evoluções de todos os postos analisados, considerando sua distribuição espacial dentro da bacia, reforça a tese de que a região abrangida pela Bacia do Rio Atibaia esteja submetida a um mesmo regime hidrológico. Observa-se, no entanto, que os períodos chuvosos e secos não correspondem exatamente aos definidos pelas vazões efluentes ao Sistema Cantareira. O período de estiagem definido pelas chuvas, corresponde ao que vai de abril a setembro, quando são observadas 20% dos totais médios anuais e o período chuvoso de outubro a março no qual as precipitações totalizam 80% dessas médias.

3.2.1.3 Cargas Poluidoras - Cargas Localizadas Lançadas nos Corpos d'Água Superficiais

São apresentadas neste item, as cargas localizadas de origem doméstica e industrial, lançadas em corpos d'água superficiais, que servirão de base à avaliação do nível de comprometimento qualitativo.

3.2.1.3.1 Cargas Orgânicas de Origem Doméstica

As cargas poluidoras potenciais de origem doméstica foram calculadas com base nas populações urbanas atendidas por rede de esgotos, adotando-se a contribuição de 54 g de DBO(5,20) /dia/habitante. Já as cargas remanescentes foram obtidas em função da eficiência do sistema de tratamento, quando existente. A tabela 3.4 mostra a relação dos municípios cujos esgotos são lançados no Rio Atibaia ou seus afluentes, suas populações com as porcentagens de atendimento por coleta de esgotos e as cargas poluidoras potenciais e remanescentes. Com uma população urbana estimada em 692.469 habitantes, praticamente todo o esgoto doméstico destes municípios é lançado sem tratamento nos corpos receptores. São lançados diariamente 30.341,11 kg de DBO(5,20). Dos dez municípios que lançam esgotos na bacia, somente dois possuem sistema de tratamento, removendo apenas 1,3% da carga poluidora potencial desta bacia.

Tabela 3.1 – Sistemas de Esgotos e Cargas Orgânicas de Origem Doméstica

Município	População		Carga Orgânica (kg DBO(5,20)/dia)		Estação de Tratamento de Esgotos (ETE)	Corpo Receptor
	Urbana (hab) (1)	% Atendida por coleta (2)	Potencial (3)	Remanes- cente		
Atibaia	84.609	40	1.827,55	1.827,55	Não	Rio Atibaia
Bom Jesus Dos Perdões	9.966	90	484,35	484,35	Não	Rio Atibainha
Campinas (4)						
ETE Samambaia	52.791	86	2.451,61	2.451,61	Em obras	Ribeirão Samambaia
ETE Joaquim Egídio	1.337	86	62,09	62,09	Não	Ribeirão das Cabras
ETE Souza	11.593	86	538,38	538,38	Não	Rio Atibaia
ETE Barão Geraldo	27.163	86	1.261,45	1.261,45	Não	Ribeirão Anhumas
ETE Santa Candida	4.721	86	219,24	219,24	Não	Ribeirão Anhumas
ETE Anhumas	256.015	100	13.824,81	13.824,81	Não	Ribeirão Anhumas
Itatiba	63.443	88	3.014,81	3.014,81	em obras	Ribeirão Jacarezinho
Jarinu	7.566	50	204,28	30,64 (6)	Lagoa Facultativa	Ribeirão Campo Largo
Nazaré Paulista	5.028	95	257,93	38,69(6)	Lagoa Facultativa	Rio Atibainha
Paulínia	39.842	80	1.721,17	1.721,17	Não	Rio Atibaia
Piracaia	20.224	75	819,07	819,07	em obras	Rio Cachoeira
Valinhos	69.637	70	2.632,28	2.632,28	Não	Ribeirão Pinheiros
Vinhedo	38.534	68	1.414,97	1.414,97	em obras	Ribeirão Pinheiros
TOTAL	692.469	-	30.733,99	30.341,11	% remoção: 1,3 %	

Fonte: (1) Dados fornecidos pela Fundação SEADE - 1996

(2) Dados fornecidos pelas Prefeituras Municipais (1996/1997)

(3) Dados estimados utilizando-se contribuição per capita de 0,054 kg DBO(5,20)/dia/habitante

(4) Dados de população de Campinas fornecidos pela SANASA em função dos contribuintes de cada futura ETE

(5) Estimada eficiência de remoção de DBO de 85%

(6) Considerada eficiência de remoção de DBO de 85% conforme dados obtidos pela CETESB

3.2.1.3.2 Cargas de Origem Industrial

Para a verificação da contribuição da carga poluidora orgânica de origem industrial, foram realizadas amostragens compostas em um período de 24 horas, nos meses de maio e junho de 1998, nos efluentes tratados das principais indústrias da bacia. Os valores de carga orgânica remanescente obtidos foram listados em ordem decrescente na Tabela 3.5. Verifica-se que 14 indústrias são responsáveis por cerca de 99% do total da carga orgânica de origem industrial inventariada e lançada na bacia. A carga orgânica remanescente total é de 4.373,48 kg DBO/dia. Foram efetuadas, ainda, nas amostras de efluentes tratados das principais indústrias avaliadas, análises de fenóis. A Tabela 3.6 apresenta os dados obtidos, listados em ordem decrescente da carga remanescente de fenóis. Verifica-se que apenas uma indústria é responsável por 87,2% desta carga. Dados de análises mais recentes, cuja consistência está sendo verificada, apresentam redução significativa das emissões de fenóis da Indústria Bann Química. As atividades das indústrias amostradas são indicadas na Tabela 3.7.

Tabela 3.1 – Carga Orgânica Industrial Remanescente – kg DBO(5,20)/dia

Indústria	Município	Corpo Receptor	Carga Orgânica	% Acumulada
Rhodiaco Indústrias Químicas Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	1.080,60	24,70
Rhodia Brasil Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	793,0	42,84
J.Bresler S.A. Papel Papelão Emb.	Paulínia	Rio Atibaia	600,40	56,57
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil - Fabr.II	Itatiba	Rib. Jacaré	371,60	61,06
Granjas Mara S.A.	Itatiba	C.Juremas	290,40	71,70
Petróleo Brasileiro S.A. REPLAN	Paulínia	Rio Atibaia	269,20	77,80
Têxtil Duomo S.A.	Itatiba	R.P.	202,88	82,50
Rigesa Celulose Papel Embal. Ltda.	Valinhos	Rib.Pinheiros	186,42	86,76
Bann Química Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	162,00	90,47
Covolan Beneficiamento Têxtil Ltda.	Itatiba	Rib. Jacaré	141,22	93,69
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil Fab.I	Itatiba	C.Cióffi	55,97	94,97

Fibralin Têxtil S.A.	Itatiba	R.P.	51,99	96,16
Timavo do Brasil S.A. Ind. Têxtil	Itatiba	Rib.Jacaré	45,44	97,20
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil Fab.III	Itatiba	Rib.Jacaré	38,16	98,07
Ind. Gessy Lever Ltda.	Valinhos	C.Invernada	35,61	98,89
Shell Brasil S.A.	Paulínia	Rio Atibaia	17,80	99,29
Avícola Vinhedense Ltda.	Vinhedo	R.Pinheiros	10,53	99,54
Linhasita Ind. Linha para Coser Ltda.	Itatiba	R.P.	6,16	99,68
Tinturaria Estamparia Cofina Ltda.	B.J.Perdões	C.L.Azeda	5,11	99,77
CHR Hansen Ind.Com.Ltda.	Valinhos	R.P.	2,76	99,85
Prodome Quim.Farmacêutica	Campinas	Rio Atibaia	1,80	99,89
Laticínios Suíço Holandês Ltda.	Itatiba	Rio Atibaia	1,22	99,93
Cartonificio Valinhos S.A.	Valinhos	Rib.Pinheiros	1,17	99,95
Frigorífico Martini Ltda.	Valinhos	Rib. Jardim	1,14	99,98
Espetinhos Mimi Ltda.	Vinhedo	Rib.Pinheiros	0,50	99,99
Witco do Brasil Ltda.	Itatiba	Rib. Jacaré	0,40	100,00
TOTAL			4.373,48	100,00

Fonte: CETESB (1998)

Tabela 3.2 – Cargas Remanescentes de Fenóis das Principais Indústrias

Indústria	Município	Corpo Receptor	Carga fenóis Kg/dia	%Acumu- lada
Bann Química Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	36,90	87,2
Rhodia Brasil Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	1,59	90,9
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil - Fabr.II	Itatiba	Rib. Jacarezinho	1,04	93,4
Rhodiaco Indústrias Químicas Ltda.	Paulínia	Rio Atibaia	0,62	94,9
Petróleo Brasileiro S.A. REPLAN	Paulínia	Rio Atibaia	0,61	96,3
Rigesa Celulose Papel Embal. Ltda.	Valinhos	Rib. Pinheiros	0,30	97,0
J.Bresler S.A. Papel Papelão Emb.	Paulínia	Rio Atibaia	0,27	97,7
Tinturaria Estamparia Cofina Ltda.	B.J.Perdões	C.L.Azeda	0,25	98,3
Timavo do Brasil S.A. Ind. Têxtil	Itatiba	Rib. Jacaré	0,21	98,7
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil Fab.III	Itatiba	Rib. Jacaré	0,14	99,1

Têxtil Duomo S.A.	Itatiba	Rede Pública	0,11	99,3
Ind. Gessy Lever Ltda.	Valinhos	C.Invernada	0,07	99,5
Elizabeth S.A. Ind. Têxtil Fab.I	Itatiba	Rede Pública	0,05	99,6
Granjas Mara S.A.	Itatiba	C.Juremas	0,05	99,7
Covolan Beneficiamento Têxtil Ltda.	Itatiba	Rib.Jacaré	0,03	99,8
Linhasita Ind. Linha para Coser Ltda.	Itatiba	Rede Pública	0,02	99,9
Fibralin Têxtil S.A.	Itatiba	Rede Pública	0,01	99,9
Avícola Vinhedense Ltda.	Vinhedo	Af.R.Pinheiros	0,01	99,9
CHR Hansen Ind.Com.Ltda.	Valinhos	Rede Pública	0,01	99,9
Cartonificio Valinhos S.A.	Valinhos	Rib.Pinheiros	0,01	100,0
Shell Brasil S.A.	Paulinia	Rio Atibaia	0,01	100,0
Prodome Química Farmacêutica	Campinas	Rio Atibaia	0,01	100,0
Laticínios Suíço Holandês Ltda.	Itatiba	Rio Atibaia	0,00	100,0
Witco do Brasil Ltda.	Itatiba	Rib. Jacaré	0,00	100,0
Frigorífico Martini Ltda.	Valinhos	Rede Pública	0,00	100,0
Espetinhos Mimi Ltda.	Vinhedo	Rib.Pinheiros	0,00	100,0
TOTAL			42,32	

Fonte: CETESB (1998)

Tabela 3.3 – Atividade das indústrias prioritárias na Bacia do Rio Atibaia

INDÚSTRIA	ATIVIDADE
J BRESLER S/A PAPEL PAPELÃO E EMBALAGEM	FAB DE PAPEL E PAPELÃO
SHELL BRASIL S.A.	INDÚSTRIA QUÍMICA
PETROLEO BRASILEIRO S.A – PETROBRAS REPLAN	REFINARIA DE PETRÓLEO
RHODIA S.A	INDUSTRIA QUIMICA
BANN QUIMICA LTDA	INDÚSTRIA QUÍMICA
PRODOME QUIMICA E FARMACEUTICA LTDA	FAB DE PRODUTOS FARMACEUTICOS
LATICINIOS SUICO HOLANDES LTDA	FAB DE LATICINIOS
TINTURARIA E ESTAMPARIA COFINA LTDA	TINTURARIA E ESTAMPARIA
INDUSTRIAS GESSY LEVER LTDA	FÁBRICA DE SABÕES E SABONETES
CARTONIFICIO VALINHOS S.A	FAB DE PAPEL E PAPELÃO
RIGESA CELULOSE PAPEL E EMBALAGENS LTDA	FAB DE PAPELÃO E EMBALAGENS
CHR HANSEN INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	FAB DE COALHOS E COAGULANTES
FRIGORIFICO MARTINI LTDA	FAB DE PRODUTOS ALIMENTARES
AVICOLA VINHEDENSE LTDA	ABATE DE AVES

GRANJAS MARA S/A	ABATE DE AVES
ELIZABETH S.A IND TEXTIL III	INDUSTRIA TEXTIL
ELIZABETH S.A IND TEXTIL - FAB II	ESTAMPARIA E TINGIMENTO DE TECIDOS
ELIZABETH S.A IND TEXTIL I	INDUSTRIA TEXTIL
COVOLAN BENEFICIAMENTOS TEXTEIS LTDA	TINGIMENTO DE FIOS E TECIDOS
TEXTIL DUOMO S.A	INDUSTRIA TEXTIL
WITCO	FAB DE SILICONE
TIMAVO DO BRASIL S.A IND TEXTIL	TINGIMENTO DE TECIDOS
LINHASITA IND DE LINHAS P/ COSER LTDA	FABRICACAO DE LINHAS
FIBRALIN TEXTIL S.A	ESTAMP TINGIMENTO E ACABAMENTO TECIDOS
RHODIACO	INDUSTRIA QUIMICA
ESPETINHOS MIMI LTDA	PREPARAÇÃO DE ESPETINHOS PARA CHURRASCO

Fonte: CETESB (1998)

3.2.1.3.3 Carga Orgânica Total

A carga orgânica remanescente de origem doméstica da sub bacia é de 30.341,11 kg DBO(5,20)/dia e de origem industrial é de 4.373,48 kg DBO(5,20)/dia, perfazendo o total de 34.714,59 kg DBO(5,20)/dia. Por estes resultados podemos concluir que a carga orgânica de origem doméstica representa o principal problema do Rio Atibaia, em termos de cargas localizadas, que correspondem a 87,4% do total.

3.2.1.4 Diagrama Unifilar do Rio Atibaia

Na Figura 3.6 é apresentado um diagrama unifilar do Rio Atibaia, onde são indicados os pontos de captação de água para uso urbano e industrial, pontos de descarga de esgotos domésticos, pontos de descarga de efluentes industriais e pontos de monitoramento de qualidade.

[illegible]

3.2.1.5 Qualidade dos Recursos Hídricos Superficiais

O monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo é efetuado pela CETESB, de forma sistemática, em 154 pontos, distribuídos entre os principais corpos d'água do Estado, configurando assim uma Rede de Monitoramento de Qualidade. O objetivo da operação desta Rede consiste no acompanhamento das condições de qualidade da água ao longo do tempo, de maneira a fornecer subsídios que possam auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos, servindo assim como instrumento para o processo de tomada de decisão.

31

a) Parâmetros Físico-Químicos:

Temperatura da água	Turbidez
Temperatura do ar	Condutividade
PH	Coloração da Água
Oxigênio Dissolvido (OD)	Surfactantes
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Fenóis
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Cloreto
Ferro Total	Manganês
Nitrogênio Total	Bário
Nitrogênio Nitrato	Nitrogênio Nitrito
Nitrogênio Amoniacal	Nitrogênio Kjeldahl Total
Chumbo	Cádmio
Cobre	Cromo Total
Fósforo Total	Níquel
Ortofosfato Solúvel	Mercúrio
Resíduo Total	Zinco
Transparência	Resíduo Não Filtrável

b) Parâmetros Microbiológicos:

Coliformes Termotolerantes

c) Parâmetros Hidrobiológicos:

Clorofila-a e Feofitina-a

d) Parâmetros Ecotoxicológicos:

Teste de Toxicidade

Os parâmetros ecotoxicológicos foram inseridos em 1992 e os parâmetros hidrobiológicos em 1999.

A CETESB – Regional de Campinas realiza, ainda, amostragens bimestrais em diversos rios da região, para a elaboração de perfis sanitários, com enfoque direcionado para o monitoramento da qualidade das águas para o controle corretivo e preventivo, face ao lançamento de efluentes domésticos e industriais. Estes perfis complementam os dados da Rede de Monitoramento e têm por objetivo fornecer subsídios para o gerenciamento da qualidade das águas nas respectivas bacias hidrográficas. Assim, a elaboração dos perfis sanitários consiste em dar subsídios adicionais, tais como, monitoramento da qualidade das águas em locais onde a mesma se encontra deteriorada, ou ainda, em locais onde existem captações, cuja qualidade deve estar em conformidade com o uso

pretendido. Assim, desde 1985, para esta finalidade existem 8 locais de amostragem na calha principal do Rio Atibaia, com frequência bimestral, conforme relação a seguir:

AT-1, na captação do município de Atibaia, coincidente com o ponto AT-2000 da Rede de Monitoramento

AT-2, na captação do município de Jundiaí

AT-3, na captação do município de Itatiba

AT-4, na captação do município de Valinhos

AT-5, na captação do município de Campinas, coincidente com o ponto AT-2065 da Rede de Monitoramento

AT-6, na captação da Rhodia em Paulínia

AT-7, na captação do município de Sumaré

AT-8, a jusante da Barragem da Usina de Salto Grande.

Os parâmetros de qualidade de água analisados para os pontos de amostragem pertencentes ao Monitoramento Regional são os seguintes:

Temperatura

pH

Coliformes Termotolerantes

Oxigênio Dissolvido (OD)

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

Surfactantes

Fenóis.

3.2.1.5.2 Metodologia de análise dos dados

Dentre os 36 parâmetros monitorados rotineiramente e para os fins deste projeto, foram selecionados 16 com o objetivo de se caracterizar a qualidade das águas da bacia do Rio Atibaia. Esta seleção baseou-se na importância sanitária do parâmetro, bem como numa avaliação preliminar dos parâmetros que se mostraram, com maior frequência, em desacordo com os padrões legais de qualidade. Os indicadores de qualidade escolhidos para caracterizar a poluição correlacionada ao lançamento de efluentes domésticos no corpo receptor foram: oxigênio dissolvido, DBO_{5,20}, Coliformes Termotolerantes e cloreto. Os parâmetros fósforo total e nitrogênio amoniacal foram avaliados em separado dos demais, pois estão associados aos possíveis processos de eutrofização na bacia. Com relação à contaminação de natureza industrial foram selecionados os seguintes parâmetros: pH, DQO, fenóis, mercúrio, cobre, chumbo e cádmio. O possível impacto decorrente do escoamento superficial direto, veiculado pela carga difusa, oriunda da drenagem dos solos desta bacia, foi avaliado, em caráter preliminar, com base nos dados de turbidez e resíduo não filtrável. A metodologia de análise dos dados compreendeu

duas etapas: análise de consistência, incluindo medidas de posição e análise de compartimentação, utilizando medidas de agrupamento.

3.2.1.5.3 Análise da Consistência dos Dados

Como fase preliminar da análise dos dados deste projeto, na tentativa de representar de uma forma mais adequada o conjunto de medidas (valores) de cada um dos parâmetros selecionados, foram utilizados gráficos do tipo Box-Plot, que possibilitaram a visualização da assimetria da distribuição, da faixa de variação dos dados e a detecção da presença de possíveis valores extremos.

Nesse tipo de gráfico podem ser visualizadas as seguintes medidas de posição: a média, a mediana (valor 50% do conjunto de dados se situa 50% abaixo e 50% acima dele; o 1º quartil (o valor abaixo do qual se encontram 25 % dos valores do conjunto de dados), o 3º quartil (o valor abaixo do qual se encontram 75 % dos valores do conjunto de dados) e os valores máximos e mínimos dos dados.

Alguns dos valores extremos podem indicar erros de amostragem, de medida e, mesmo, de transcrição dos dados, ou ainda, simplesmente, um comportamento fora do habitual, caracterizando-se nestes casos como “outliers”. Por estes motivos, foi dada uma atenção especial à eles, já que afetam a média e a variabilidade dos dados, podendo até distorcer o resultado de inferências estatísticas. Como em nosso estudo foram encontradas justificativas para tais comportamentos, quando eles aconteceram, estes dados não foram descartados do banco, permanecendo nas análises posteriormente conduzidas.

Nos gráficos do tipo Box-Plot, é possível visualizar a variação mensal de cada um deles, dando um indicativo da existência ou não de padrões sazonais. Esses gráficos foram elaborados para cada um dos três pontos da bacia do Rio Atibaia que fazem parte da Rede de Monitoramento isoladamente, bem como para o conjunto dos dados destes três pontos (total das observações). O período utilizado foi de 1990 a 1997, quando as coletas eram realizadas bimestralmente nos meses ímpares (os dados de 1988 e 1989, não foram incluídos, pois apenas nestes dois anos, as amostragens foram realizadas nos meses pares).

A análise compreendeu as observações dos anos de 1996 e 1997 para cada um dos parâmetros, e também sendo analisados todos os pontos em conjunto. Este procedimento foi adotado devido ao número restrito de observações (2 por mês em cada ponto), mas permitiu que fosse possível a análise da consistência dos dados para o período disponível. Também foram feitos gráficos do tipo Box-Plot para os dados hidrológicos. Foram analisados os dados das vazões médias mensais dos postos fluviométricos F-12, F-31 e F-16, associados respectivamente aos pontos AT2605, AT2065 e AT2000. O período estudado compreendeu os anos de 1990 a 1997, exceção feita ao ponto AT2605, para o qual o ano de 1997 não estava disponível.

3.2.1.5.4 Análise de Compartimentação

Todos os testes mencionados neste tópico foram realizados utilizando-se o software Statgraphics Plus (Versão 2.1), sendo o nível de significância adotado em todos eles de 5%. Os testes de comparações múltiplas só foram aplicados quando o resultado da análise de variância foi considerado estatisticamente significativo (segundo o nível já

mencionado). Utilizou-se a análise de agrupamento (i.e., "cluster") objetivando a visualização da existência de possíveis compartimentos no Rio Atibaia, com relação à qualidade da água, avaliada em termos dos parâmetros físico-químicos. Os objetos agrupados foram os pontos de coleta, incluindo-se aqueles onde é realizado o Monitoramento Regional e as variáveis descritoras selecionadas foram OD, DBO_{5,20}, DQO, Coliforme Termotolerante, pH e alumínio. Foram utilizados os valores médios, das variáveis físico-químicas, com exceção do pH, para o qual se utilizou a moda (i.e., valor amostral mais freqüente), considerando-se todas as campanhas realizadas nos anos de 1996 e 1997. Todas as variáveis foram também padronizadas, i.e., $(X_i - \text{mínimo})/(\text{máximo} - \text{mínimo})$, antes da aplicação da técnica de "cluster", com o intuito de se evitarem possíveis influências na análise, das diferenças entre escalas, unidades de medida e ordens de grandeza das variáveis. Para aplicação da análise de agrupamento utilizou-se a distância euclidiana quadrática e o método de agrupamento de Ward, sendo identificada através do dendrograma que consta da Figura 3.7, a formação de três grupos:

1. Pontos AT-2000, AT-2, AT-3, AT-4, AT2065 e AT-6
2. Pontos AT-2605 e AT-7
3. Ponto AT-8

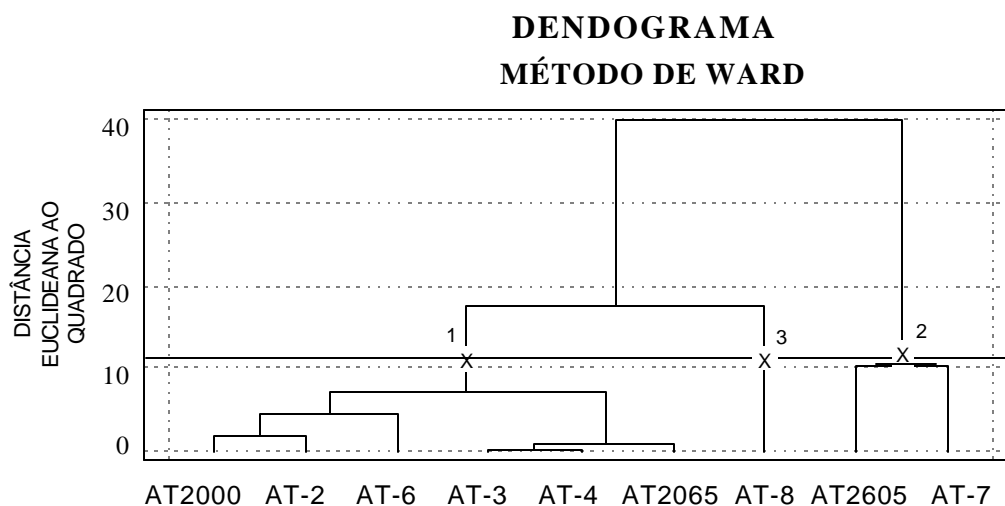


Figura 3.1 – Dendrograma dos grupos formados.

A seguir, para caracterização dos grupos formados, foram identificadas as principais diferenças entre eles com relação às variáveis físico-químicas selecionadas, tendo sido utilizada a técnica de análise de variância (ANOVA), seguida do método de comparações múltiplas de Tukey. Esta técnica proporcionou a comparação dos grupos com relação a cada uma das variáveis, permitindo verificarem-se quais foram as que mais contribuíram para a formação dos grupos. Para sua aplicação, foram considerados todos os resultados de todas as amostragens realizadas em 1996 e 1997, e não somente as medidas de tendência central (i.e., média e moda). Antes da aplicação da análise de variância, foram testadas as suposições de normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias, através dos testes do qui-quadrado e de Bartlett, respectivamente, sendo necessária a

utilização da transformação logarítmica para as variáveis DQO e Coliforme Termotolerante para que estas suposições pudessem ser assumidas.

Para a análise do pH foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis (análise de variância não paramétrica), ao invés da ANOVA usual, para a comparação dos três grupos, por se tratar de uma variável que, na realidade, representa um expoente e não uma concentração. Para ilustrar os resultados das análises de variância, foram construídos Intervalos de confiança para a média de cada uma das variáveis analisadas, utilizando-se para tanto o método de Tukey, com exceção de pH, para o qual foi feito um gráfico do tipo Box-Plot.

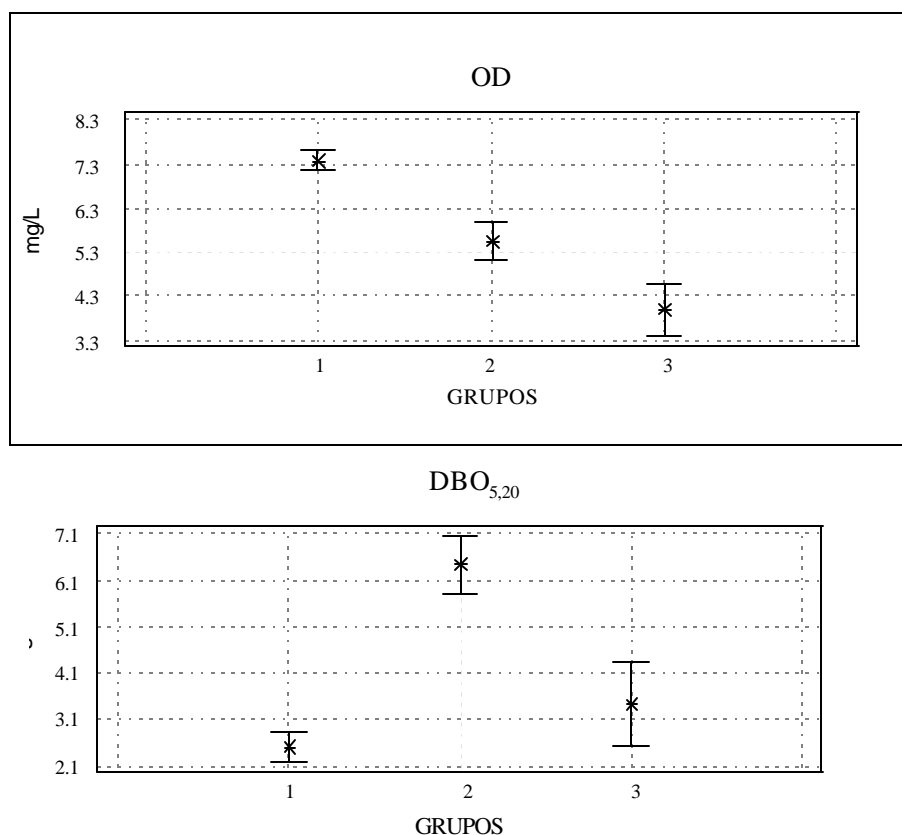
Com o objetivo de se compararem os diferentes meses de amostragem com relação aos dados de resíduo não-filtrável e turbidez, verificando a existência de algum tipo de padrão de sazonalidade, foi aplicada a técnica da análise de variância (ANOVA). Para tanto foram utilizados os dados de todas as amostragens realizadas desde 1990 até 1997 (meses ímpares), analisando-se globalmente os dados dos três pontos. Foram testadas as suposições de normalidade (i.e., teste do qui-quadrado) e homogeneidade de variâncias (i.e., teste de Bartlett), sendo necessário o uso da transformação logarítmica tanto para turbidez quanto para resíduo, antes da aplicação da ANOVA. Foram construídos intervalos de confiança para a média de cada um dos meses amostrados, para as duas variáveis estudadas, sendo testada a diferença entre eles através do método de comparações múltiplas de Tukey.

Com o intuito de identificarem-se as possíveis fontes de poluentes que afluem à bacia do Rio Atibaia, foram estudadas correlações entre resíduo não-filtrável e as variáveis DBO_{5,20}, DQO, fósforo total e metais pesados, para cada um dos três pontos da bacia que fazem parte da rede de monitoramento. Para isso foram utilizados os dados coletados no período compreendido entre 1990 e 1997 e os testes foram feitos separadamente para o período considerado mais chuvoso (i.e., meses de janeiro, março e novembro) e de estiagem (maio, julho e setembro).

Primeiramente foram elaborados gráficos para visualização de eventuais dispersões de valores de resíduo não-filtrável em função das demais variáveis, para avaliar a existência de valores influentes, que tanto poderiam estar mascarando a existência de correlação entre os dados, quanto indicando a existência de uma correlação, na realidade, espúria. A seguir, foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson e testada a sua significância utilizando-se a estatística t-Student. Complementando a análise, foram também comparadas as concentrações de fósforo total, para cada um dos pontos da rede monitorados na bacia do Rio Atibaia, nos períodos de chuva e de estiagem, através da ANOVA. A fim de se avaliarem os dados de qualidade e os dados de quantidade conjuntamente, foi realizada uma análise de variância com os dados de vazão média mensal do período de 1990 a 1997. Nesta análise foram utilizados dois fatores: Mês (janeiro a dezembro) e Ponto (AT-2000, AT-2065 e AT-2605), bem como a sua interação (que por não ter sido estatisticamente significativa foi eliminada do modelo). Primeiramente foram testadas as suposições de normalidade (i.e., teste do qui-quadrado) e homogeneidade de variâncias (i.e., teste de Bartlett), sendo necessário o uso da transformação logarítmica antes da aplicação da ANOVA. Foram construídos intervalos de confiança para a média das vazões nos pontos monitorados, sendo testada a diferença entre eles através do método de comparações múltiplas de Tukey.

3.2.1.5.5 Análises dos Resultados de Qualidade das Águas

Para detectar e visualizar o comportamento espacial da qualidade das águas do Rio Atibaia, foi utilizada a análise de “cluster, para o período de 1996 e 1997 nos pontos monitorados tanto pela rede quanto pelo perfil. Foram selecionados os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, porque é essencial para a manutenção da vida aquática e dos processos de auto-depuração; $DBO_{5,20}$ e DQO, uma vez que indicam a quantidade de matéria orgânica biodegradável; Coliformes Termotolerantes, que indicam a presença de contaminação fecal; pH que está associado à presença de material suspenso e o alumínio, que representa um traçador da contaminação causada por efluentes industriais. Desta forma, foi possível visualizar a existência de 3 (três) compartimentos ao longo do Rio Atibaia, tendo cada um deles características bastante semelhantes em relação às variáveis analisadas. O grupo 1 é formado pelos pontos AT-2000, AT-2, AT-3, AT-4, AT-2065 e AT-6, situados no trecho do Rio Atibaia, que se estende de sua cabeceira até o município de Campinas, isto é, a montante da região de Paulínia. O grupo 2 abrange o trecho formado pelos pontos AT-2605 e AT-7 situados no município de Paulínia. Já o grupo 3 considera apenas o ponto AT-8, situado no trecho final do Rio Atibaia, próximo à sua confluência com o Rio Jaguari, à jusante de Paulínia. Para caracterizar o nível de qualidade de cada um dos grupos formados, foi realizada uma comparação entre os mesmos, utilizando-se as variáveis selecionadas, aplicando-se a técnica de análise de variância, seguida do método de comparações múltiplas de Tukey, de onde se evidenciam diferenças entre os valores médios dos parâmetros analisados em cada trecho. Os intervalos de confiança (dos valores médios) constam da Figura 3.8.



continuação...

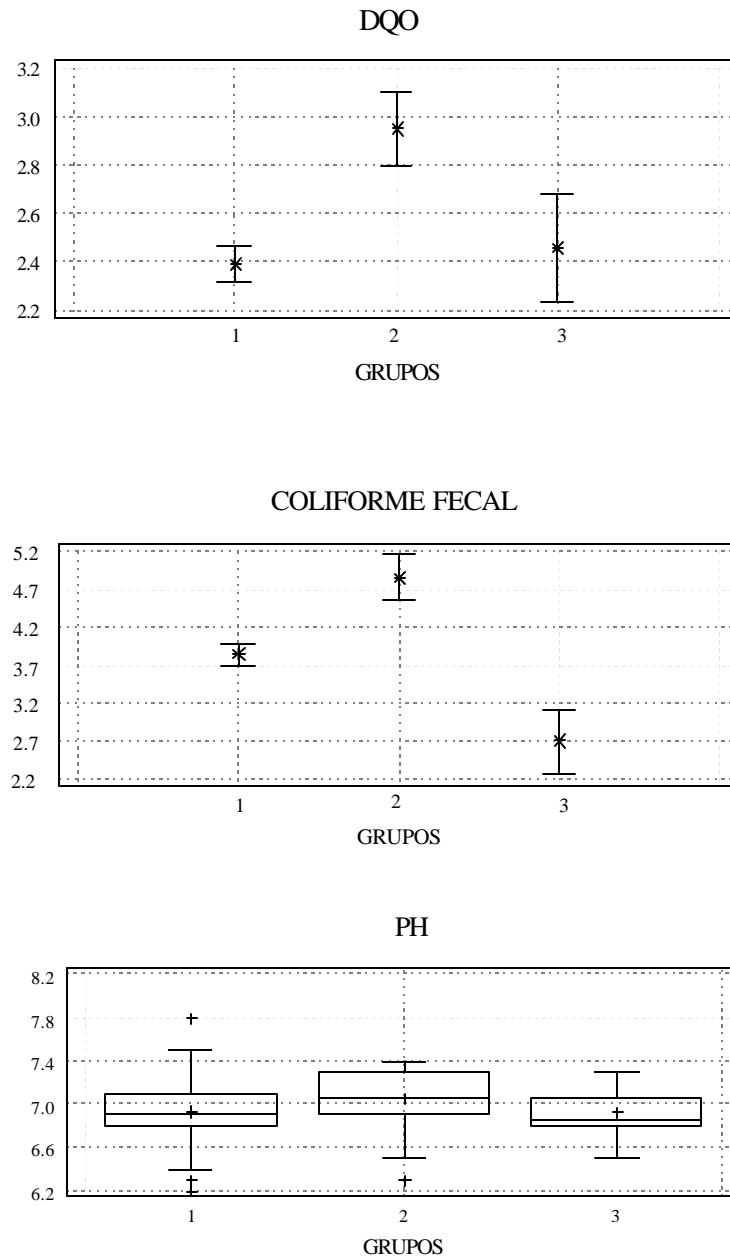


Figura 3.1 – intervalo de confiança de 95% para a média das variáveis (método de Tukey) - análise de agrupamento (continuação)

O pH foi a única variável para a qual não foi identificada diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Todas as outras sinalizaram diferenças entre o grupo 2 e os demais, sendo que oxigênio dissolvido e o Coliforme Termotolerante, apontaram diferença significativa também entre os grupos 1 e 3. O grupo 2 (AT-2605 e AT-7) foi o que apresentou as piores condições de qualidade. Os grupos 1 e 3 apresentaram condições semelhantes, exceção feita ao oxigênio dissolvido, no qual se verificou decréscimo da qualidade da região mais à montante para a de jusante (i.e., de 1 para 3) e o Coliforme Termotolerante, no grupo 3 apresentou-se em melhores condições do que o 2. Assim, foi possível notar um gradiente decrescente na qualidade das águas do Rio

Atibaia, do grupo 1 para o grupo 2, estando estes grupos distribuídos, espacialmente, da região situada mais a montante para a mais à jusante, como já indicado. O grupo 3, situado após o reservatório de Americana, embora ainda apresente qualidade degradada, mostrou uma recuperação nas águas do Rio Atibaia. Esta melhora está associada à dois possíveis fatores. O primeiro decorre da presença do reservatório, que propicia a formação de ambiente lântico, favorecendo a oxidação e sedimentação da matéria orgânica lábil. O segundo, é atribuído ao efeito da liberação da veia líquida através das comportas do barramento, favorecendo a introdução de oxigênio na massa d' água, quando efetuada com veia livre e descolada, acelerando os processos de autodepuração.

3.2.1.5.6 Influência Antrópica (Resíduo Não-Filtrável e Turbidez)

Para os pontos AT2000, AT2065 e AT2605 estão apresentados na Figura 3.9, em forma gráfica, a média e os intervalos de confiança da mesma, para as amostragens realizadas desde 1990 até 1997, para os parâmetros resíduo não-filtrável e turbidez. Esses dados sofreram transformação logarítmica, como já indicado anteriormente.

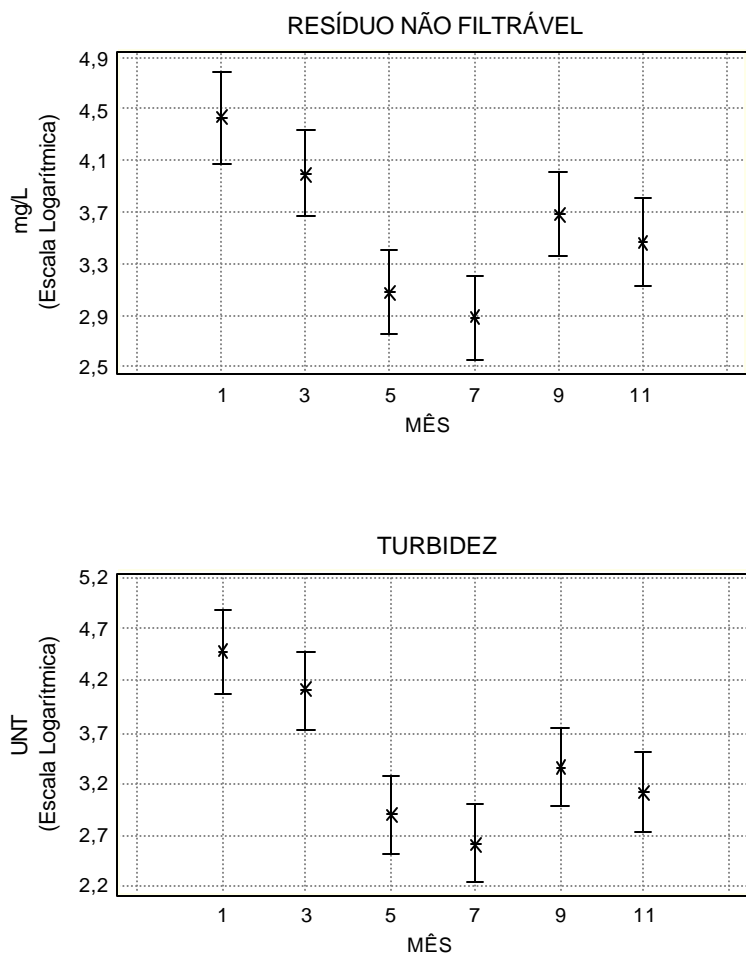


Figura 3.1 – Intervalos de confiança de 95% para a média das variáveis (Método de Tukey) - Carga Difusa – Resíduo Não Filtrável e Turbidez para os Pontos AT2000, AT2065 e AT2605

A análise destes gráficos permitiu visualizar a existência de um padrão sazonal para a variação desses parâmetros, sendo que os valores mais elevados encontraram-se na época de maior pluviosidade (janeiro e março) e os menores, nos meses típicos de estiagem (maio e julho). Detectou-se, inclusive, diferença estatisticamente significativa entre estes dois conjuntos de meses, para ambos parâmetros. Desta forma, pode-se concluir que a bacia do Rio Atibaia sofre forte influência do carreamento de sedimentos e resíduos depositados na superfície da bacia pelas águas provenientes do escoamento superficial direto, além das descargas de fundo dos reservatórios existentes nas cabeceiras da bacia do Rio Atibaia, o que parece se verificar no mês de setembro, analisando-se os dados hidrológicos disponíveis, ainda que seja em caráter preliminar, conforme indicado pela Figura 3.10.

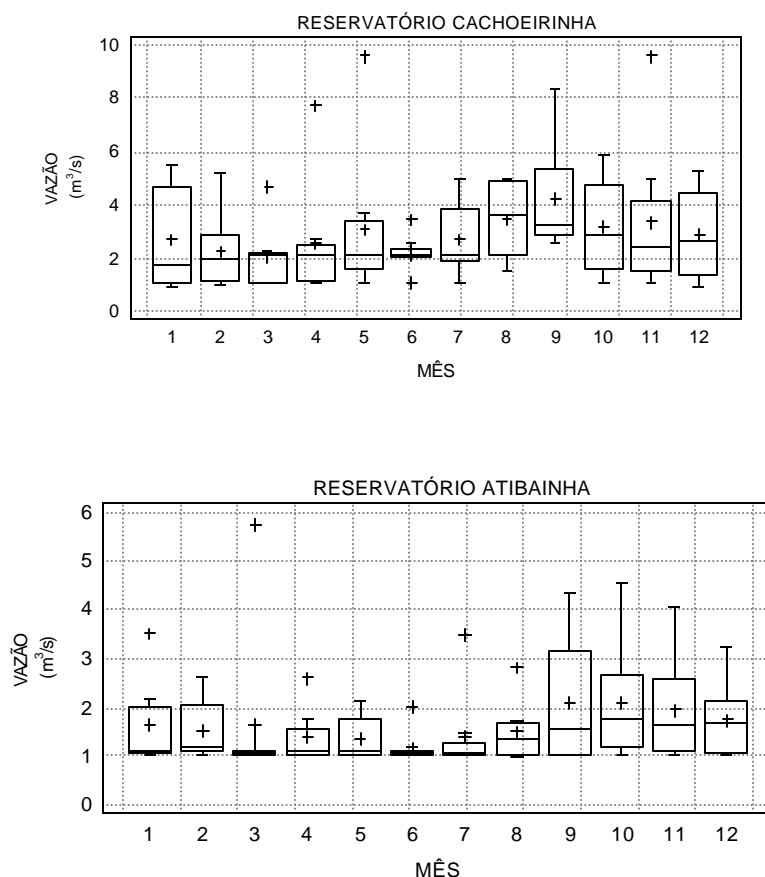


Figura 3.2 – Vazões descarregadas - médias mensais - reservatórios Cachoeirinha e Atibainha

O comportamento atípico dos valores de resíduo não-filtrável, observados no mês de setembro, ao longo do Rio Atibaia, pode ser explicado pela operação dos reservatórios Cachoeirinha e Atibainha. Os gráficos das descargas destes dois reservatórios (Figura 3.10) mostram que existe um incremento das vazões descarregadas nesse mês. Assim, o material suspenso que é carreado com essas águas, pode causar a elevação observada deste parâmetro no mês de setembro, não estando, portanto, associada ao material que é carreado pelas águas da chuva, uma vez que tal período se inicia em outubro, aonde são mostradas as afluições naturais aos reservatórios do Sistema Cantareira.

A fim de se estabelecerem quais os aspectos qualitativos que poderiam estar sendo afetados pelo carreamento das águas de chuva, foi realizado um estudo das correlações entre resíduo não-filtrável e os parâmetros de qualidade DBO_{5,20}, DQO, fósforo total e metais pesados para todos os pontos da bacia do Rio Atibaia que compõem a Rede de Monitoramento. Estas correlações foram realizadas separadamente para os períodos de chuva e estiagem, de maneira a identificarem-se as possíveis fontes de poluentes que afluem à bacia. Nesta análise, observaram-se as seguintes correlações:

- a) resíduo não filtrável e ferro - época de chuva e estiagem;
- b) resíduo não filtrável e fósforo total - época de chuva (para os pontos AT-2605 e AT-2065);

A correlação dos parâmetros ferro e resíduo não filtrável, tanto na época de chuva quanto na estiagem, mostra que o ferro é um importante constituinte do resíduo não filtrável, justificando assim a sua provável associação com os íons fosfato, embora parte do ferro solúvel/coloidal esteja na forma de humato-complexos, ou ainda óxidos hidratados. Outra correlação observada ocorreu no período de chuvas, entre os parâmetros fósforo total e resíduo não filtrável, mostrando que o fósforo encontra-se associado às suas espécies químicas pouco solúveis, como fosfatos de cálcio, ferro e alumínio. É importante ressaltar que a carga de fósforo total adicional afluente à bacia do Rio Atibaia na época das chuvas é de natureza difusa, uma vez que não existe diferença estatisticamente significativa entre os teores de fósforo dos períodos chuvosos e de estiagem, sendo portanto carregada para este sistema hídrico através da drenagem de solos agrícolas.

Não foi verificada correlação significativa entre resíduo não-filtrável e matéria orgânica, bem como resíduo não-filtrável e metais pesados, mostrando que a presença destes poluentes nas águas do Rio Atibaia está associada aos lançamentos provenientes de fontes localizadas.

3.2.1.5.7 Informações Hidrológicas

Para todos os pontos da bacia do Rio Atibaia que fazem parte da Rede de Monitoramento, um comportamento sazonal típico, com valores mais elevados nos meses de chuva (novembro a março) e menores na época de estiagem (abril a setembro). Verificou-se um incremento médio significativo de vazões (cerca de 11 m³/s) entre os pontos AT-2000 e AT-2065, conforme indicado na Figura 3.11. No trecho seguinte, que compreende o ponto AT-2065 até o ponto AT-2605, apesar da significativa quantidade de água captada pelo município de Campinas e pela Rhodia, ocorreu também um aumento correspondente das vazões (cerca de 8 m³/s, em média). Até a captação da Rhodia, no município de Paulínia (ponto AT6) notou-se que o Rio Atibaia apresenta capacidade de assimilar os despejos lançados, uma vez que não se notou uma degradação tão acentuada de sua qualidade. Observa-se, no entanto, a necessidade de avaliar mais detalhadamente a influência de alguns dos tributários, notadamente os ribeirões Jacarezinho e Pinheiros, na qualidade dos trechos localizados a jusante de suas confluências. A partir deste ponto, o Rio Atibaia recebe lançamentos de esgotos sanitários, através do ribeirão Anhumas e indústrias provenientes do polo industrial de Paulínia e observa-se um quadro de queda de sua qualidade, o que demonstra que as cargas lançadas excedem a capacidade de assimilação do rio.

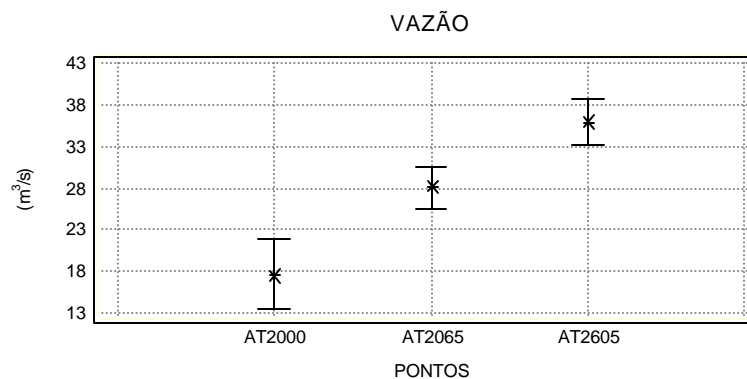


Figura 3.1 – Intervalo de confiança de 95% para as a média das vazões, nos pontos monitorados na bacia do Rio Atibaia

3.2.2 Considerações sobre os conflitos do uso da água na bacia do Rio Piracicaba

O vale do Piracicaba caracteriza-se por ser uma região relativamente pobre em recursos hídricos subterrâneos, dadas as características geológicas da região e as dificuldades de exploração de seus aquíferos mais importantes. Inversamente, a região parece dispor de recursos hídricos superficiais relativamente abundantes, pois o Piracicaba é o maior afluente da margem direita do Tietê. Assim, a quase totalidade das vazões de água captadas para abastecimento público na bacia do Piracicaba é de origem superficial, o que implica em que a maioria dos municípios desta bacia dependam exclusivamente desses mananciais superficiais.

Entretanto, uma análise mais aprofundada da disponibilidade real dos recursos hídricos superficiais da bacia revela que a situação da região está longe da aparente abundância. Assim, embora a vazão total de longo período registrada na bacia seria mais do que suficiente para atender o conjunto das demandas de água presentes na região, durante o período de estiagem, entre abril e setembro, a vazão mínima mensal da bacia se reduz abruptamente. Considerando-se essas variações sazonais, juntamente com a reversão de água para a Grande São Paulo através do Sistema Cantareira, a vazão de referência da bacia quando cotejada com a demanda de água presente na bacia, revela-se insuficiente seja para assegurar minimamente a diluição dos esgotos lançados nos rios, seja para garantir o abastecimento regular das cidades com água potável.

Para completar esse quadro, deve-se lembrar que mais da metade da água captada para as atividades urbanas, industriais e agrícolas se perde em usos total ou parcialmente consuntivos e que a demanda interna total dos recursos hídricos superficiais da bacia do Piracicaba (sem contar a vazão derivada pelo sistema Cantareira) supera frequentemente as vazões mínimas do período de estiagem.

De fato, a demanda hídrica total da bacia do Piracicaba chega a ultrapassar a metade da vazão de estiagem correspondente ao Q(7,10), fato este, que se repete em cada uma de suas principais sub-bacias (Atibaia, Jaguari, Piracicaba e Corumbataí) e que as leva a se enquadrar no conjunto das bacias hidrográficas definidas como "críticas" pela lei 9.034 de 27/12/94 (Plano Estadual de Recursos Hídricos 94/95) e as faz objeto de gerenciamento

especial de forma a permitir previsões que orientem medidas especiais de racionamento e controle de derivações e lançamento de efluentes

Cabe ressaltar que a garantia de uma vazão mínima de 40 m³/s no Rio Piracicaba constitui um compromisso assumido informalmente pelo governo estadual perante as lideranças regionais há mais de 20 anos, durante a implantação do sistema Cantareira. A operação normal de descarga de água a jusante deste sistema é de no mínimo 1,0 m³/s nas barragens dos Rios Jaguari / Jacareí, 2,0 m³/s na barragem do Rio Cachoeira, e 1,0 m³/s na barragem do Rio Atibainha, desde que as vazões em Paulínia e Piracicaba não sejam respectivamente inferiores a 15 m³/s e 40 m³/s, caso em que a SABESP deveria aumentar as descargas, dependendo do volume do sistema (SMA,1994:25).

Diante, no entanto, da ausência de um compromisso formal institucionalizado para assegurar essa liberação, isso nem sempre ocorreu, de modo que as vazões registradas nos Rios Piracicaba e Atibaia nas cidades de Piracicaba e Paulínia permaneceram freqüentemente muito abaixo das vazões mínimas estabelecidas durante vários dias e semanas consecutivas. Com o agravamento da condição sanitária dos rios, essa situação só começou a ser superada a partir de meados de 1994, com a constituição de um Grupo de Monitoramento Hidrológico formado por seis representantes do Estado, dez Serviços Municipais de Água e Esgotos, um centro de pesquisas (Instituto Agrônomo de Campinas) e o Consórcio Intermunicipal dos Rios Piracicaba e Capivari, reunidos no âmbito do Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

O comitê conseguiu formalizar e operacionalizar a ação coordenada deste grupo, de modo que a liberação de vazões para jusante do sistema Cantareira tem sido agilizada nos períodos de estiagem. Assim, de acordo com os dados do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de 1995, as descargas para a Grande São Paulo neste ano ficaram limitadas, em média, a 29 m³/s. Além disso, o relatório indica que o sistema de monitoramento hidrológico permitiu que os reservatórios do Cantareira desempenhassem importante papel no controle de cheias no início deste mesmo ano.

Para além dos dados sobre vazões examinados, pode-se perceber o problema da escassez de recursos hídricos na bacia do Piracicaba através de outros indicadores aparentemente mais claros. É o caso das interrupções temporárias no serviço de distribuição de água potável, ou mesmo do racionamento sistemático de água, que tem ocorrido há muitos anos com freqüência variável em diversos municípios da região, como Valinhos, Vinhedo, Campinas, Hortolândia, Nova Odessa, Sumaré, Santa Bárbara d'Oeste, Americana e Piracicaba.

A descontinuidade do abastecimento urbano não pode ser diretamente tomada como um indicador da crescente escassez de água na bacia do Piracicaba, mas apenas como um dos efeitos que refletem este problema. A falta d'água ocorre principalmente nas regiões mais altas, no período de estiagem, que coincide com época de atividade mais intensa nas indústrias canavieiras, cuja demanda de água para a produção de álcool e açúcar é bastante elevada. A reduzida vazão de estiagem que sobra, uma vez satisfeitas as demandas industrial, urbana e agrícola, é muitas vezes insuficiente para permitir o pleno funcionamento das bombas de captação, sendo totalmente incapaz de diluir a carga poluidora remanescente nos mananciais superficiais da bacia. Assim, a vazão que sobra carrega uma grande concentração de poluentes, que freqüentemente inviabiliza o tratamento para potabilização da água bruta, seja pelos altos custos ou pelos elevados riscos sanitários envolvidos.

Essa situação se aplica a diversos episódios mais ou menos duradouros de interrupção no abastecimento de água de cidades como Piracicaba e Americana, que ainda dependem substancialmente de captações no Piracicaba. Durante os períodos de menor vazão no rio, o Serviço Municipal de Água e Esgotos de Piracicaba tem que dobrar a quantidade de produtos químicos utilizada no tratamento da água, chegando a utilizar meia tonelada de cloro por dia para garantir uma qualidade satisfatória do ponto de vista bacteriológico. Em Americana, por sua vez, a própria população evita beber a água distribuída na cidade durante os períodos de maior estiagem, em que a proliferação de algas de alta toxidade no reservatório de Salto Grande provoca mau cheiro e sabor desagradável na água distribuída à população, além de riscos sanitários pouco conhecidos.

Trata-se de uma situação bastante grave, na medida que as toxinas liberadas por essas algas não são eliminadas por tratamento convencional. Porém, conforme sugerido acima, a descontinuidade no abastecimento urbano de água não pode ser atribuída exclusivamente à escassez e/ou à baixa qualidade da água bruta disponível para tratamento, pois a intermitência nos serviços de distribuição de água potável também se deve freqüentemente a problemas de ineficiência na operação, na manutenção e, sobretudo, no planejamento dos sistemas. Acrescente-se que as redes de distribuição de água dos municípios da bacia apresentam índices bastante elevados de perdas: algo entre 30 e 50% do volume produzido (incluindo vazamentos e perdas de faturamento devidas a ligações clandestinas), enquanto o nível aceitável em países mais desenvolvidos situa-se em torno de 15%.

Se a situação atual já se conFiguras como evidentemente grave, as perspectivas podem ser consideradas sombrias. A elevação da demanda de água ditada pelo inevitável crescimento populacional urbano da bacia indica que o montante a ser captado caminha rapidamente na direção de se tornar superior à vazão mínima que o sistema Cantareira é obrigado a manter a jusante de seus reservatórios, o que implicará necessariamente na intensificação da reutilização da água em período de estiagem, em sérias limitações à operação normal do sistema e na conseqüente busca de mananciais alternativos para abastecer a Grande São Paulo. Vale ainda observar que, independentemente da intensidade do crescimento urbano (vegetativo e migratório) na região, a demanda urbana de água na bacia do Piracicaba ainda possui ampla margem de crescimento relacionada à população ainda não atendida pela distribuição de água potável via rede pública.

- **Balanço demanda x disponibilidade**

No Relatório Zero da bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá foi efetuado um levantamento de dados sobre a utilização dos recursos hídricos superficiais das bacias da UGRHI 5 com o objetivo de estimar as quantidades de água destinadas aos usos principais na região e, dessa forma, fornecer subsídios básicos ao planejamento destes recursos, bem como promover a operacionalidade do Sistema Cantareira. Para a elaboração desse levantamento foram utilizadas as informações de outorgas de captações e lançamentos destinados a uso urbano, industrial e irrigação que constam do Cadastro de Usuários dos Recursos Hídricos do DAEE/SP

As informações que compõem esse cadastro constituem-se em instrumentos de inestimável valor para o disciplinamento da utilização dos recursos hídricos do Estado. É questionável, no entanto, sua utilização com a finalidade de estabelecer balanços

hídricos confiáveis ou promover de forma eficiente a contabilização de vazões ao longo de cursos d'água.

As principais limitações dessas informações se referem à sua precisão e atualização. No que diz respeito à atualização, deve-se salientar que as informações do cadastro não são renovadas com a devida frequência. No caso dos municípios, a renovação das portarias de outorga se dá a cada dez anos, o que compromete severamente a utilização das vazões como representativas das praticadas a qualquer momento; já quanto à precisão, observa-se como exemplo que indústrias que se servem da rede pública, em geral, estão incluídas no uso urbano e as que utilizam conjuntamente poços e rede não tem, no cadastro, suas vazões discretizadas convenientemente.

Ainda com relação à precisão, considerando que as outorgas são solicitadas a partir de projeções de crescimento e, portanto, de elevações de demanda para períodos mais extensos, quando recentes podem corresponder a valores de vazão muito mais elevados que os verdadeiros, inviabilizando sua utilização.

Outra crítica a ser feita quanto ao balanço apresentado no Relatório Zero se refere a uma evidente ausência de um processo de consistência prévia dos dados utilizados. Assim, as planilhas de resumo apresentam dados duplicados sobre captações e lançamentos, bem como lançamentos e captações situados em locais coincidentes ao longo dos cursos d'água. Quanto às outorgas para fins industriais, além desse mesmo tipo de erro grosseiro, consideram e contabilizam vazões geradas por empresas há muito tempo desativadas.

Deve ser destacada também a ausência de uma compartimentação das informações com relação às bacias envolvidas, quais sejam, as do Piracicaba, Capivari e Jundiá. Embora a finalidade dos levantamentos tenha sido contemplar a região da UGRHI 5 como um todo, seria desejável que as informações fossem apresentadas por bacias de forma a serem utilizadas em estudos específicos, como é o caso em pauta.

Uma alternativa para a elaboração de um balanço disponibilidade/demanda confiável para a bacia do Rio Piracicaba seria então utilizar e complementar dados gerados na própria CETESB em levantamentos anteriores.

Dentre as diversas atividades pertinentes ao Módulo Águas Superficiais da região de estudo do Projeto Diagnóstico e Novas Formas de Gerenciamento para a Região de Paulínia foram realizados nos anos de 2000 e 2001 levantamentos pormenorizados das interferências de ordem doméstica e industrial das bacias dos Rios Jaguari e Camanducaia que resultaram na elaboração de unifilares detalhados dessas duas bacias hidrográficas. Levantamento semelhante quanto à natureza e detalhamento foi dirigido à bacia do Rio Atibaia no ano de 1998, dentro do âmbito de atividades relacionadas ao Projeto Canadá. Temos portanto, na bacia do Rio Piracicaba, três de seus principais formadores devidamente contemplados em levantamentos que possibilitam estimar com precisão desejável as quantidades de água demandadas e disponíveis. Para completar os dados necessários à efetivação de um balanço hídrico da bacia em sua totalidade seria aconselhável então que fossem elaborados levantamentos de dados contemplando o Rio Corumbataí e também o curso principal do Rio Piracicaba.

3.3 RIO JAGUARI

3.3.1 Diagrama unifilar

Na Tabela 3.8 encontra-se a localização dos detalhes de interesse da bacia do Rio Jaguari, enquanto que na Figura 3.12 tem-se o diagrama unifilar do respectivo rio.

Tabela 3.1 – Planilha de localização dos detalhes de interesse da bacia do Rio Jaguari

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
0.00						CONFL. RIOS JAGUARI / ATIBAIA	071/095	-		
0.15						LANÇ. IND. PAPIRUS PAPEL S/A	071/095	M.D.	7488.67 0	264.725
0.20						CAP. IND. PAPIRUS PAPEL S/A	071/095	M.D.	7488.66 0	264.775
3.30						LANÇ. IND. AJINOMOTO PROD. ALIMENTÍCIOS S/A	071/095	M.D.	7490.09 0	266.025
3.50						CAP. IND. AJINOMOTO PRO. ALIMENTÍCIOS S/A	071/095	M.D.	7489.90 0	365.975
5.58						RIBEIRAO DO PINHAL	070/095	M.D.		
5.58	0.60					UHE DO TATU - OPERADOR CESP (DESATIVADO)	070/095	-		
5.63						CAP. DE LIMEIRA	070/095	M.D.	7492.04 5	265.940
20.50						RIBEIRAO PIRAPITINGUI	070/096	M.D.		
20.50	0.04					LANÇ. IND. USINA ESTER	070/096	M.E.	7493.00 0	272.520
20.50	0.78					RIBEIRÃO DAS TRÊS BARRAS	070/096	M.D.		
20.50	0.78	1.70				LANÇ. ESG. DE COSMÓPOLIS	070/096	M.E.	7494.14 0	273.210
20.50	0.78	4.59				CÓRREGO SEM NOME	070/096	M.D.		
20.50	0.78	4.59	0.33			LANÇ. IND. FRIGORÍFICO CAMPOS SALLES	070/096	M.D.	7496.21 0	273.850
20.50	0.78	5.30				CÓRREGO SITIO NOVO	069/096	M.D.		
20.50	0.78	5.30	5.24			LANÇ. IND. TEKA TECELAGEM E TINTURARIA	068/096	M.E.	7500.95 0	274.915
20.50	0.78	5.30	5.26			CAP. IND. TEKA TECELAGEM E TINTURARIA	068/096	M.E.	7500.97 0	274.930
20.50	0.78	5.30	6.85			LANÇ. ESG. ARTUR NOGUEIRA	068/097	M.E.	7502.04 0	275.250
20.50	0.78	5.30	8.03			CAP. ARTUR NOGUEIRA	068/096	M.E.	7502.99 0	274.890
20.50	0.78	5.48				CÓRREGO DA BARREIRA AMARELA	069/096	M.E.		
20.50	0.78	5.48	0.60			LANÇ. ESG. DE COSMÓPOLIS	069/096	M.E.	7496.57 0	275.000
20.50	0.78	5.48	1.65			CAP. DE COSMÓPOLIS	070/097	M.E.	7495.68 5	275.680
20.50	0.78	8.02				LANÇ. ESG. ARTUR NOGUEIRA	069/097	M.D.	7500.66 0	278.030
20.50	0.78	8.44				CAP. ARTUR NOGUEIRA	068/097	M.E.	7501.05 5	278.000
20.50	1.54					UHE CACHOEIRA - OPERADOR USINA ESTER	070/096	-		
20.50	1.54					CAP. IND. USINA ESTER	070/096	M.E.	7492.79 0	273.590
20.50	2.50					CAP. DE COSMÓPOLIS	070/096	M.D.	7492.83 0	274.560
20.50	44.81					CÓRREGO DO LAMBARI	068/100	M.E.		

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
20.50	44.81	7.18				CORREGO JEQUITIBA OU DA RESSACA	069/100	M.D.		
20.50	44.81	7.18	6.58			CORREGO BENFICA	069/100	M.E.		
20.50	44.81	7.18	6.58	2.87		CORREGO DO MATADOURO	069/101	M.E.		
20.50	44.81	7.18	6.58	2.87	1.51	LANÇ. ESG. SANTO ANTÔNIO DE POSSE	069/101	M.E.	7499.30 0	302.750
20.50	44.81	7.18	6.58	2.87	1.58	LANÇ. ESG. SANTO ANTÔNIO DE POSSE	069/101	M.E.	7499.30 0	302.800
20.50	44.81	7.18	6.58	2.87	3.35	LANÇ. ESG. SANTO ANTÔNIO DE POSSE	069/101	M.D.	7499.32 0	303.950
20.50	44.81	7.18	6.58	3.12		CAP. SANTO ANTÔNIO DE POSSE	069/101	M.E.	7500.40 1	301.858
21.00						POSTO USINA ESTER EM COSMÓPOLIS - (4D- 001)	070/096	-	7492.62 0	272.380
28.90						LANÇ. IND. SPAL BEBIDAS S/A	071/097	M.D.	7489.46 0	276.580
29.00						CAP. IND. SPAL BEBIDAS S/A	071/097	M.D.	7489.41 0	276.670
31.85						CAP. DE PAULÍNIA	071/097	M.E.	7488.16 0	278.690
33.52						LANÇ. IND. SANOFI	071/097	M.D.	7489.54 0	279.100
33.54						CAP. IND. SANOFI	071/097	M.D.	7489.51 0	279.100
39.22						CAP. IND. REPLAN	071/098	M.E.	7488.50 0	281.980
48.57						RIBEIRAO DA CACHOEIRA	071/098	M.D.		
48.57	5.36					LANÇ. ESG. DE HOLAMBRA	070/099	M.D.	7495.20 0	288.750
48.57	5.78					LANÇ. IND. COOPERATIVA HOLAMBRA	070/099	M.D.	7495.19 0	288.660
48.57	6.20					CAP. DE HOLAMBRA	070/099	M.E.	7495.18 0	289.090
48.57	6.30					CAP. IND. COOPERATIVA HOLAMBRA	070/099	M.D.	7495.30 0	289.200
57.09						RIO CAMANDUCAIA	071/099	M.D.		
57.09	16.46					LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	071/099	M.E.	7491.30 0	296.700
57.09	17.08					RIO CAMANDUCAIA MIRIM	071/100	M.D.		
57.09	17.08	11.05				CAP. SANTO ANTÔNIO DE POSSE	069/101	M.D.	7496.83 0	302.960
57.09	17.33					POSTO FAZENDA BARRA EM JAGUARIUNA - (3D-001)	071/100	-	7491.13 0	297.410
57.09	17.34					LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	071/099	M.E.	7491.12 0	297.420
57.09	34.48					CORREGO DA FAZENDA BOA VISTA	071/101	M.E.		
57.09	34.48	0.22				CORREGO SEM NOME	071/101	M.D.		
57.09	34.48	0.22	1.17			LANÇ. IND. SHEFFA LATICÍNIOS TUIUTI	071/102	M.D.	7489.42 5	307.900
57.09	38.19					RIBEIRAO PANTALEAO	071/102	M.D.		
57.09	38.19	18.37				RIBEIRAO DA PRATA	070/103	M.E.		
57.09	38.19	18.37	6.44			CAP. SERRA NEGRA	070/104	M.E.	7496.07 0	322.370
57.09	44.28					CORREGO DOS MOSQUITOS	071/102	M.E.		
57.09	44.28	1.70				CORREGO SEM NOME	072/102	M.E.		
57.09	44.28	1.70	2.33			LANÇ. IND. PRODUTOS ALIMENTÍCIOS MARCHIORI	072/102	M.E.	7486.22 0	308.975
57.09	44.28	1.82				LANÇ. IND. COLAS E GELATINAS RIBIERE LTDA	072/102	M.E.	7486.28 5	310.845

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
57.09	44.28	2.07				CAP. IND. COLAS E GELATINAS RIBIERE LTDA	072/102	M.E.	7486.36 0	311.015
57.09	46.70					CAP. IND. PENA BRANCA AVICULTURA S/A	071/102	M.E.	7487.60 0	312.650
57.09	47.50					LANÇ. IND. PENA BRANCA AVICULTURA S/A	072/102	M.E.	7487.54 0	312.890
57.09	47.70					CORREGO SEM NOME	072/102	M.E.		
57.09	47.70	0.65				LANÇ. IND. KADRON - MAGNETTI MARELI	072/102	M.D.	7487.14 5	313.460
57.09	47.70	1.29				LANÇ. IND. KADRON - MAGNETTI MARELI	072/102	M.D.	7486.53 5	313.360
57.09	48.20					LANÇ. ESG. DE AMPARO	071/102	M.E.	7487.94 0	313.230
57.09	49.50					LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.D.	7487.46 0	314.230
57.09	51.15					LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.D.	7486.34 5	315.015
57.09	53.00					CAP. IND. QUÍMICA AMPARO YPÊ	072/103	M.E.	7486.87 0	316.620
57.09	53.05					LANÇ. IND. QUÍMICA AMPARO YPÊ	072/103	M.E.	7486.90 0	316.670
57.09	53.10					LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.D.	7486.95 5	316.690
57.09	53.10					LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.E.	7486.94 0	316.710
57.09	54.10					LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.D.	7487.56 0	317.480
57.09	54.20					RIBEIRÃO TAMBORÉ	072/103	M.E.		
57.09	54.20	0.12				LANÇ. ESG. DE AMPARO	072/103	M.D.	7487.56 5	317.700
57.09	54.72					RIBEIRÃO VERMELHO	071/103	M.E.		
57.09	54.72	1.78				LANÇ. IND. MINASA	072/103	M.D.	7486.78 0	318.830
57.09	54.72	2.25				CAP. IND. MINASA	072/103	M.D.	7486.53 0	319.220
57.09	57.21					LANÇ. ESG. DE AMPARO	071/103	M.E.	7486.60 5	319.890
57.09	57.72					CORREGOS PEREIRAS	071/104	M.E.		
57.09	63.05					CAP. IND. PAPEL FERNANDEZ S/A	071/104	M.D.	7489.40 0	322.430
57.09	63.17					LANÇ. IND. PAPEL FERNANDEZ S/A	071/104	M.D.	7489.50 0	322.400
57.09	64.36					CORREGO DAS TRÊS BARRAS	071/104	M.D.		
57.09	64.36	1.47				LANÇ. IND. CHAPECÓ CIA. ALIMENTOS	071/104	M.D.	7489.93 0	323.600
57.09	64.36	1.77				CORREGO DA FAZENDA SALTO GRANDE	071/104	M.E.		
57.09	64.36	1.77	0.20			CAP. IND. CHAPECÓ CIA. ALIMENTOS	071/104	M.E.	7490.08 6	323.700
57.09	68.95					RIBEIRÃO DO PINHAL	072/104	M.E.		
57.09	68.95	28.70				LANÇ. ESG. DE PINHALZINHO	073/106	M.E.	7479.86 0	336.050
57.09	68.95	33.53				RIBEIRÃO MORRO DAS PEDRAS	073/106	M.E.		
57.09	68.95	33.53	0.83			CAP. PINHALZINHO	073/106	M.E.	7478.95 0	338.330
57.09	71.53					LANÇ. IND. OSATO ALIMENTOS S/A	071/104	M.E.	7488.66 0	326.395
57.09	72.08					CAP. IND. OSATO ALIMENTOS S/A	071/104	M.E.	7488.19 5	326.370
57.09	76.25					LANÇ. ESG. MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.E.	7489.99 0	327.055
57.09	76.82					CORREGO MONTE ALEGRE	071/105	M.D.		
57.09	76.82	0.93				CORREGO DOS GODAIS	071/105	M.E.		

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
57.09	76.82	0.93	0.16			LANÇ. ESG. MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.E.	7491.25 5	327.630
57.09	76.82	1.43				CAP. DE MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.D.	7491.48 0	327.175
57.09	77.37					LANÇ. ESG. MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.D.	7490.00 0	327.510
57.09	77.68					LANÇ. ESG. MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.E.	7489.69 5	327.510
57.09	77.97					LANÇ. ESG. MONTE ALEGRE DO SUL	071/105	M.E.	7489.47 5	327.695
57.09	78.55					POSTO M. ALEGRE DO SUL- (3D-002)	071/105	-	7489.10 0	328.040
57.09	89.20					LANÇ. ESG. BAIRRO DA MOSTARDA	072/105	M.E.	7486.23 0	332.580
57.09	89.55					LANÇ. ESG. BAIRRO DA MOSTARDA	072/105	M.E.	7486.34 0	332.265
57.09	90.68					RIBEIRAO DA FAZENDA VELHA	072/106	M.E.		
57.09	98.52					CÓRREGO DO AGUDO	071/106	M.D.		
57.09	104.00					CÓRREGO DA CACHOEIRA	071/106	M.E.		
57.09	107.04					CÓRREGO DA LAGOA	071/107	M.E.		
57.09	128.07					CÓRREGO BELA VISTA		-		
57.09	133.94					CÓRREGO DA CACHOEIRINHA	072/108	M.D.		
57.09	*					POSTO FORMIGA EM TOLEDO - MG - (3D-017)	072/108	-	7485.86 0	352.280
60.96						LANÇ. IND. PENA BRANCA	071/099	M.D.	7488.31 0	292.020
61.20						CAP. IND. PENA BRANCA	071/099	M.D.	7488.17 0	292.215
63.70						LANÇ. IND. ANTÁRTICA	071/100	M.E.	7487.64 0	294.820
63.90						CAP. IND. ANTÁRTICA	071/100	M.E.	7487.42 0	294.855
64.56						LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	072/100	M.D.	7487.17 0	295.400
64.80						LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	072/100	M.D.	7487.24 0	295.630
64.98						LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	072/100	M.D.	7487.32 0	295.730
65.10						LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	071/100	M.D.	7487.42 0	295.820
65.45						LANÇ. ESG. DE JAGUARIUNA	072/100	M.E.	7487.29 0	296.150
67.15						CAP. DE JAGUARIUNA	072/100	M.D.	7487.29 0	297.620
72.13						CÓRREGO FAZENDA DO RECREIO	072/100	M.E.		
72.15						CANAL BERNARDO FIGUEIREDO	072/100	M.E.		
72.15	0.36					UHE BERNARDO FIGUEIREDO	072/100	-		
76.08						LANÇ. IND. NIQUELART ARTEFATOS METAIS	072/101	M.E.	7483.45 0	303.545
76.13						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.D.	7483.50 0	303.581
76.90						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.D.	7483.80 0	304.200
76.92						CÓRREGO CAXAMBU	072/101	M.D.		
77.10						CÓRREGO DO MACEDO OU BOA VISTA	072/101	M.D.		
77.10	1.70					CAP. IND. FLEISCHMANN ROYAL LTDA	072/101	M.E.	7484.08 0	305.850
77.40						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.D.	7483.53 0	304.550

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
77.45						LANÇ. IND. FLEISCHMANN ROYAL LTDA	072/101	M.D.	7483.49 0	304.565
77.75						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.E.	7483.32 0	304.740
78.32						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.D.	7483.55 0	305.240
78.40						LANÇ. ESG. PEDREIRA	072/101	M.E.	7483.52 0	305.320
78.53						CAP. DE PEDREIRA	072/101	M.D.	7483.46 0	305.450
85.00						CÓRREGO ENTRE MONTES	073/101	-		
85.18						UHE MACACO BRANCO (SAÍDA CANAL) -	073/101	-		
85.42						UHE MACACO BRANCO (ENTRADA CANAL)	073/101	-		
91.10						UHE JAGUARI - OPERADOR CPFL	074/101	-		
109.09						RIBEIRÃO DOS MANSOS OU DA BARRA MANSA	075/103	M.E.		
109.09	1.62					LANÇ. IND. MALIBER (REDE)	075/103	M.E.	7469.83 5	316.220
109.09	1.62					LANÇ. ESG. DE MORUNGABA	075/103	M.D.	7470.61 0	316.500
109.09	5.88					CAP. DE MORUNGABA	076/103	M.D.	7467.02 0	316.565
109.43						POSTO FLUV. BUENÓPOLIS - (3D-009)	075/103	-	7471.94 0	317.379
110.32						RIBEIRÃO DAS ONÇAS	075/103	-		
120.70						RIBEIRÃO DO PANTANO OU VARGINHA	075/104	M.D.		
120.70	8.19					LANÇ. ESG. DE TUIUTI	074/104	M.E.	7475.50 0	325.670
140.20						RIBEIRÃO DO CAMPO NOVO	076/105	M.E.		
143.50						UHE GERALDO TOSTA	076/105	-		
145.65						RIBEIRÃO DAS POMBAS	076/106	M.D.		
146.93						RIBEIRÃO DAS ARARAS	076/106	M.D.		
146.93	23.13					CÓRREGO PEDRA BELA	074/108	M.D.		
146.93	23.13	0.48				CÓRREGO SEM NOME	074/108	M.E.		
146.93	23.13	0.48	2.27			LAÇ. ESG. DE PEDRA BELA	074/108	M.D.	7478.29 0	352.110
146.93	23.13	3.36				LAÇ. ESG. DE PEDRA BELA	073/108	M.E.	7479.36 0	351.800
160.50						LANÇ. IND. PLANALQUÍMICA	076/107	M.E.	7466.37 0	340.690
161.59						LANÇ. IND. SANTHER	076/107	M.D.	7466.23 0	341.235
161.62						RIBEIRÃO LAVAPÊS	076/106	M.E.		
161.62	0.20					LANÇ. ESG. DE BRAGANÇA PAULISTA	076/107	M.D.	7466.09 0	341.380
161.62	0.20					LANÇ. IND. CAPRICÓRNIO (REDE)	076/107	M.D.	7466.09 0	341.380
161.62	0.20					LANÇ. IND. AMP DO BRASIL (REDE)	076/107	M.D.	7466.09 0	341.380
161.62	0.20					LANÇ. IND. LUPER FARMACÊUTICA (REDE)	076/107	M.D.	7466.09 0	341.380
161.62	0.20					LANÇ. IND. SUAPE TEXTIL S/A (REDE)	076/107	M.D.	7466.09 0	341.380
161.62	0.20					LANÇ. IND. TEC. AUTO PEÇAS TIPH (REDE)	077/107	M.E.	7466.09 0	341.380
161.62	2.31					LANÇ. IND. COOP. LAT.BRAGANÇA PAULISTA	077/107	M.E.	7464.20 0	341.000
161.67						CAP. IND. SANTHER	076/107	M.D.	7466.25 0	241.210

DIST. (km)	DIST 1 (km)	DIST 2 (km)	DIST3 (km)	DIST 4 (km)	DIST 5 (km)	DETALHE	MAPA 1:10.000	MARGEM 1:10.000	LAT UTM	LONG UTM
162.12						RIBEIRÃO DOS CURITIBANOS OU MORRO AGUDO	076/107	M.D.		
162.12	1.64					LANÇ. IND. ARCOR	076/107	M.E.	7467.58 0	342.190
162.42						CAP. DE BRAGANÇA PAULISTA	076/107	M.E.	7466.18 0	341.910
173.65						POSTO GUARIPOCABA (3D-015)	076/108	-	7466.20 0	348.745
174.96						RIO JACAREÍ	076/108	M.E.		
174.96	39.23					LANÇ. ESG. DE JOANÓPOLIS	077/111	M.E.	7462.72 5	368.135
174.96	39.23					LANÇ. IND. LATICÍNIO UMUARAMA	077/111	M.E.	7462.72 5	368.135
174.96	39.23					LANÇ. IND. LAVANDERIA ALLWASHED	077/111	M.E.	7462.72 5	368.135
174.96	41.96					CORREGO DA BOCAINA	077/111	M.E.		
174.96	41.96	4.84				CAP. DE JOANÓPOLIS	076/112	M.D.	7466.82 0	362.880
174.96	42.69					CÓRREGO ÁGUAS CLARAS	077/111	M.D.		
174.96	42.69	3.08				CAP. DE JOANÓPOLIS	076/112	M.D.	7467.35 0	371.820
177.00						RIBEIRAO DAS ANHUMAS	076/108	M.D.		
180.37						RIBEIRAO LIMEIRA OU ACIMA	076/109	M.D.		
180.37	2.13					LANÇ. ESG. DE VARGEM	076/109	M.D.	7466.94 0	354.230
180.37	3.27					LANÇ. ESG. DE VARGEM	076/109	M.E.	7467.95 0	354.600
180.37	7.97					CAP. DE VARGEM	075/109	M.D.	7471.20 0	356.200
181.30						REPRESA DO RIO JAGUARI	076/109	-		
*						POSTO PIRES EM EXTREMA - MG - (3D-016)	075/110	-		

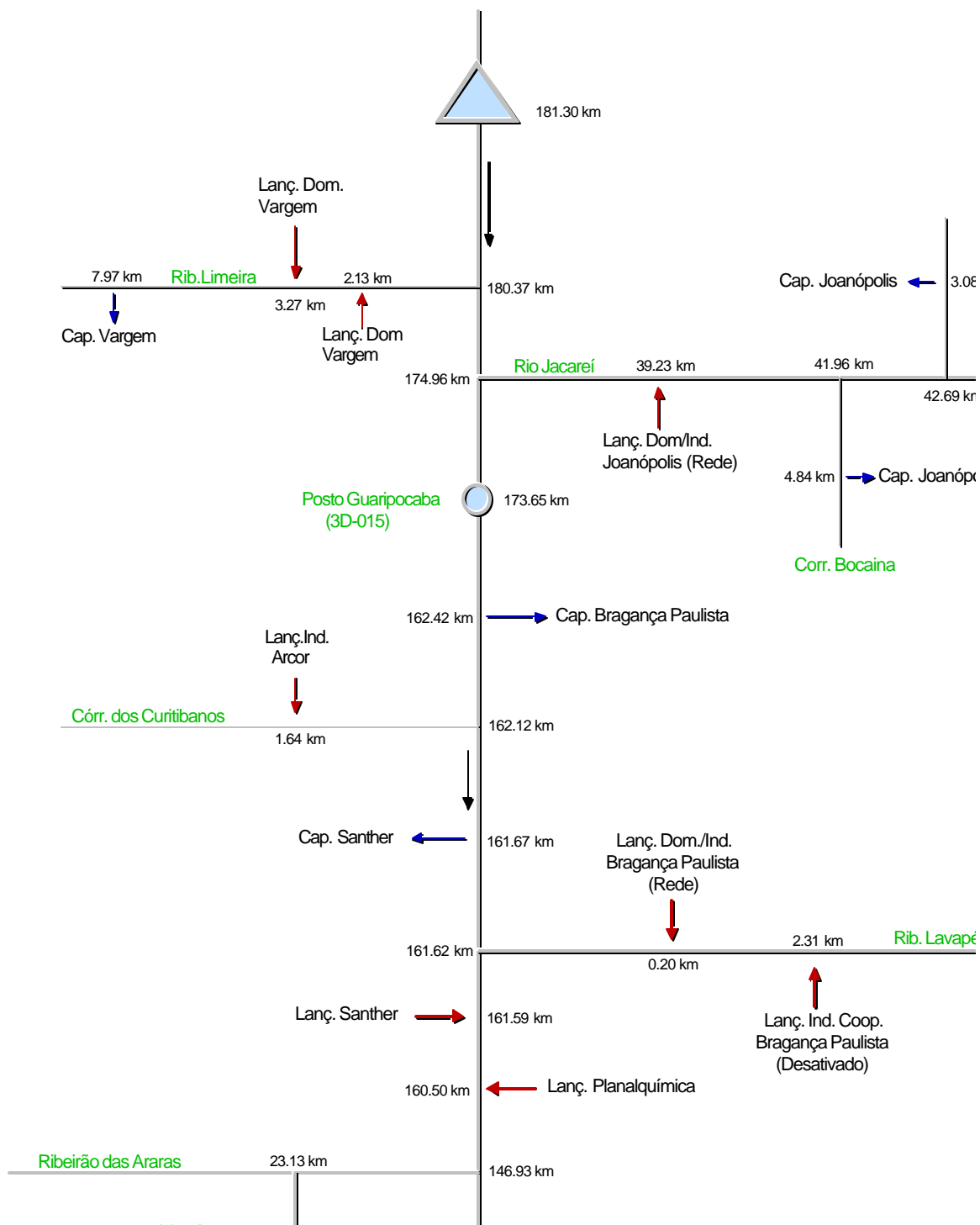


Figura 3.1 – Diagrama unifilar do Rio Jaguari – Parte 1

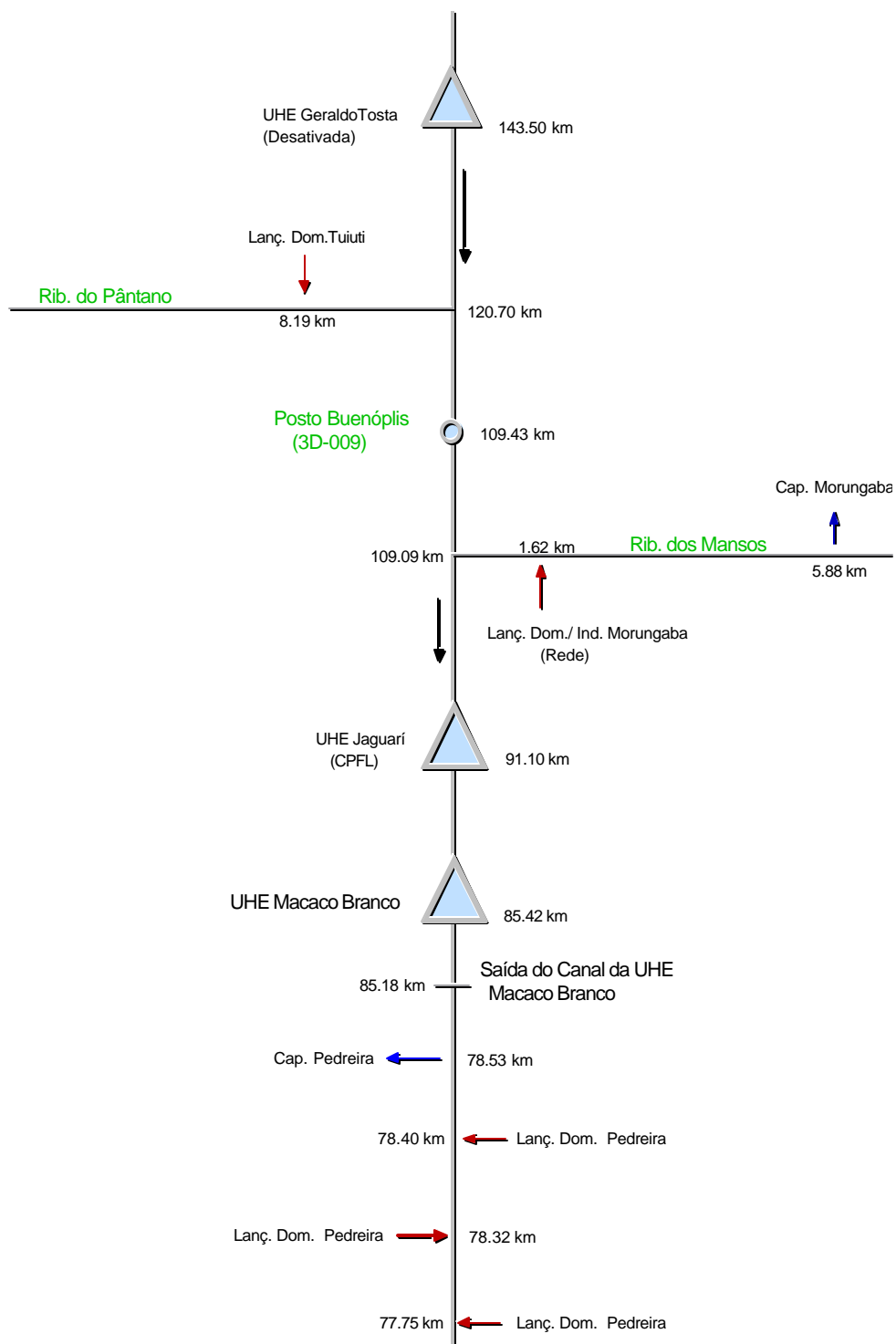


Figura 3.12 – Diagrama unifilar do Rio Jaguari – Parte 2

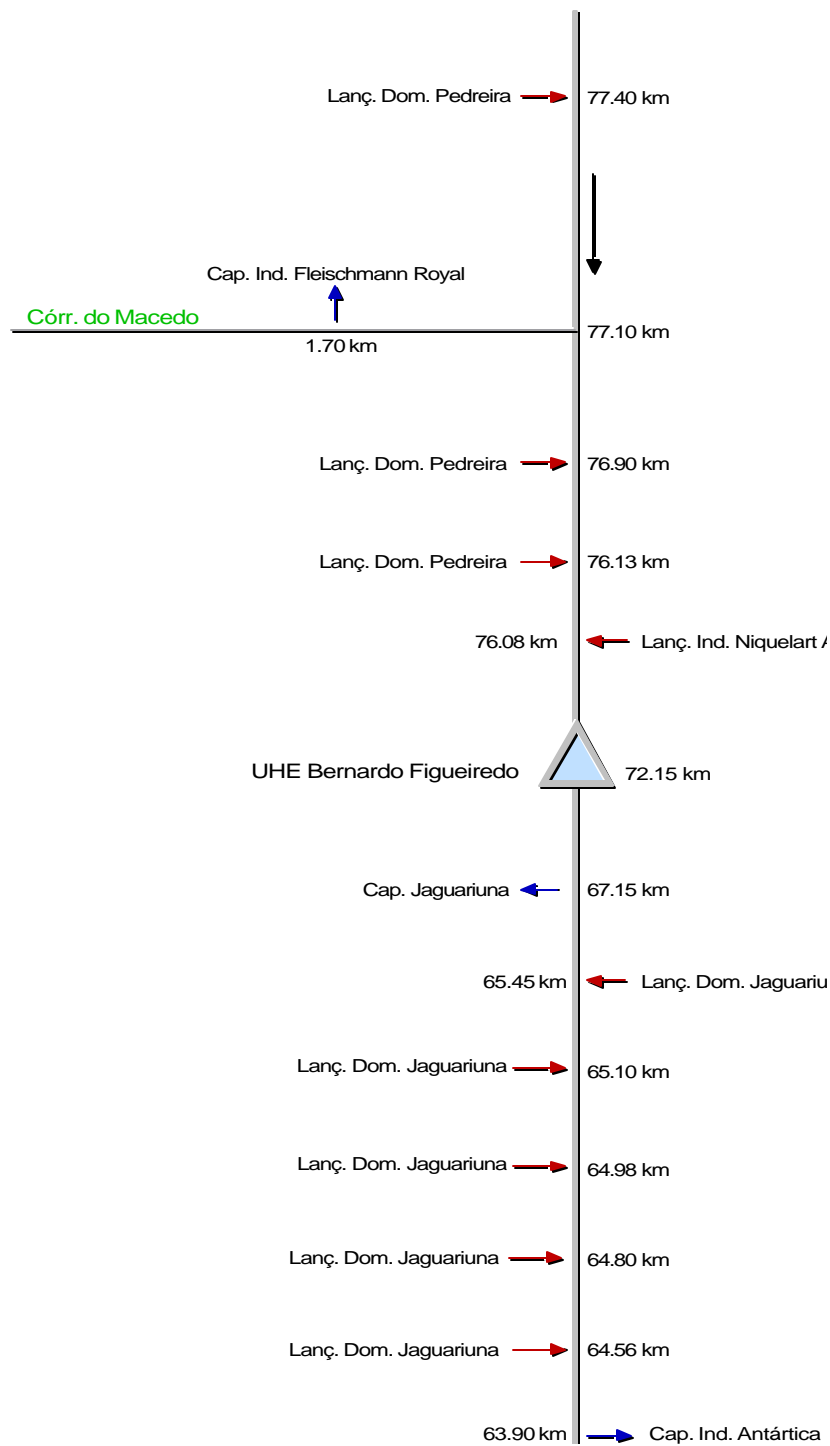


Figura 3.12 – Diagrama unifilar do Rio Jaguari – Parte 3

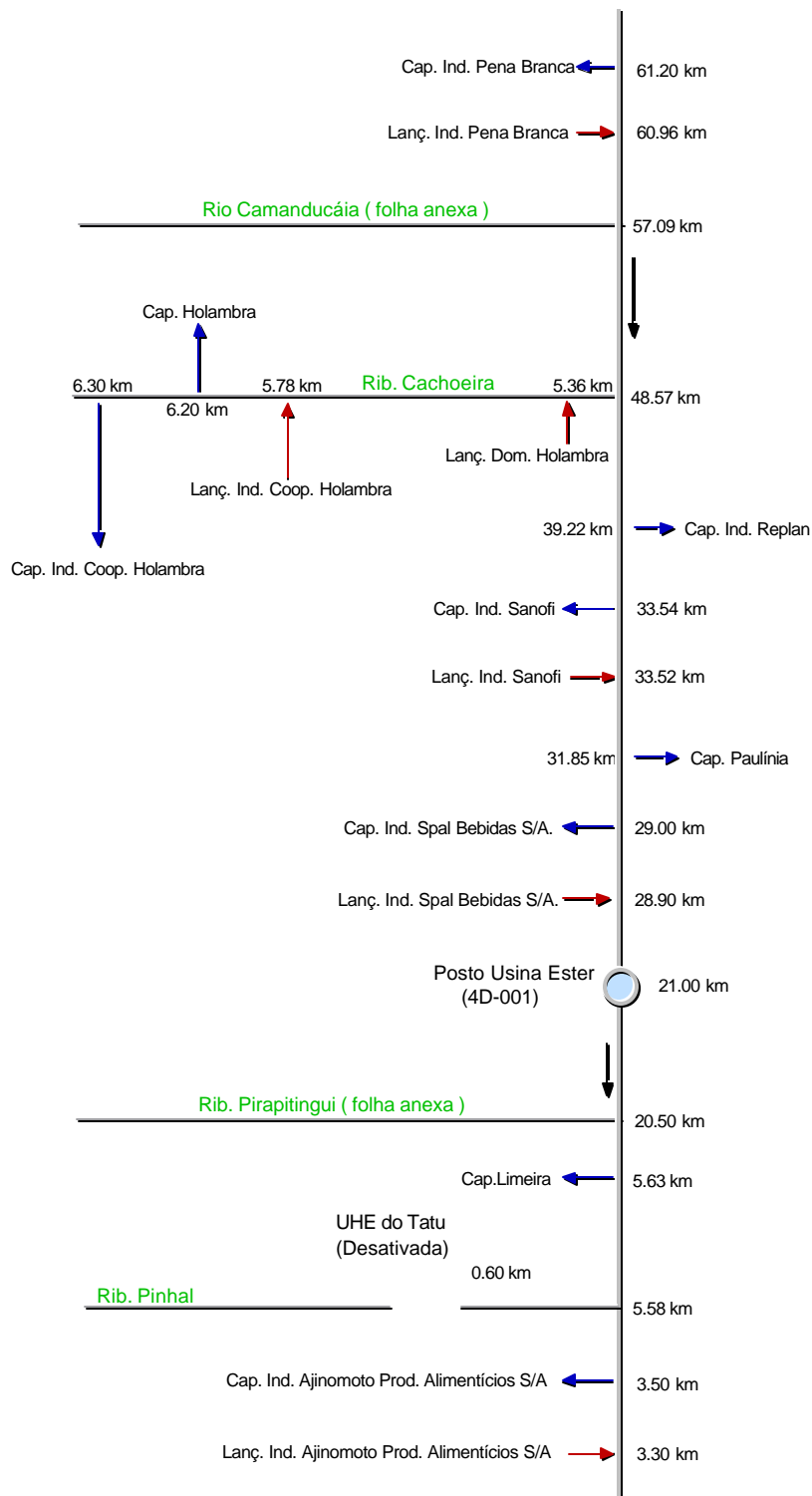


Figura 3.12 – Diagrama unifilar do Rio Jaguari – Parte 4

3.3.2 Tempo de Trânsito

3.3.2.1 Introdução

No âmbito do módulo *Águas superficiais* do projeto *Diagnóstico e novas formas de gerenciamento ambiental na região de Paulínia*, a modelagem matemática de qualidade de águas proposta exigiu a execução de uma campanha dinâmica de amostragem de água no Rio Jaguari com o objetivo de refinar a calibração do modelo e detalhar os processos que regem a auto-depuração das águas do rio.

A campanha de qualidade do Rio Jaguari iniciou-se em 22 de setembro de 2000, tendo se encerrado em 12 de novembro 2000, após três interrupções motivadas pela ocorrência de chuvas na região em estudo. Paralelamente às determinações de tempos de trânsito foram realizadas medições de vazão nas seções de controle do rio e amostragens de água pela Agência Regional de Campinas. Além dos resultados obtidos em campo, esse item apresenta também uma breve análise da hidrologia e hidráulica do rio a partir de dados de operação dos reservatórios que influenciam o regime do rio, quais sejam, o da SABESP, nas cabeceiras do rio e o da CPFL, próximo ao seu meio curso. Também as chuvas ocorridas durante os trabalhos foram contempladas nesses estudos através da análise da pluviometria dos locais dos dois barramentos.

3.3.2.2 Estaqueamento e cartografia

Para a elaboração do estaqueamento do Rio Jaguari foram utilizadas cartas topográficas do I.G.C. (fotografias aéreas de 1978) em escala de 1:10.000 que representam o curso principal do rio e de seus principais afluentes. Esse estaqueamento constou da demarcação do rio em intervalos compatíveis com a escala das cartas, com o objetivo de situar as seções de interesse, bem como localizar todas as singularidades do corpo d'água. A técnica empregada foi a do compasso de ponta-seca, com escala regulável, ou seja, variando a abertura do compasso, de acordo com as características físicas do rio. Para o Rio Jaguari o estaqueamento utilizado foi o oficial, efetuado pelo DAEE.

3.3.2.3 Medições dos tempos de trânsito

A metodologia de medição de tempos de trânsito consiste na injeção pontual e instantânea de um traçador radioativo (Bromo 82 em forma de Bromato de Potássio irradiado em solução aquosa) no centro de uma seção transversal pré-determinada do curso d'água e no acompanhamento da passagem dessa massa d'água marcada com o traçador (nuvem de traçador) por algumas seções de controle convenientemente escolhidas a jusante.

Com o auxílio de uma sonda cintiladora de cristal de NaI, mergulhada no escoamento e conectada a um detetor de radiação são, registrados, a intervalos regulares, os números de contagens emitidos pelo traçador radiativo transformados em sinais elétricos. Estes valores de contagens, plotados contra os intervalos de tempo acumulados, produzem a curva de passagem do traçador. O centro de massa da área definida por esta curva tem, em sua correspondente abcissa, o tempo de trânsito decorrido desde o instante da injeção.

De acordo com as peculiaridades do Rio Jaguari, a campanha de tempos de trânsito foi executada por etapas, sendo a primeira delas com início na barragem Jaguari da SABESP e término no remanso do Reservatório Jaguari, da CPFL e a segunda com

início no ponto imediatamente a jusante da barragem desse segundo reservatório até a foz do Jaguari, no Rio Piracicaba. A terceira etapa corresponde ao corpo do reservatório da CPFL e, nesse caso serão medidos tempos de residência.

As etapas correspondentes aos trechos a jusante e montante do reservatório da CPFL foram subdivididas em trechos, de comprimentos variando entre 11 e 30 km, com o intuito de detalhar o comportamento do Rio Jaguari. Apresentam-se na Tabela 3.9 a relação dessas secções no sentido de montante para jusante, destacando-se suas distâncias a partir da foz, suas respectivas áreas de drenagens e altitudes. A Figura 3.13 apresenta um mapa simplificado da bacia destacando a localização dessas secções ao longo do rio.

Na etapa da campanha a montante do reservatório, a injeção de material radiativo, efetuada imediatamente a jusante da barragem do Reservatório Jaguari da SABESP, no denominado ponto 0, ocorreu no dia 19/09. Entretanto, devido ao tempo de trânsito extremamente longo até o ponto 1 (Captação de Bragança Paulista), que causou um decaimento elevado da atividade radiativa, nova injeção, neste ponto, foi realizada no dia 22. Com essa nova injeção, foram realizadas detecções nos pontos 2 (Ponte Bairro Mãe dos Homens) e 3 (Ponte sobre a rodovia que liga Passa Três a Morungaba) tendo sido a campanha paralisada no dia 26 devido a ocorrência de fortes chuvas que alteraram substancialmente o comportamento hidráulico e sanitário do rio.

Tabela 3.1 – Pontos considerados para a campanha de tempos de trânsito

Ponto	Local	Estaca (km)	AD (km²)	Altitude (m)
P0	Jusante da rodovia Fernão Dias	181.05	1028.8	793.82
P1	Captação de Bragança Paulista	162.35	1381.0	783.93
P2	Ponte Bairro Mãe dos Homens	146.75	1654.3	780.80
P3	Ponte Rodovia Passa Três Morungaba	121.9	1797.1	754.06
P4	Ponte Rodovia SP-360	109	1977.3	743.40
P5	Início da represa da usina Jaguari	95.45	2031.2	704.78
P6	Jusante da barragem da usina Jaguari	90.5	2050.9	658.45
P7	Captação de Pedreira	78.53	2122.1	586.83
P8	Ponte da Estação Ferroviária Jaguari	65.1	2182.3	558.64
P9	Ponte da rodovia SP-332	32.45	3346.3	535.11
P10	Foz	2.1	4317.3	506.37

Nova injeção foi efetuada no mesmo Ponto 3, no dia 03/10, com nova paralisação, dessa vez no dia 5 no Ponto 4 de medição (ponte sobre a SP 360 em Morungaba) também devido à ocorrência de chuvas intensas. No dia 17, foi reiniciada a campanha, injetando-se o traçador radiativo no ponto 4, encerrando-se a etapa da campanha correspondente ao trecho a montante do Reservatório Jaguari, no dia 20.

A etapa da campanha correspondente à porção do Rio Jaguari situada a jusante do reservatório iniciou-se com uma injeção de material radiativo no Ponto 6 (saída da usina Jaguari da CPFL), no dia 19 e detecções nos pontos 7 (Ponte sobre a SP-360) e 8 (Estação Rodoviária Jaguari). Nova injeção foi então efetuada no Ponto 8, dessa vez no dia 21, tendo ocorrida nova paralisação no dia 25, devido também à ocorrência de chuvas torrenciais e aumento significativo nos níveis e alteração da cor da água do Rio Jaguari, após concluída a detecção no ponto 9 (captação de Paulínia).

O encerramento da segunda etapa das campanhas foi então realizado com injeção do material radiativo no Ponto 9, no dia 8/11 e detecção no ponto 10 (Ponte sobre rodovia SP-332) nas imediações da captação da indústria Papyrus, em Paulínia, no dia 12/11.

Para a determinação da terceira etapa das campanhas, correspondente à determinação dos tempos de residência do Reservatório Jaguari da CPFL, será realizada uma injeção no ponto 5 e detecção no ponto 6 e, considerando o regime lântico característico dos reservatórios, estima-se para essa determinação, um tempo de residência da ordem de 3 a 4 dias. Foi acordado entre o Setor de Hidrologia a Agência Ambiental de Limeira o início dessa última etapa da campanha para o dia 14/11, porém e, novamente devido à ocorrência de chuvas intensas nas cabeceiras do rio nos dias 12 e 13, foi decidido adiar a campanha para uma data posterior.

Apresentam-se nas Tabelas de 3.10 a 3.18 e nas Figuras de 3.14 a 3.22 os resultados de campo da campanha de tempos de trânsito com a representação das passagens das nuvens radiativas pelas secções de interesse. A seguir, nas Tabelas 3.19 e 3.20, o resumo das determinações com datas, horários, tempos e velocidades médias nos trechos e finalmente, nas Figuras 3.23 e 3.24, as representações gráficas das evoluções dos tempos de trânsito e velocidades ao longo do rio.

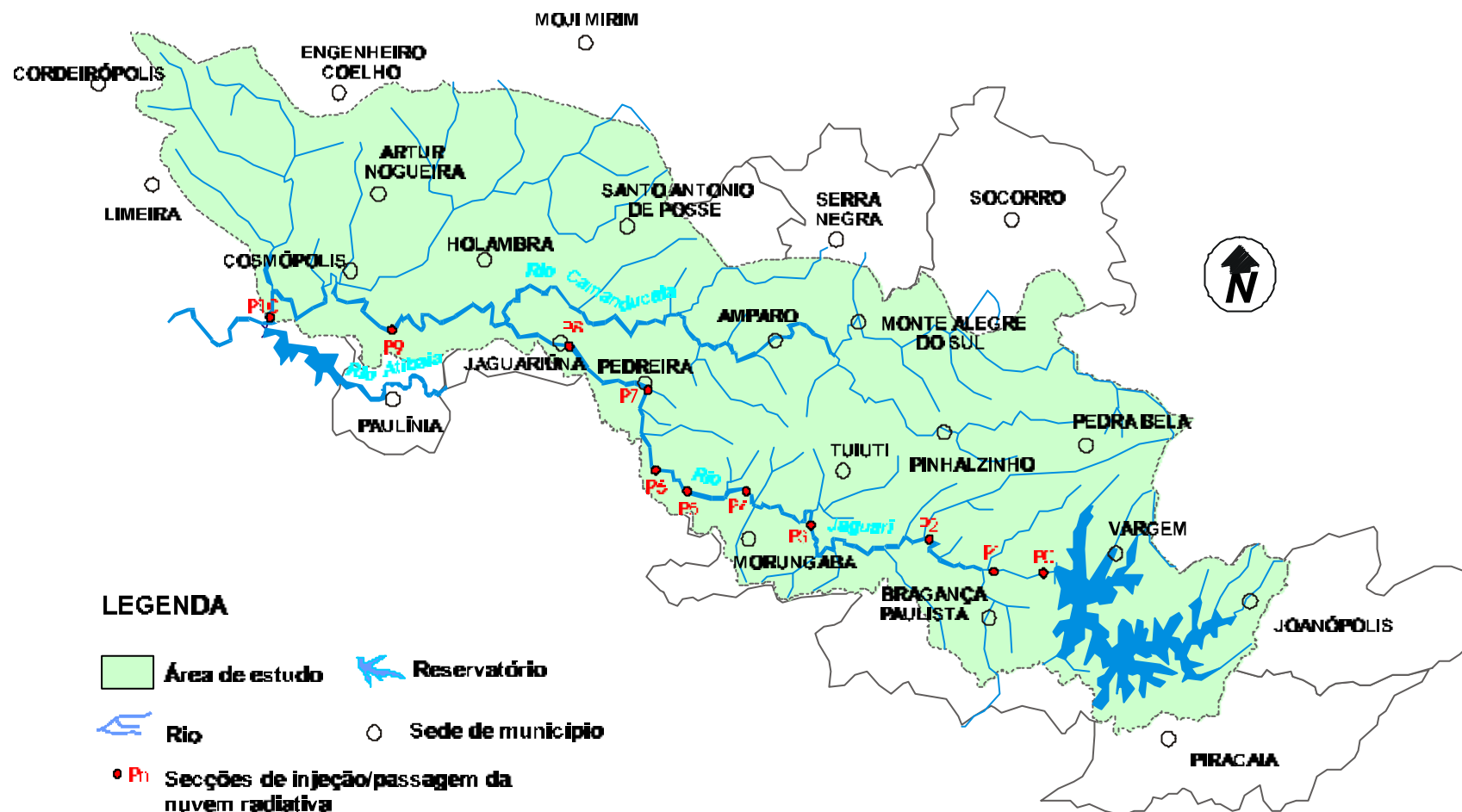


Figura 3.1 – Bacia do Rio Jaguari com indicação dos pontos de passagem da campanha de tempos de trânsito

Tabela 3.2 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto de medição: P1 - Captação de Bragança Paulista - Período das medições: 22 a 24 /09 / 00 - Injeção: P0 - Jusante da Rodovia Fernão Dias

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (COM)
10:00	807	18:15	9021	0:00	12192	8:30	6963
10:30	790	18:30	9433	0:15	12136	9:30	5577
11:30	1476	18:45	9554	0:30	12748	10:30	4079
12:00	1967	19:00	9515	0:45	11234	11:30	3279
12:30	2280	19:15	10731	1:00	12016	12:30	3308
13:00	3121	19:30	10565	1:15	11563	13:00	3446
13:30	3375	19:45	10776	1:30	11652	13:30	3024
14:00	4066	20:00	11259	1:45	10846	14:00	3173
14:15	4288	20:15	10417	2:00	11393	14:30	2881
14:30	4579	20:30	10261	2:15	11451	15:00	3211
15:00	5410	20:45	11306	2:30	11047	15:30	2819
15:15	5661	21:00	11411	2:45	10635	17:00	2573
15:30	6241	21:15	11518	3:00	11185	18:30	2252
16:00	6948	21:30	11104	3:30	9975	20:00	1930
16:15	7252	22:00	11469	4:00	9973	21:30	1727
16:30	7889	22:15	11384	4:30	9603	23:00	1428
16:45	7942	22:30	11925	5:00	9912	1:00	1099
17:00	8161	22:45	12067	5:30	8440	3:00	830
17:15	8306	23:00	11484	6:00	8028	5:00	492
17:30	8583	23:15	11724	6:30	8236	7:00	174
17:45	9155	23:30	12331	7:00	7982		
18:00	9130	23:45	12490	7:30	7343		

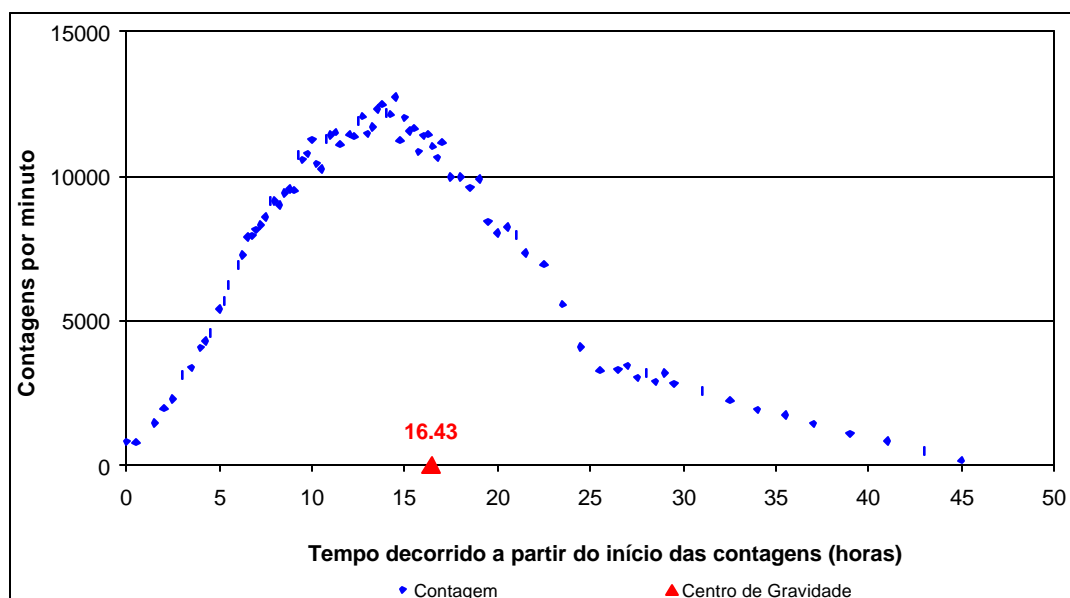


Figura 3.2 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P1

Tabela 3.3 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P2 - Ponte Bairro Mãe dos Homens - Período das medições: 22 a 23/09/00 - Injeção: P1 - Captação de Bragança Paulista

Hora	Ativ.líqu corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líqu corrig. (CPM)
5:00	107	9:50	125205
6:00	1020	10:00	120328
6:30	5350	10:10	116374
7:00	17367	10:20	113658
7:10	25477	10:30	107737
7:20	29826	10:40	101024
7:30	38200	10:50	100516
7:40	46811	11:00	101017
7:50	58563	11:30	80279
8:00	67517	12:00	62675
8:10	77149	12:30	47666
8:20	87805	13:00	36982
8:30	96093	13:30	27353
8:40	102315	14:00	20365
8:50	109834	14:30	15802
9:00	115794	15:00	12448
9:10	123024	15:30	9914
9:20	127381	16:00	8278
9:30	126970	18:00	3619
9:40	127213	20:00	1133

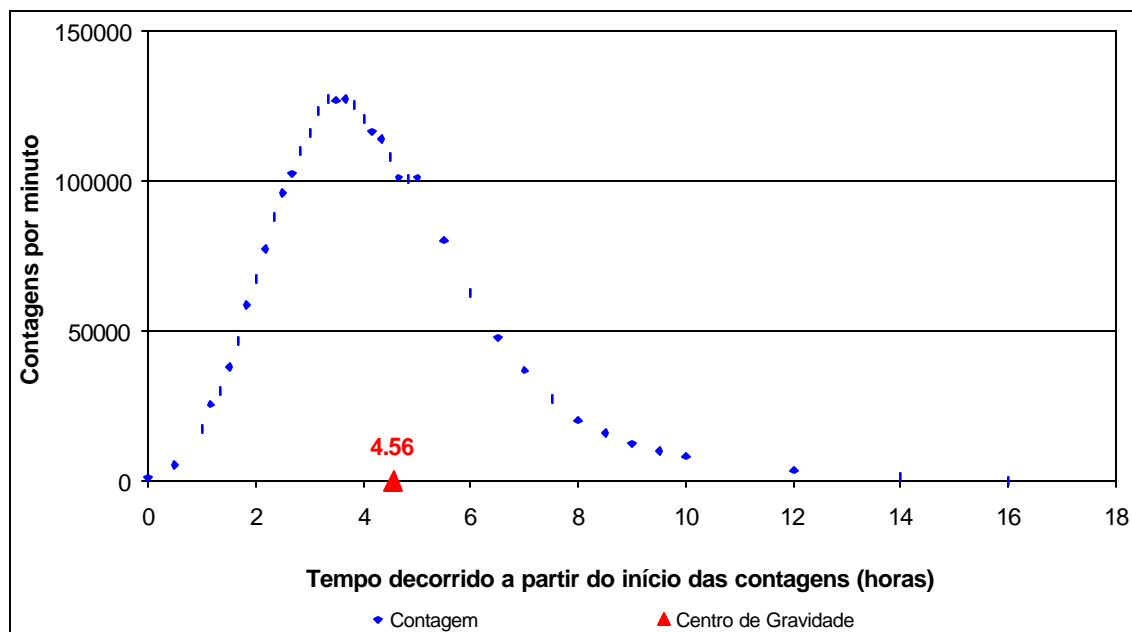


Figura 3.3 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P2

Tabela 3.4 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P3 - Estrada Passa Três-Morungaba - Período das medições: 23 a 26/09/00 - Injeção: P1 - Captação de Bragança Paulista

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
18:00	582	4:00	7169	13:30	5423
18:30	702	4:30	7390	14:00	4773
19:00	1156	5:00	7654	14:30	3888
19:30	1281	5:30	8104	15:00	4324
20:00	1628	6:00	7881	15:30	4108
20:30	1915	6:15	8051	16:00	3962
21:00	1748	6:30	7804	16:30	3627
21:30	2118	7:00	8119	17:00	3398
22:00	2589	7:30	7494	17:30	3328
22:30	3016	8:00	7910	18:00	2831
23:00	3485	8:30	7307	18:30	3235
23:30	4099	9:00	7514	19:00	3702
0:00	4153	9:30	6861	19:30	3640
0:30	5163	10:00	7051	20:00	3449
1:00	5426	10:30	6961	20:30	3164
1:30	5670	11:00	6270	22:00	1808
2:00	6416	11:30	6505	22:30	1470
2:30	6714	12:00	6186	0:00	749
3:00	7099	12:30	6241	1:00	263
3:30	7104	13:00	5552		

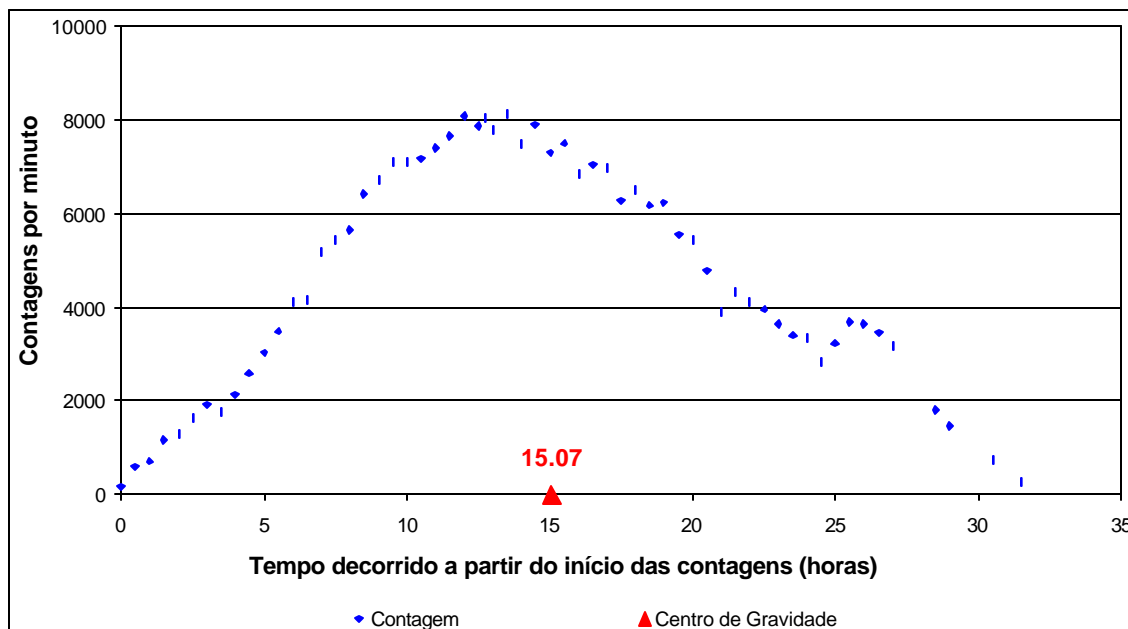


Figura 3.4 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P3

Tabela 3.5 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P4 - Ponte SP-360 - Período das medições: 04 a 05/10/00 - Injeção: P3 - Estrada Passa Três - Morungaba

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
11:00	79	16:15	93867	20:45	71732
11:30	652	16:30	100839	21:00	64165
11:45	1215	16:45	102626	21:15	58955
12:00	1813	17:00	105158	21:30	32012
12:15	2454	17:15	115584	21:45	26246
12:30	4435	17:30	107911	22:00	26004
12:45	6568	17:45	110016	22:15	26215
13:00	9848	18:00	106177	22:45	25908
13:15	13864	18:15	110016	23:15	22267
13:30	17747	18:30	117904	23:45	17547
13:45	23691	18:45	115565	0:00	15652
14:00	29189	19:00	112553	0:30	13445
14:15	35455	19:15	107352	1:00	10936
14:30	43138	19:30	102829	1:30	8299
15:00	58610	19:45	93778	2:00	6723
15:30	75479	20:00	90135	3:00	4074
15:45	81282	20:15	80834	4:30	1635
16:00	86481	20:30	75918	6:00	72

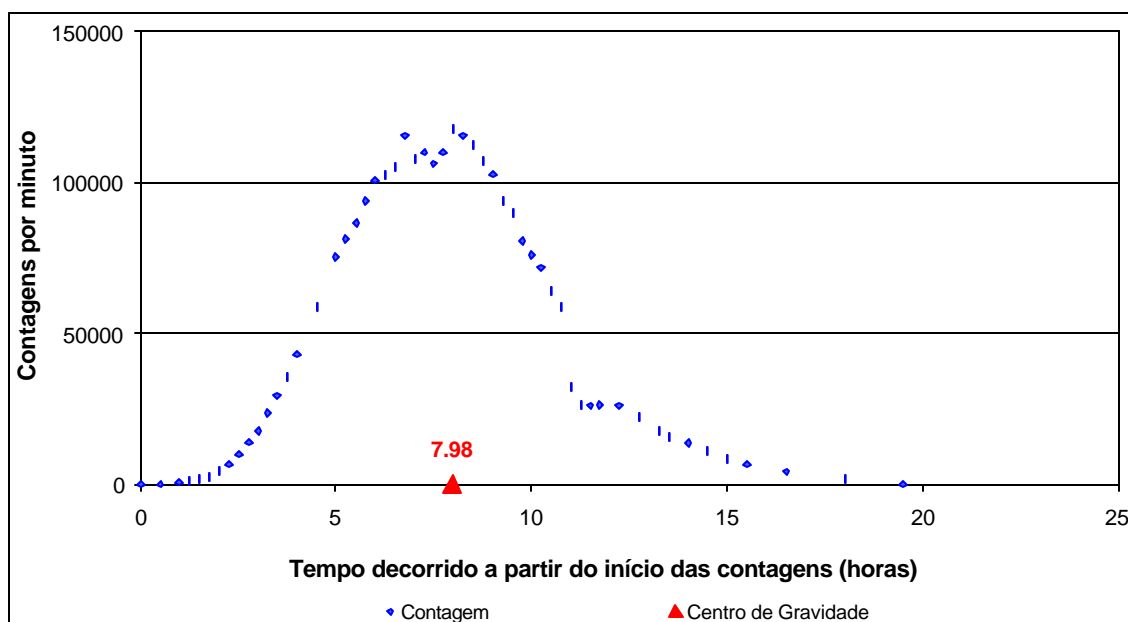


Figura 3.5 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P4

Tabela 3.6 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P5 - Início da represa da Us.Jaguari - Período das medições: 18 a 20/10/00 - Injeção: P4 - Ponte SP-360 Morungaba - Amparo

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
6:00	61	12:45	10318	19:15	13074	1:30	3731
6:15	125	13:00	10816	19:30	12015	1:45	3568
6:30	282	13:30	11903	19:45	11614	2:00	3673
6:45	370	13:45	12488	20:00	10660	2:30	2952
7:00	485	14:00	12705	20:15	11164	3:00	2566
7:15	968	14:15	13055	20:45	8843	3:30	2623
7:30	974	14:30	13173	21:00	8447	4:00	2332
7:45	1124	14:45	13430	21:15	8148	4:30	2323
8:00	1401	15:00	13368	21:30	7983	5:00	2220
8:15	1797	15:15	13661	21:45	7451	5:30	1404
8:30	1711	15:30	13661	22:00	7431	6:00	1358
8:45	1976	15:45	13752	22:15	7207	6:30	1202
9:00	2631	16:00	13942	22:30	6552	7:00	1615
9:15	3152	16:15	15097	22:45	6348	7:30	1198
9:30	3573	16:30	17547	23:00	6354	8:00	1373
9:45	3733	16:45	17147	23:15	5871	8:30	1450
10:00	4198	17:15	16782	23:30	5316	9:00	991
10:30	5572	17:30	15371	23:45	5767	10:00	735
11:00	6844	17:45	15034	0:00	5042	11:00	538
11:30	6846	18:00	14886	0:15	4829	12:00	369
11:45	8301	18:15	14542	0:30	4672	13:00	193
12:00	8684	18:30	14647	0:45	4260	14:00	28
12:15	9332	18:45	13439	1:00	4197		
12:30	10021	19:00	13212	1:15	3837		

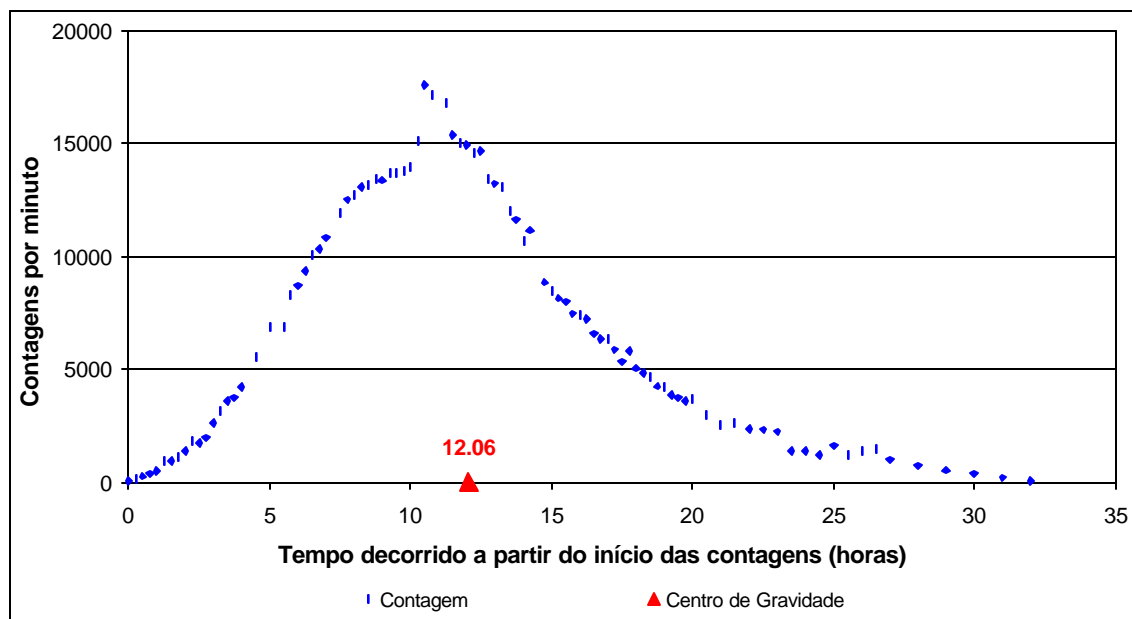


Figura 3.6 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P5

Tabela 3.7 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P7 - Captação de Pedreira - Período das medições: 20 a 21/10/00 - Injeção: P6 - Saída da Usina Jaguari

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
13:30	459	19:00	30456	0:00	26691	5:00	7791
14:00	909	19:15	31880	0:15	25644	5:15	7160
14:30	1715	19:30	34166	0:30	24715	5:30	6505
14:45	2306	19:45	34846	0:45	23858	5:45	6097
15:00	3035	20:00	35664	1:00	22137	6:00	5652
15:15	4012	20:15	36031	1:15	21356	6:15	5275
15:30	4737	20:30	37189	1:30	20237	6:30	4843
15:45	6497	20:45	37382	1:45	19219	6:45	4498
16:00	7916	21:00	37373	2:00	17894	7:00	4329
16:15	9755	21:15	37201	2:15	17169	7:15	3967
16:30	10460	21:30	37142	2:30	16119	7:30	3639
16:45	12591	21:45	37049	2:45	15300	8:00	3258
17:00	15072	22:00	36022	3:00	14113	9:00	2492
17:15	16533	22:15	35004	3:15	13255	10:00	1942
17:30	19203	22:30	33627	3:30	12358	11:00	1509
17:45	20631	22:45	33023	3:45	11580	12:00	1155
18:00	22384	23:00	31374	4:00	10374	13:00	868
18:15	25380	23:15	30787	4:15	9831	15:00	394
18:30	27253	23:30	28976	4:30	9055	17:00	56
18:45	29192	23:45	28280	4:45	8658		

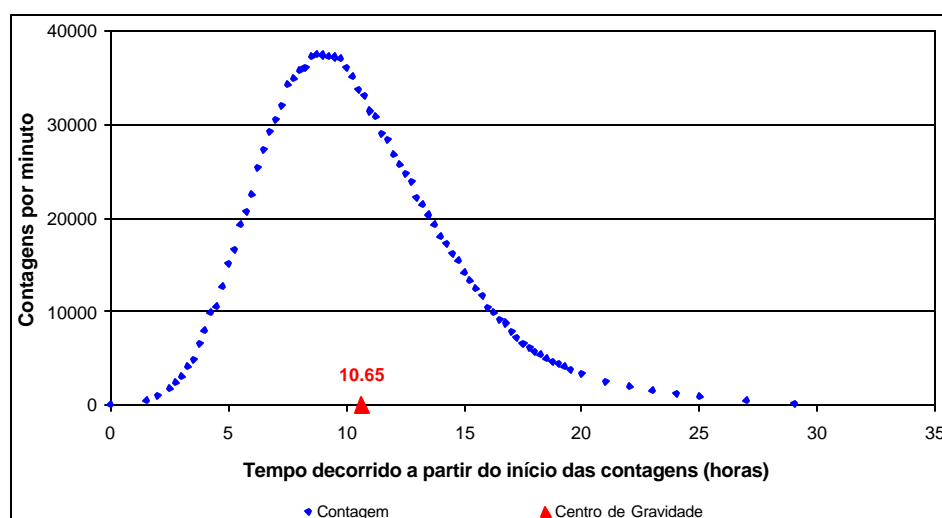


Figura 3.7 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P7

Tabela 3.8 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de Medição: P8 - Ponte da Est.Ferrov.Jaguari - Período das medições: 21 a 22/10/00 - Injeção: P6 - Saida da Usina Jaguari

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
10:00	123	19:15	15844	0:15	11502	5:15	5228
11:00	580	19:30	16071	0:30	11335	5:30	4702
12:00	1251	19:45	16395	0:45	10537	5:45	4961
13:00	2231	20:00	16112	1:00	10749	6:00	4368
14:00	3510	20:15	16714	1:15	9917	6:15	4013
15:00	5153	20:30	16525	1:30	9528	6:30	4362
15:50	7137	20:45	16273	1:45	9177	6:45	4209
16:00	7200	21:00	15832	2:00	9004	7:00	3619
16:15	7858	21:15	15391	2:15	8464	7:15	3320
16:30	8408	21:30	14995	2:30	7900	7:30	3588
16:45	8747	21:45	15108	2:45	8111	7:45	3209
17:00	9421	22:00	14431	3:00	7295	8:00	2562
17:15	10152	22:15	13896	3:15	7576	8:30	2392
17:30	10767	22:30	13492	3:30	6869	9:00	1832
17:45	11051	22:45	13358	3:45	6159	9:30	1437
18:00	11904	23:00	12971	4:00	6712	10:00	1426
18:15	12531	23:15	12517	4:15	6131	10:30	1172
18:30	13050	23:30	11871	4:30	5997	11:00	837
18:45	14830	23:45	11690	4:45	5482	11:30	417
19:00	15551	0:00	11330	5:00	5482		

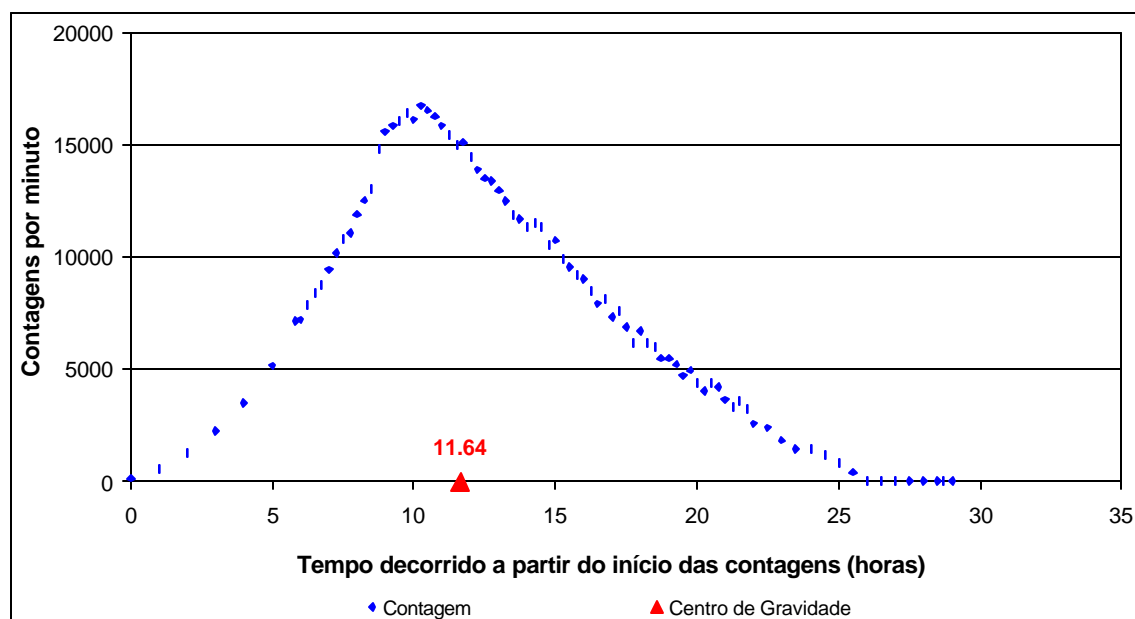


Figura 3.8 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P8

Tabela 3.9 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de medição: P9 - Ponte da Rod. SP 332 - Período das medições: 22 a 24/10/00 - Injeção: P8 -Estação Ferroviária Jaguari

Hora	Ativ.líq corrig. (COM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
1:45	143	7:30	774	16:00	41421	0:45	12003	6:45	3645
2:00	74	7:45	496	16:15	43324	1:00	10692	7:00	3250
2:15	138	8:00	839	16:30	44705	1:15	13990	7:15	3259
2:30	138	8:15	972	16:45	45283	1:30	16977	7:30	2423
2:45	152	8:30	1055	17:00	47417	1:45	8855	7:45	2919
3:00	242	9:00	1006	17:15	46350	2:00	7707	8:00	3077
3:15	542	9:30	1083	17:30	45362	2:15	7095	8:15	3240
3:30	444	10:00	1392	17:45	45492	2:30	7185	8:30	2936
3:45	276	10:30	1735	18:00	46266	2:45	6725	9:00	2839
4:00	313	11:00	2472	18:15	45492	3:00	6118	9:30	2759
4:15	441	11:30	3430	18:30	43999	3:15	6078	10:00	2713
4:30	441	12:00	5496	18:45	43326	3:30	5699	11:00	2362
4:45	471	12:15	6471	19:00	43309	3:45	5151	12:00	2137
5:00	613	12:30	7922	21:00	37468	4:00	4966	13:00	1881
5:15	409	12:45	10132	21:15	35143	4:15	5768	14:00	1696
5:30	485	13:00	12350	21:30	35775	4:30	4150	15:00	1554
5:45	482	13:30	19462	21:45	30778	4:45	4434	16:00	1416
6:00	738	14:00	22549	22:00	28617	5:00	4221	18:00	1090
6:15	398	14:30	27325	22:15	25436	5:15	3867	20:00	838
6:30	331	15:00	31299	22:30	23871	5:45	3662	22:00	587
6:45	626	15:15	33294	22:45	20962	6:00	4018	0:00	389
7:00	664	15:30	36839	0:15	15846	6:15	3517		
7:15	1005	15:45	39805	0:30	16255	6:30	3330		

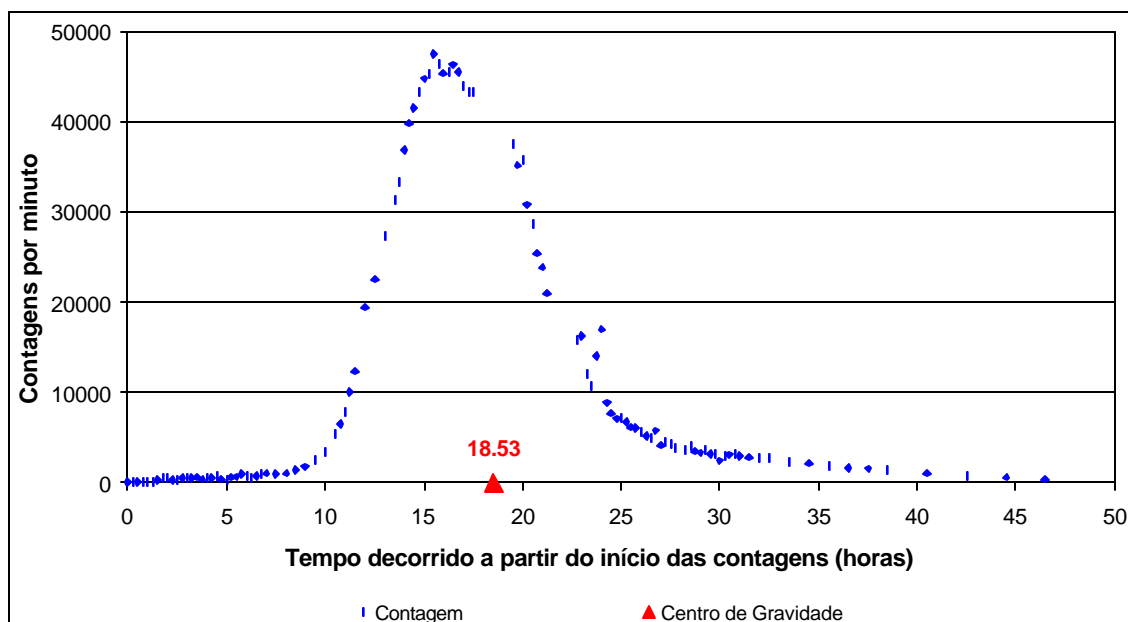


Figura 3.9 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P9

Tabela 3.10 – Passagem da nuvem radiativa pelo Ponto de medição: P10 - 2.1 km a montante da Foz - Período das medições: 11 a 12 /11 / 00 - Injeção: P9 - Ponte da Rod. SP-332

Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)	Hora	Ativ.líq corrig. (CPM)
8:15	785	15:15	16392
8:30	805	15:30	16056
8:45	1020	15:45	16088
9:00	1838	16:00	15388
9:15	1389	16:30	14466
9:30	1743	17:00	13486
10:00	2707	17:30	12634
10:30	3964	18:00	11324
11:00	5122	18:30	12176
11:30	6394	18:45	10174
12:00	8438	19:00	8848
12:30	10748	19:30	7988
13:00	12802	20:00	7450
13:30	14286	21:00	5741
14:00	16414	22:00	4425
14:15	15498	23:00	3175
14:30	16379	0:00	2134
14:45	16364	1:00	1217
15:00	16393	2:00	518

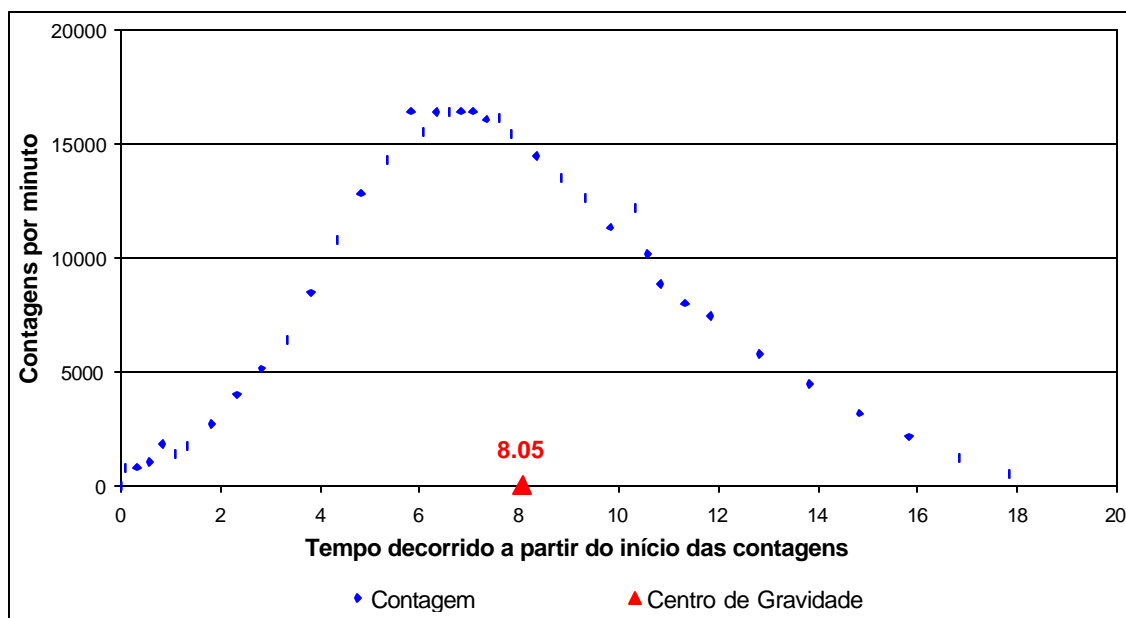


Figura 3.10 – Passagem da nuvem radiativa pelo ponto P10

Tabela 3.11 – Injeções e detecções da mancha radiativa do Rio Jaguari

INJEÇÃO			DETECÇÃO		
LOCAL	DATA	HORA	LOCAL	DATA	HORA
P0	19.09.00	15:20h	P1	23.09.00	02:25h
P1	22.09.00	09:20h	P2	23.09.00	10:33h
			P3	26.09.00	08:34h
P3	03.10.00	16:17h	P4	04.10.00	18:28h
P4	17.10.00	16:51h	P5	19.10.00	18:03h
P6	19.10.00	16:23h	P7	20.10.00	22:38h
			P8	21.10.00	21:38h
			P9	23.10.00	19:32h
P9	08.11.00	16:02h	P10	11.11.00	16:13h

Tabela 3.12 – Tempos de trânsito e velocidades do Rio Jaguari

TRECHO	EXTENSÃO (m)	TEMPO DE TRANSITO NO TRECHO	VELOCIDADE MEDIA (m/s)
PO – P1	18700	83h e 05min	0.06
P1 – P2	15600	25h e 13min	0.17
P2 – P3	24850	70h e 01min	0.10
P3 – P4	12900	26h e 11min	0.14
P4 – P5	13550	49h e 12min	0.08
P5 – P6	4950		
P6 – P7	11970	30h e 15min	0.11
P7 – P8	13430	23h	0.16
P8 – P9	32650	46h e 35min	0.19
P9 – P10	30350	72h e 11min	0.12

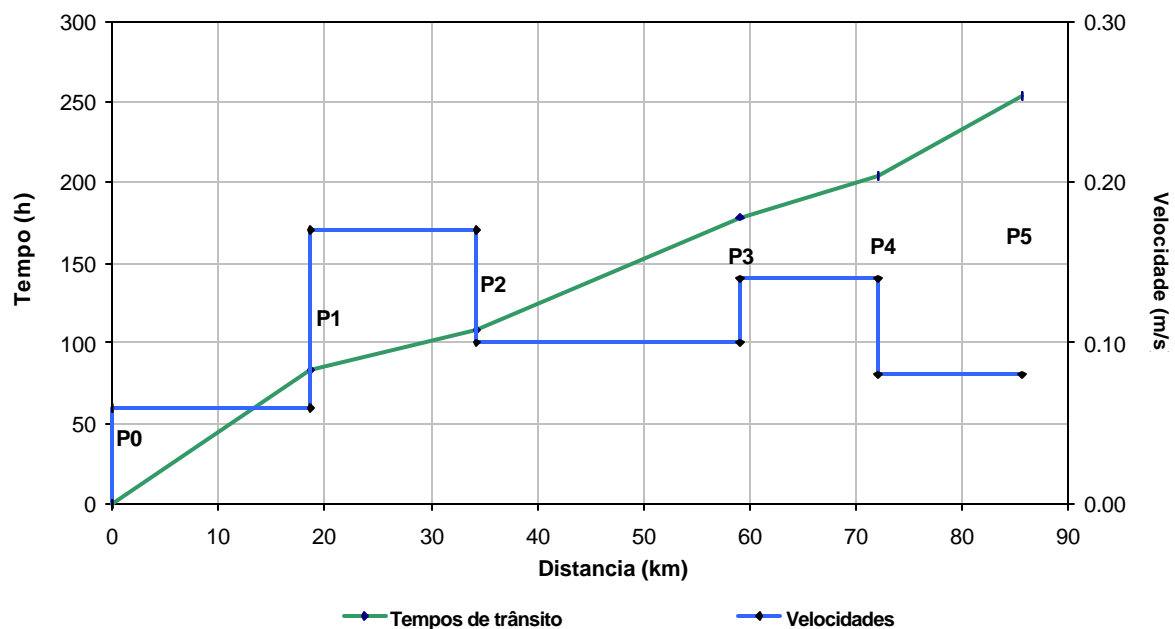


Figura 3.11 – Evolução dos tempos de trânsito e velocidades do Rio Jaguari entre os pontos P0 e P5

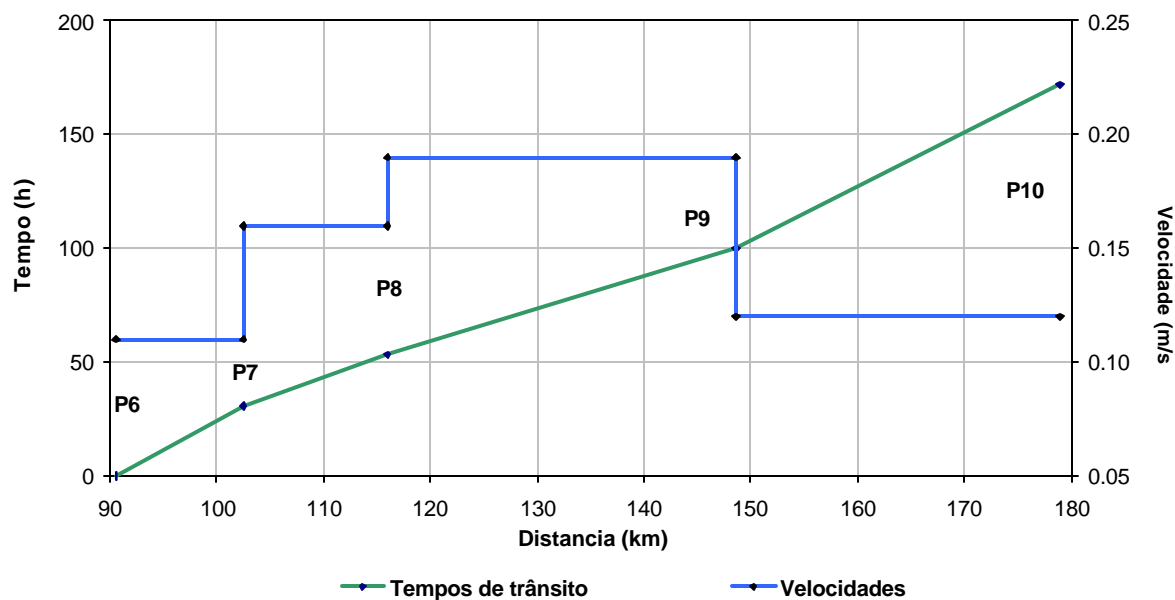


Figura 3.12 – Evolução dos tempos de trânsito e velocidades do Rio Jaguari entre os pontos P6 e P10

3.3.2.4 Vazões durante a campanha

Foram executadas durante a campanha 17 medições de vazão sendo 10 delas no curso principal do Rio Jaguari e as demais nos seus principais afluentes. As medições realizadas no curso principal foram executadas, sempre que possível, simultaneamente às passagens das plumas radiativas para subsidiar os cálculos de cargas propostos. Complementando essas informações, para os pontos 5 e 6, respectivamente a montante e jusante da usina Jaguari, as vazões foram determinadas a partir dos boletins de operação da usina, fornecidos pela CPFL. Já para o ponto 8, não foi necessária a medição da vazão devido à existência próximo ao local de um posto fluviométrico de alta confiabilidade, no caso o posto Jaguariuna (62615000 – ANEEL). Nesse caso foi registrada a cota da régua durante a passagem da nuvem radiativa que, submetida à curva cota-vazão do posto, resultou no estabelecimento da vazão desejada. Para o Rio Pirapitingui foi adotada a mesma prática, tendo como base, nesse caso, o posto fluviométrico de nome Jusante Usina Ester, operado pela Usina Açucareira Ester S/A. Apresentam-se na Tabela 3.21 e Figura 3.25 as vazões características das datas em que foram realizadas as amostragens e detecções das manchas radiativas. Quanto às medições de vazão efetuadas, encontram-se detalhadas em planilhas específicas no anexo desse relatório.

Tabela 3.1 – Vazões durante a campanha de tempos de trânsito

LOCAL	Estaca (km)	Drenagem (km²)	Data	Vazão (m³/s)
P1 Captação de Bragança Paulista	162.35	1381.0	22/09	2.77
P2 Ponte Bairro Mãe dos Homens	146.75	1654.3	23/09	5.24
P3 Ponte Rodovia Passa Três Morungaba	121.90	1797.1	03/10	4.89
			26/09	5.41
P4 Ponte Rodovia SP-360	109.00	1977.3	17/10	4.67
			04/10	4.62
P5 Início da represa da usina Jaguari	95.45	2031.2	18/10	4.66 (*)
P6 Jusante da barragem da usina Jaguari	90.50	2050.9	18/10	4.66 (*)
P7 Captação de Pedreira	78.53	2122.1	20/10	5.48
P8 Ponte da Estação Ferroviária Jaguari	65.1	2182.3	19/10	6.82 (**)
P9 Ponte da rodovia SP-332	32.45	3346.3	24/10	9.22
			08/11	10.27
P10 Foz	2.10	4317.3	11/11	12.74
Rib. Curitibaanos	162.12	45	22/09	0.23
Rib. Lavapés	161.62	81.8	22/09	0.78
Rib. Araras	146.93	105.9	23/09	0.685
Rib dos Pântanos	120.70	95.3	03/10	0.28
Rib. Barra Mansa	108.05	28.6	04/10	0.195
Rio Camanducaia	57.09	1032.8	22/10	2.84
Rio Pirapitingui	20.5	577	24/10	0.85 (***)
Rib. do Pinhal	5.58	296.1	10/11	0.38

(*) - *Dados obtidos da operação da Usina Jaguari (CPFL)*

(**) - *Dados do posto fluviométrico Jaguariuna*

(***) - *Dados do posto fluviométrico Jusante Usina Ester*

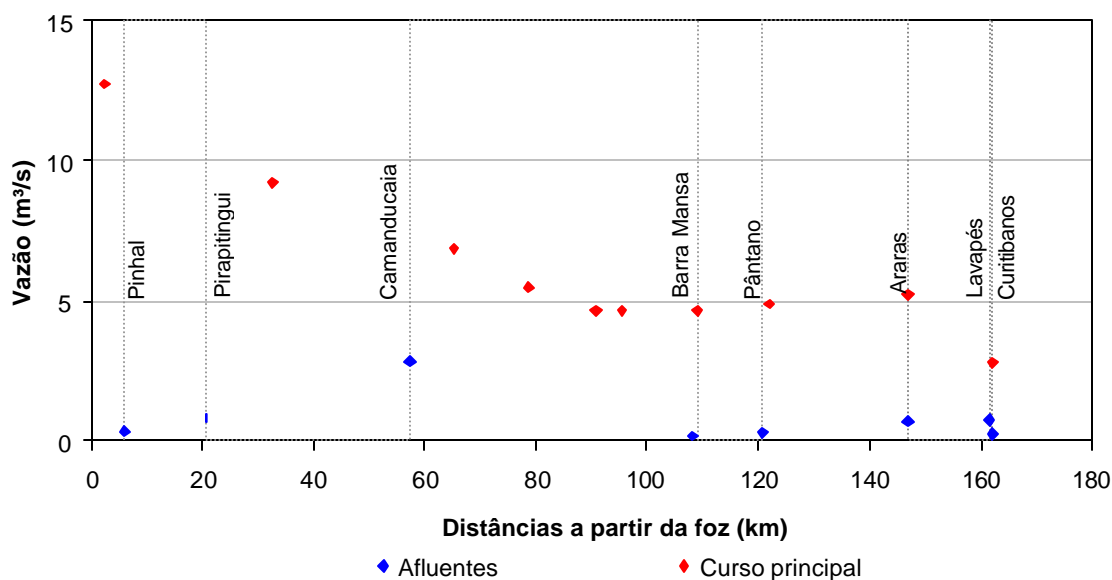


Figura 3.1 – Vazões durante a campanha

3.3.2.5 Levantamento Batimétrico

Na avaliação da capacidade de auto-depuração de um curso d'água é relevante o conhecimento de três parâmetros característicos de seu leito, trecho a trecho e para diferentes condições de descarga, quais sejam o volume d'água ocupado, a área da superfície livre e a profundidade efetiva. A partir desses, são derivados dois outros de vital importância, que são o tempo de trânsito e a velocidade média das águas.

Todos os parâmetros acima citados são determinados a partir do levantamento batimétrico das secções transversais do leito do curso d'água, que no presente trabalho, foi determinado na forma de sub-produto das medições de vazões realizadas. Apresentam-se nas Figuras de 3.26 a 3.45 os resultados dessas batimetrias, juntamente com a representação gráfica das respectivas secções batimétricas levantadas e o resultado das medições de vazão que as originaram

Data: 28/11/2000

Hora: 17:05

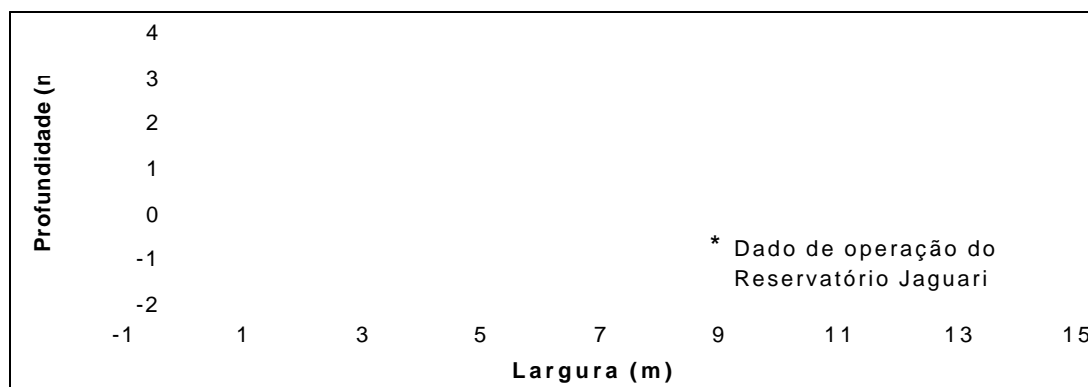


Figura 3.1 – Batimetria do Ponto P0 do Rio Jaguarí

Data: 22/09/2000

Hora: 10:45

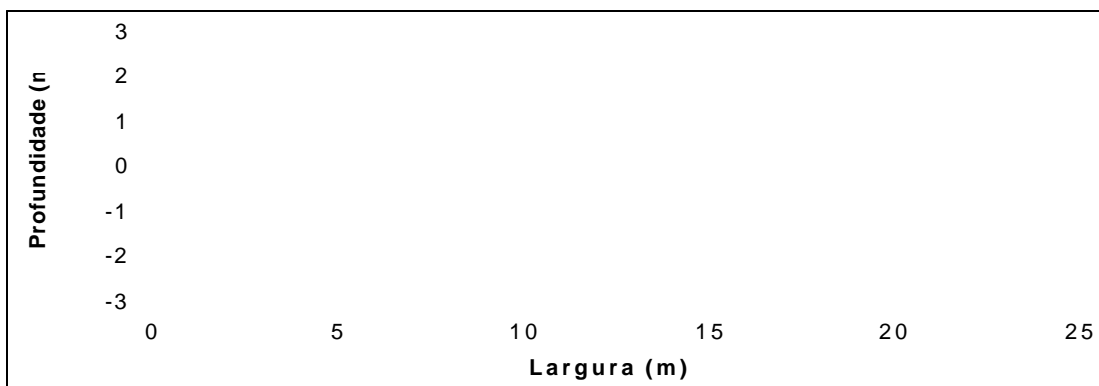


Figura 3.2 – Batimetria do Ponto P1 do Rio Jaguari

Data:23/09/2000

Hora: 11:25

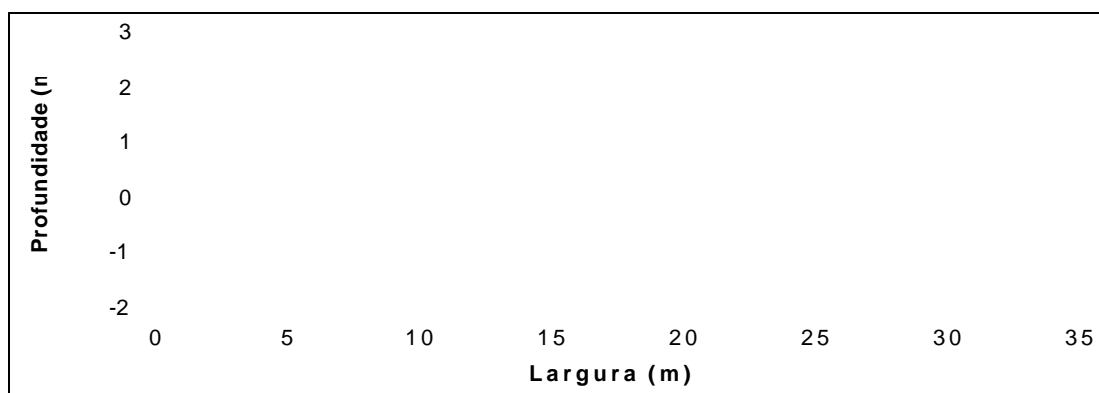


Figura 3.3 – Batimetria do Ponto P2 do Rio Jaguari

Data:26/09/2000

Hora: 9:50

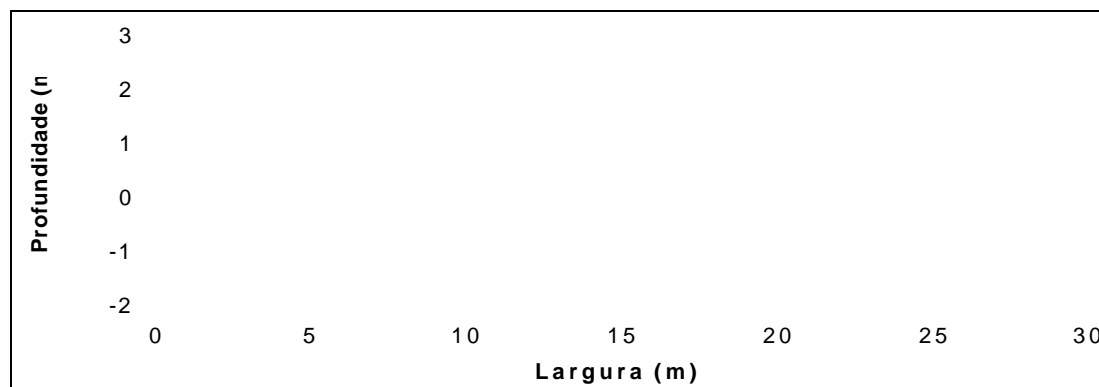


Figura 3.4 – Batimetria do Ponto P3 do Rio Jaguari

Data: 03/10/2000

Hora: 14:50

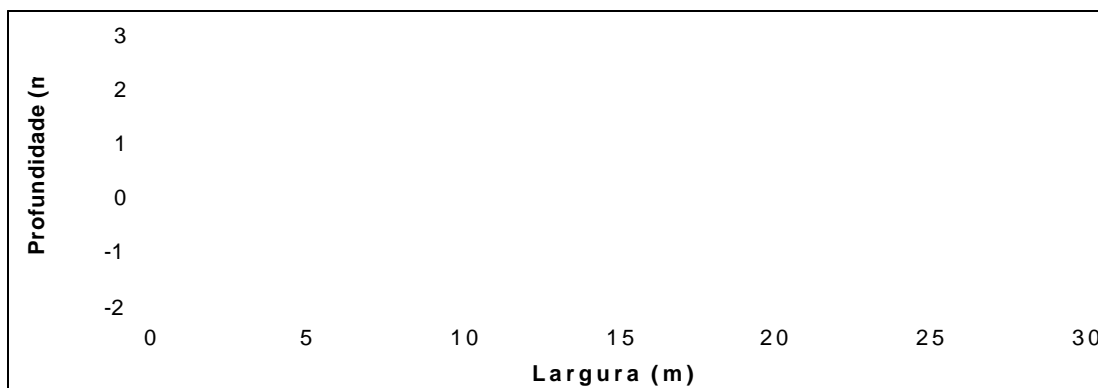


Figura 3.5 – Batimetria do Ponto P3 do Rio Jaguari

Data: 04/10/2000

Hora: 16:10

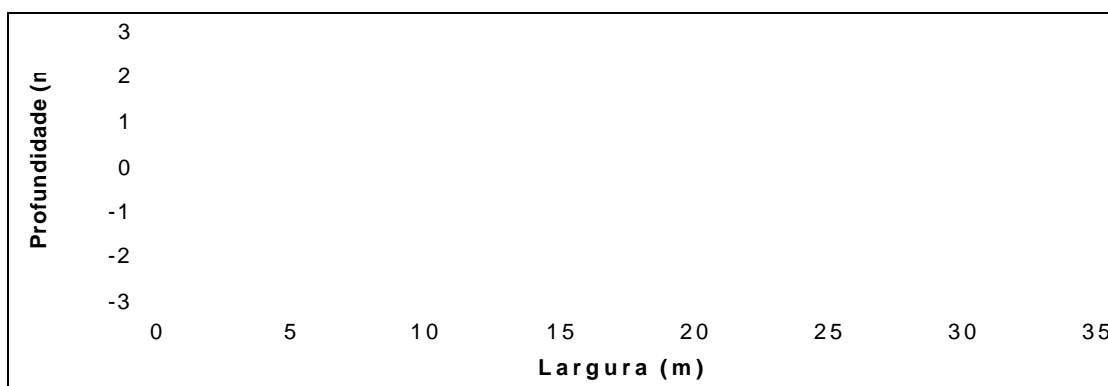


Figura 3.6 – Batimetria do Ponto P4 do Rio Jaguari

Data: 17/10/2000

Hora: 15:00

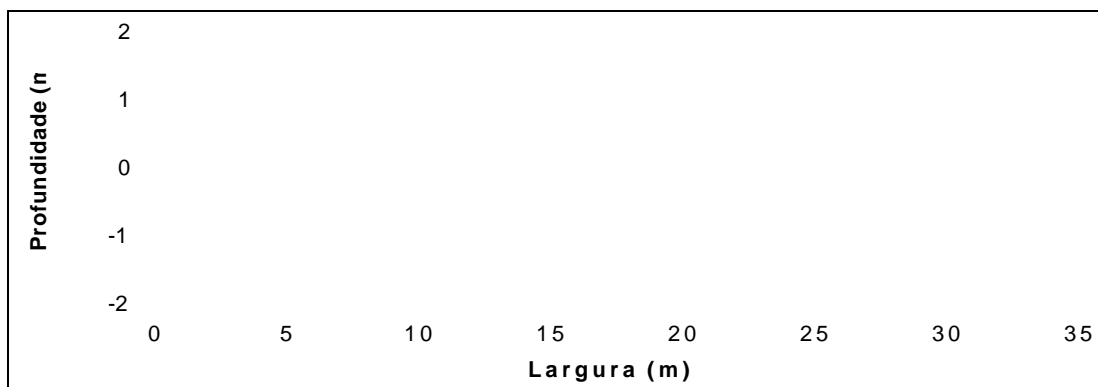


Figura 3.7 – Batimetria do Ponto P4 do Rio Jaguari

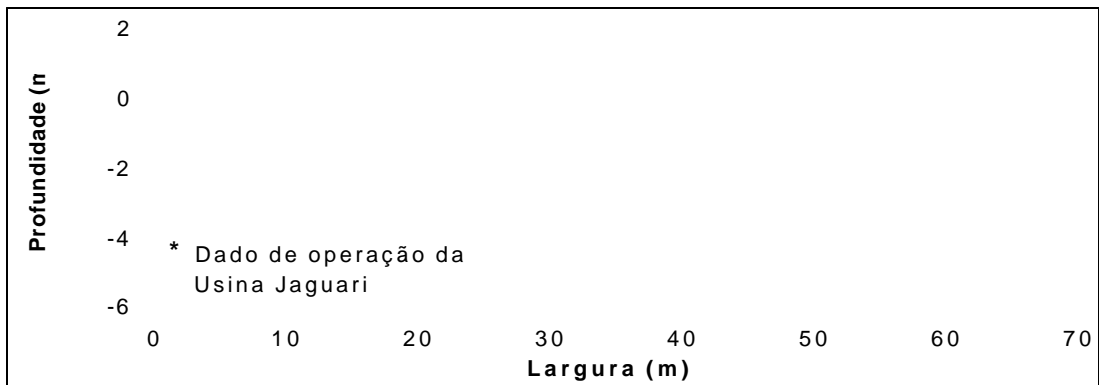


Figura 3.8 – Batimetria do Ponto P5 do Rio Jaguari

Data: 20/10/2000

Hora: 9:45

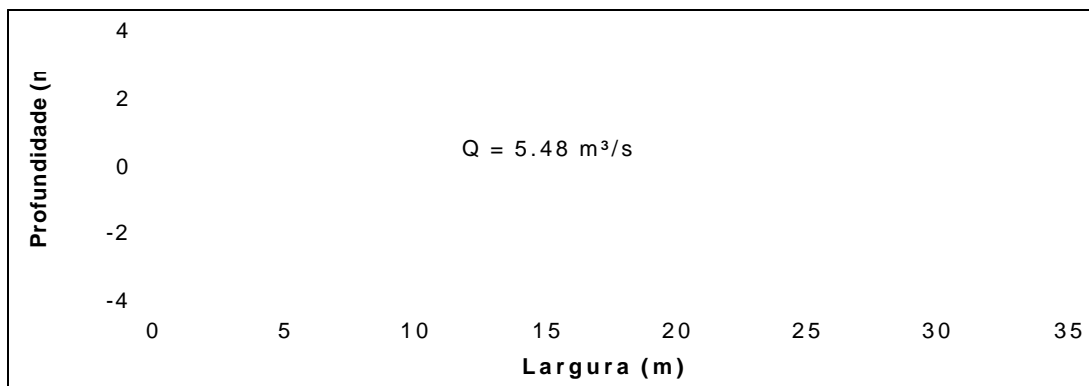


Figura 3.9 – Batimetria do Ponto P7 do Rio Jaguari

Data: 29/11/2000

Hora: 10:41

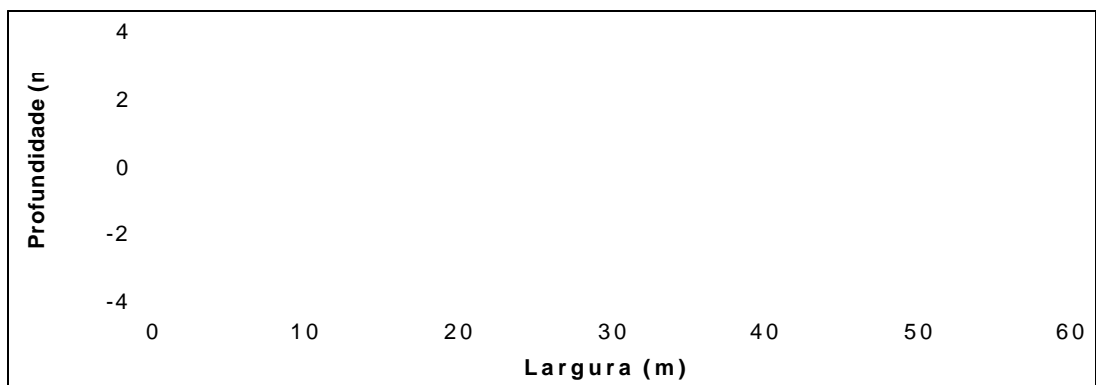


Figura 3.10 – Batimetria do Ponto P8 do Rio Jaguari

Data: 24/10/2000

Hora: 15:30

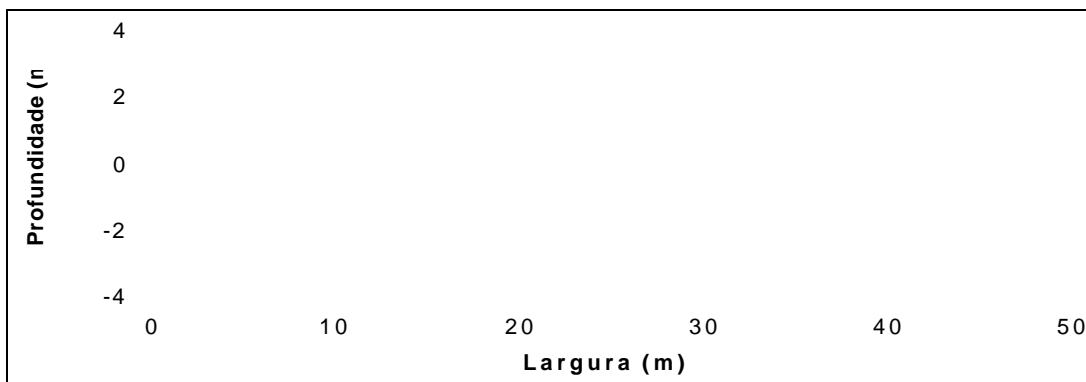


Figura 3.11 – Batimetria do Ponto P9 do Rio Jaguari

Data: 08/11/2000

Hora: 10:00

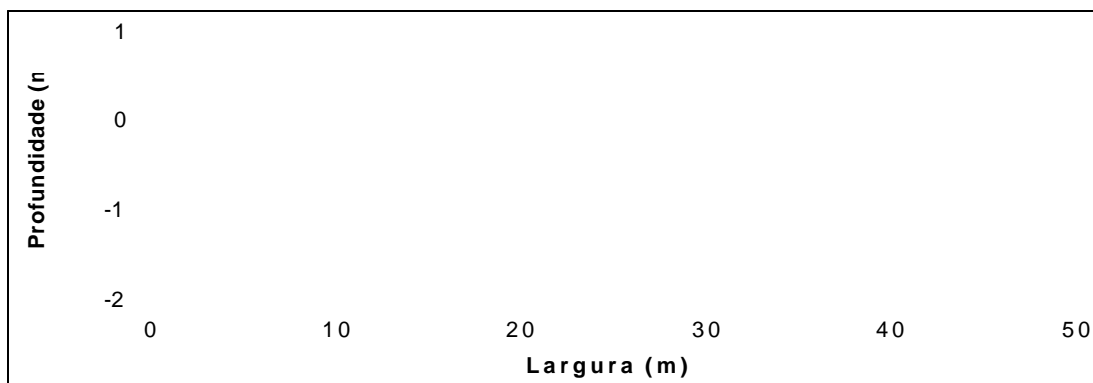


Figura 3.12 – Batimetria do Ponto P9 do Rio Jaguari

Data: 11/11/2000

Hora: 10:40

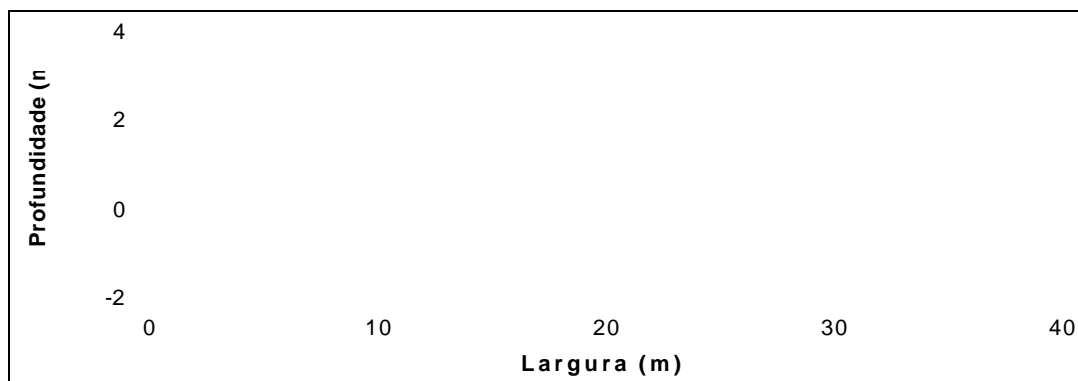


Figura 3.13 – Batimetria do Ponto P10 do Rio Jaguari

Data: 19/09/2000

Hora: 16:00

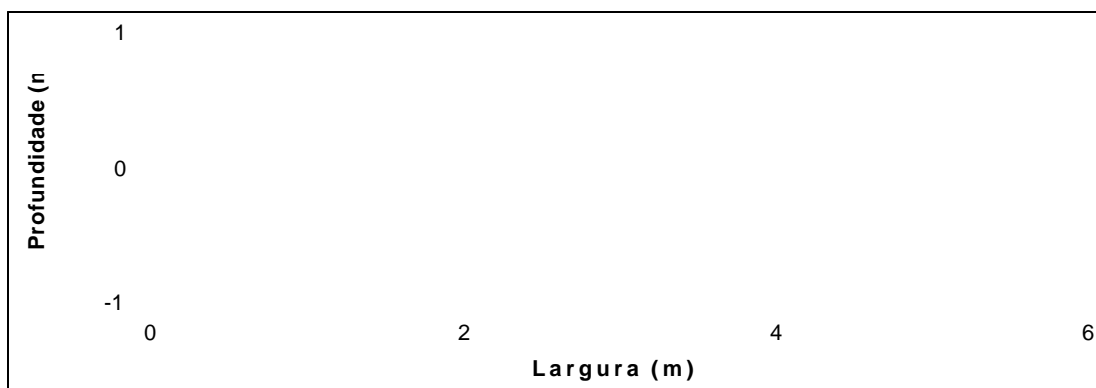


Figura 3.14 – Batimetria do Ribeirão Curitibaanos

Data: 22/09/2000

Hora: 19:35

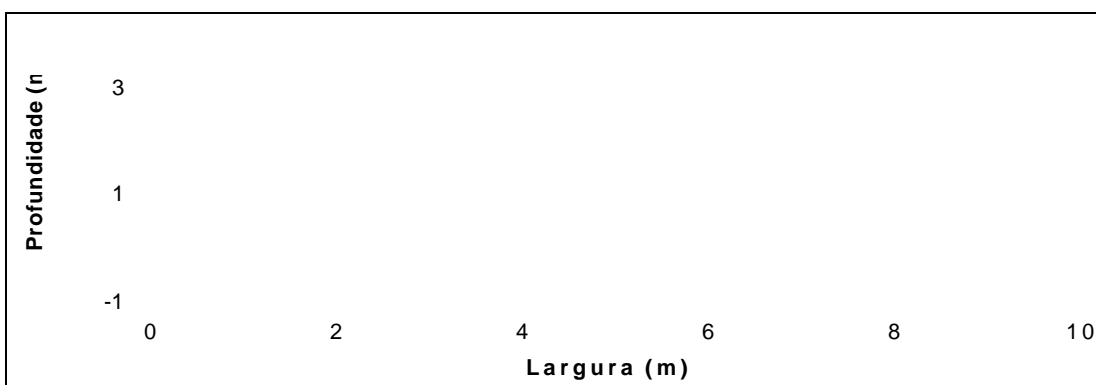


Figura 3.15 – Batimetria do Ribeirão Lavapés

Data: 23/09/2000

Hora: 12:20

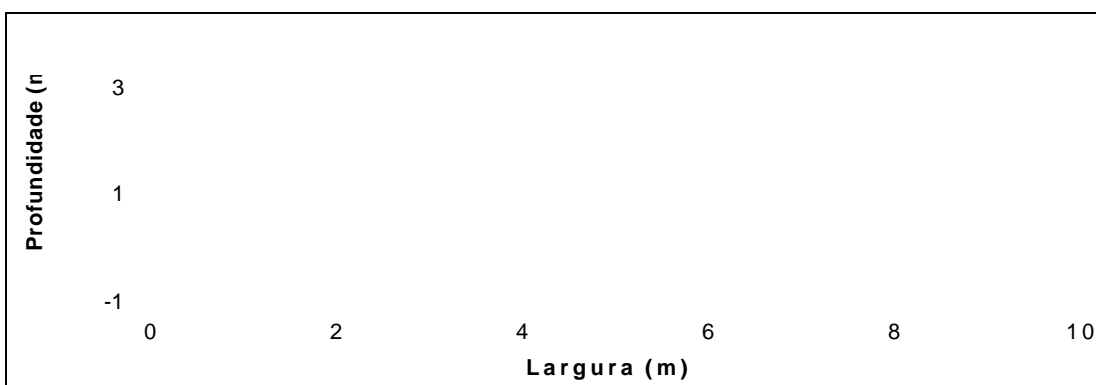


Figura 3.16 – Batimetria do Ribeirão Araras

Data: 03/10/2000

Hora: 18:00

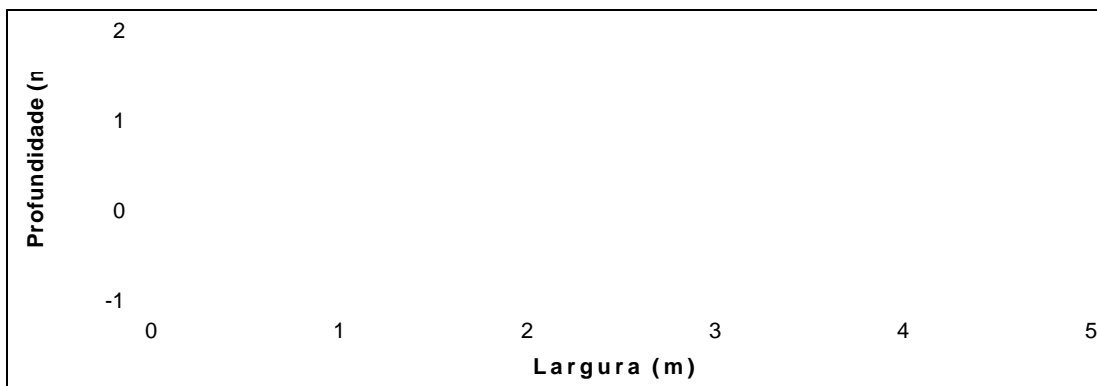


Figura 3.17 – Batimetria do Ribeirão dos Pântanos

Data: 04/10/2000

Hora: 17:45

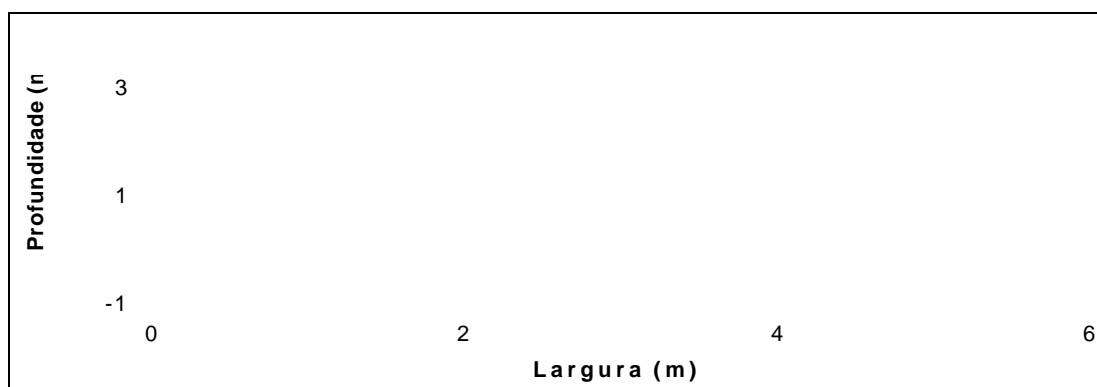


Figura 3.18 – Batimetria do Ribeirão Barra Mansa

Data: 22/10/2000

Hora: 10:00

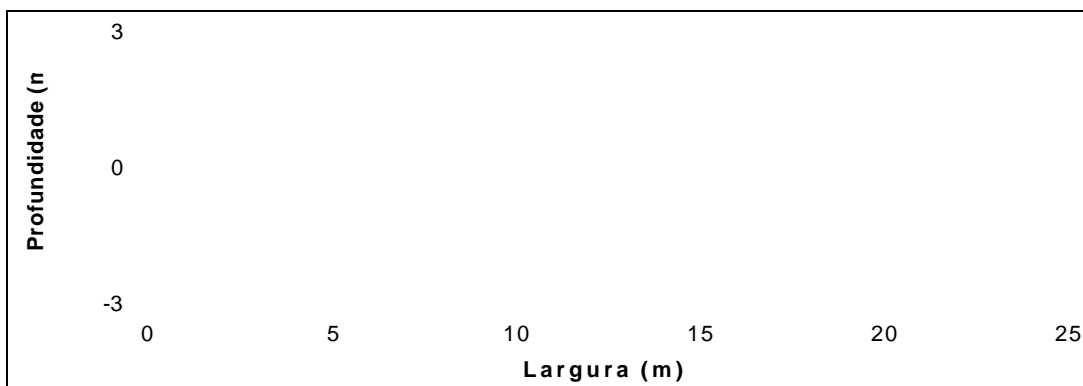


Figura 3.19 – Batimetria do Rio Camanducaia

Data: 10/11/2000

Hora: 15:45

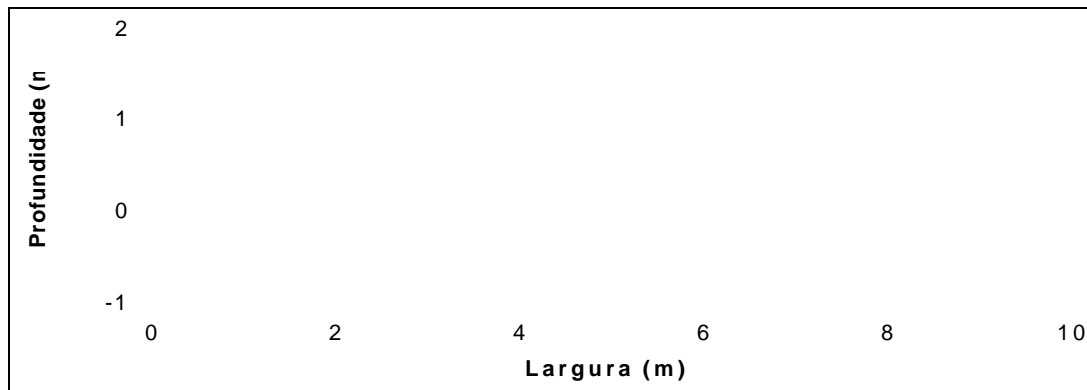


Figura 3.20 – Batimetria do Ribeirão do Pinhal

3.3.2.6 Hidrologia da campanha

Os histogramas apresentados nas Figuras 3.46 e 3.47 representam graficamente a evolução, respectivamente, das chuvas e vazões do Rio Jaguari durante as campanhas de tempos de trânsito e foram elaborados a partir dos dados de operação e controle da barragem da SABESP, localizada no município de Vargem e o da CPFL em Pedreira. As chuvas nesses dois locais podem ser consideradas representativas das incidentes na bacia. Com relação às vazões, as correspondentes à barragem da SABESP são as afluentes e efluentes, as primeiras representando as naturais da bacia a montante da barragem e as segundas as liberadas para jusante. As vazões da CPFL correspondem às efluentes pela barragem que, devido à reduzida capacidade de reservação do reservatório são, na prática, iguais às naturais afluentes. Como dado de apoio e comparação a essas vazões observadas, exibem-se em linhas pontilhadas as vazões mínimas $Q_{7,10}$ relativas aos locais dos dois barramentos.

Na etapa de 19 a 26/9, as condições de medições podem ser consideradas como próximas às ideais. As efluências da barragem da SABESP permaneceram constantes em 2 m³/s não tendo sido observadas ocorrências de chuvas significativas. As vazões naturais, no início da campanha, ainda um pouco elevadas devido a chuvas ocorridas nos dez dias anteriores foram gradativamente se reduzindo até chegar, já no fim do período, próximas às vazões mínimas $Q_{7,10}$.

Na etapa de 3 a 5/10, assim como na etapa anterior as efluências do reservatório SABESP permaneceram constantes, também em 2m³/s. As vazões, devido à ausência de chuvas nos dias anteriores estavam próximas às mínimas $Q_{7,10}$ nos locais. No fim do período, no entanto, foram torrenciais as chuvas ocorridas, causando uma súbita elevação nas vazões do rio e em consequência, o cancelamento da campanha.

Quanto à etapa de 17 a 24/10 a análise dos histogramas mostra que nenhuma das estações pluviométricas consideradas acusou a ocorrência de chuvas mais intensas, o que se confirma também pela operação dos reservatórios. No entanto, essa etapa foi paralisada, quando o ponto de detecção era o 9, já próximo à captação de Paulínia, devido a uma alteração substancial dos níveis do rio e da cor da água indicando que o regime estacionário desejado era influenciado pela incidência de chuvas. Embora não haja dados para uma análise mais apurada do fenômeno é de se supor que essa alteração tenha ocorrido em função de chuvas nas cabeceiras dos afluentes, mais provavelmente, pela intensidade, nas cabeceiras do Rio Camanducaia.

Uma situação inversa ocorreu na etapa final dos trabalhos, que abrangeu o período de 8 a 12/11. Já no final desse período, chuvas intensas detectadas tanto em Vargem quanto

em Pedreira determinaram uma alteração nas vazões afluentes a ambas as barragens. Uma vez, no entanto que o ponto de detecção era o 10, já próximo a Quebra Popa e à foz do Rio Jaguari, não houve tempo hábil para a onda de enchente influenciar as determinações.

A partir dessa etapa, intensificaram-se as chuvas incidentes na bacia impossibilitando a continuidade das determinações de tempos de trânsito. Observa-se no entanto, que a operação do reservatório SABESP não se alterou, mesmo com a elevação das vazões naturais afluentes, indicando o enchimento dos reservatórios do sistema Cantareira para a reposição dos volumes de água perdidos durante a estiagem do período 1999-2000.

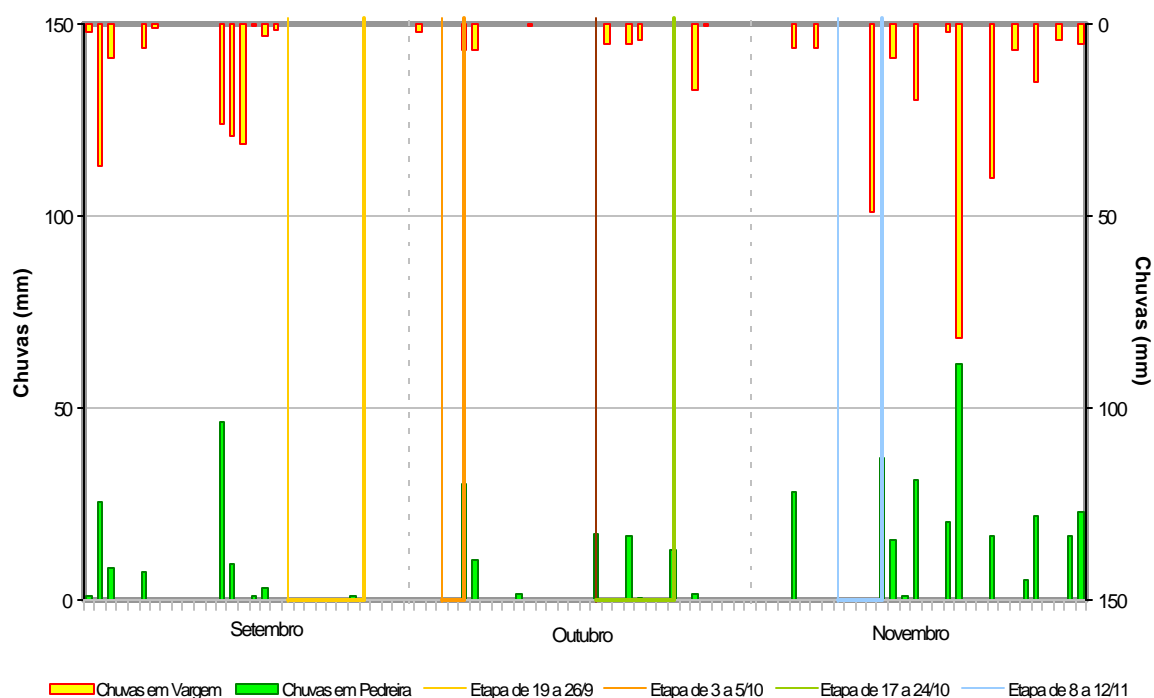


Figura 3.1 – Chuvas incidentes na bacia do rio Jaguari durante a campanha

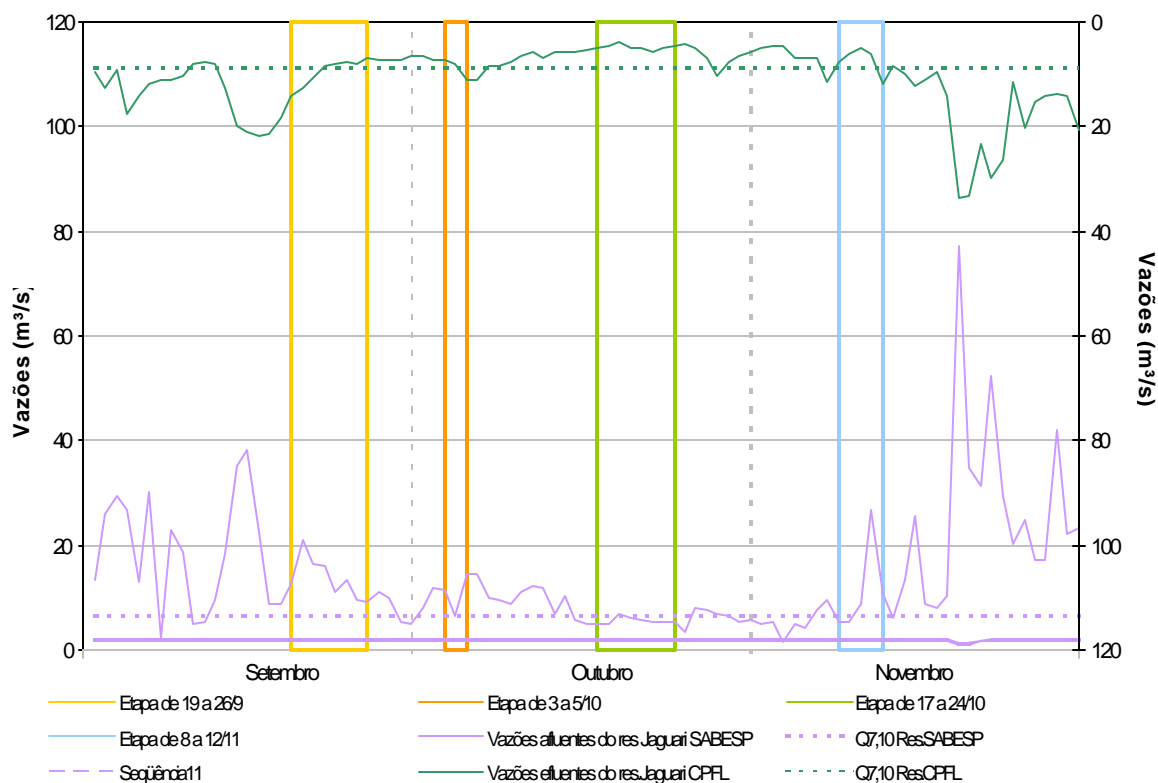


Figura 3.2 – Vazões praticadas pelos reservatórios da SABESP e CPFL durante a campanha

3.3.3 Qualidade dos Recursos Superficiais

3.3.3.1 Considerações iniciais

O monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo é efetuado pela CETESB, de forma sistemática, em 154 pontos, distribuídos entre os principais corpos d'água do Estado de São Paulo, configurando assim uma rede de monitoramento de qualidade. O objetivo da operação desta rede consiste no acompanhamento das condições de qualidade da água ao longo do tempo, de maneira a fornecer subsídios que possam auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos, servindo assim como instrumento para o processo de tomada de decisão.

Ressalta-se que a Regional de Campinas também realiza amostragens bimestrais em diversos rios e reservatórios da região para a elaboração de perfis sanitários, com enfoque direcionado para o monitoramento da qualidade das águas para o controle corretivo e preventivo, face ao lançamento de efluentes domésticos e industriais. Existe, neste programa, um direcionamento para os locais que são utilizados para o abastecimento público. Dessa forma, estes perfis complementam os dados da rede de monitoramento e têm por objetivo fornecer subsídios para o gerenciamento da qualidade das águas nas respectivas bacias hidrográficas. Outro objetivo da elaboração dos perfis sanitários consiste na localização de trechos onde a qualidade das águas encontra-se deteriorada, possibilitando desta forma à CETESB exigir a construção de ETEs (Estações de Tratamento de Esgotos) por parte do município poluidor.

A área de estudo do Projeto compreende a região do Complexo Industrial de Paulínia, que se situa próximo à confluência dos Rios Atibaia e Jaguari. A análise dos recursos

hídricos da bacia do Rio Atibaia já se encontra detalhada no documento intitulado Bacia do Rio Atibaia - Relatório Técnico Preliminar (1999).

Dessa forma, o presente relatório contempla uma análise preliminar da qualidade das águas do sistema Jaguari, desde suas nascentes até sua foz. A avaliação do recurso hídrico em questão deve incluir aspectos relacionados, não somente a um trecho de interesse em particular, como também a toda sua malha hídrica. Assim, é importante destacar que a bacia de drenagem do Rio Jaguari apresenta diferentes características de uso e ocupação do solo, tendo em seus trechos de montante uma forte predominância de áreas preservadas, com menor influência de ações antrópicas, enquanto que em seu trecho final ocorre uma expressiva influência decorrente dos lançamentos do Complexo Industrial de Paulínia (Gestão das Águas – 6 Anos de Percurso, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997).

Atualmente, na Rede de Monitoramento da CETESB, o Rio Jaguari possui um ponto de amostragem, localizado em seu trecho final, que representa de forma fidedigna as ações antrópicas dadas pelas atividades desenvolvidas no complexo industrial do município de Paulínia. Conforme já salientado, os trechos do Alto e Médio Jaguari, que se encontram inseridos em uma Área de Preservação Ambiental - ocupando cerca de 80% da área desta bacia - apresentam-se preservados, devido à inexpressiva situação de conflitos com relação ao uso da água e ocupação do solo, sendo que os principais problemas da qualidade da água estão associados, principalmente, aos lançamentos dos esgotos domésticos gerados. Assim, o Monitoramento Regional joga uma regra importante no diagnóstico das águas desta região, pois permite estimar o grau de comprometimento decorrente dos lançamentos dessas fontes no Jaguari. Este programa de monitoramento é composto por 7 pontos de amostragem distribuídos por toda sua bacia.

A seguir, estão relacionados a descrição dos pontos de amostragem, tanto do Monitoramento Regional quanto da Rede de Monitoramento, bem com a localização dos mesmos (Figura 3.48)

- **Monitoramento Regional**

- J1, na captação do município de Bragança Paulista
- J2, ponte na estrada que liga Bragança Paulista a Amparo
- J3, na captação do município de Pedreira
- J4, na captação do município de Jaguariuna
- J5, ponte na rodovia SP-340 (Anhanguera)
- J6, ponte na rodovia SP-332
- J7, na captação do município de Limeira

- **Rede de Monitoramento**

- JAGR02800 (J8), em Quebra Popa

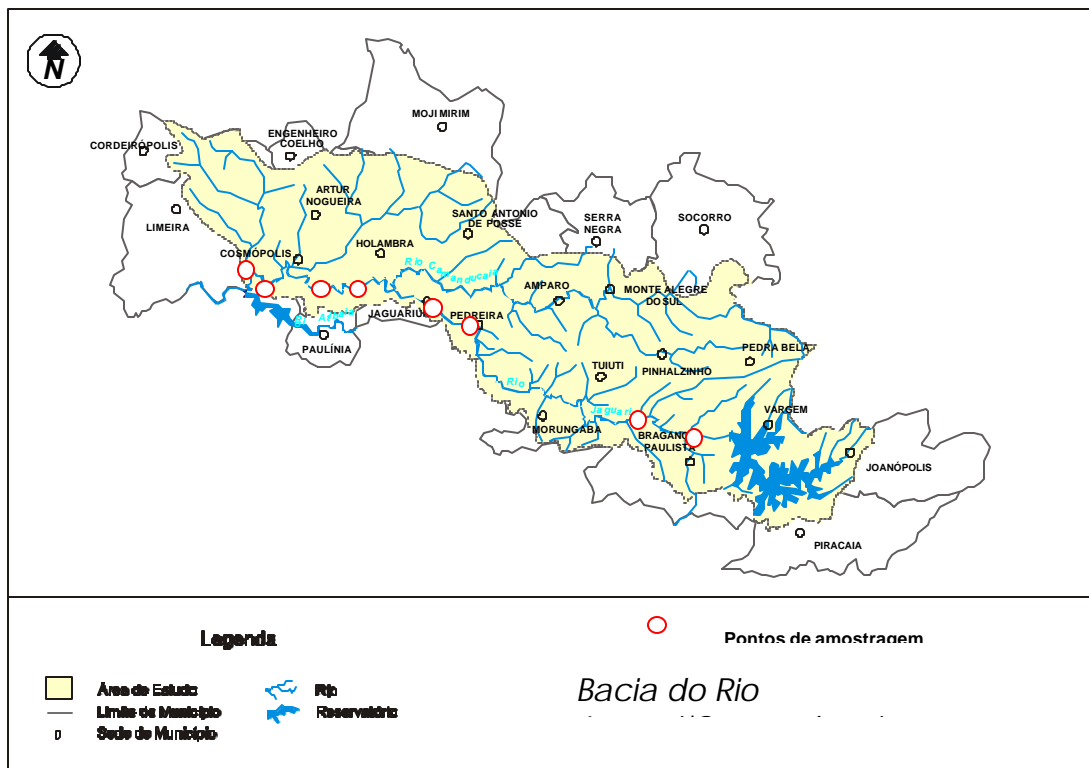


Figura 3.1 – Pontos de amostragem de qualidade de água no Rio Jaguari

A frequência de amostragem adotada, tanto para a Rede de Monitoramento quanto para o Monitoramento Regional, é bimestral, abrangendo os períodos de chuva e estiagem, perfazendo assim um ano hidrológico completo.

No caso da Rede de Monitoramento, são avaliados 36 parâmetros de qualidade de água, incluindo determinações físicas, químicas e biológicas, conforme relação a seguir:

a) Parâmetros Físicos e Químicos:

Temperatura da água	Turbidez
Temperatura do ar	Condutividade Específica
PH	Coloração da Água
Oxigênio Dissolvido (OD)	Surfactantes
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Fenóis
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Cloreto
Ferro Total	Alumínio
Nitrogênio Total	Manganês
Nitrogênio Nitrato	Bário
Nitrogênio Amoniacal	Nitrogênio Nitrito
Chumbo	Nitrogênio Kjeldahl Total
Cobre	Cádmio
Fósforo Total	Cromo Total
Ortofosfato Solúvel	Níquel
Resíduo Total	Mercúrio
Resíduo Não Filtrável	Zinco

b) Parâmetros Biológicos:

Coliformes Termotolerantes

Teste de Toxicidade

Os parâmetros de qualidade de água avaliados para os pontos de amostragem pertencentes ao Monitoramento Regional são em número de 6, e consistem basicamente dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos, conforme segue:

- Temperatura da Água
- pH
- Coliformes Termotolerantes
- Oxigênio Dissolvido (OD)
- Demanda Química de Oxigênio (DQO)
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

3.3.3.2 Metodologia de análise dos dados - Parâmetros Sanitários

Consistência dos dados

Como fase preliminar da análise dos dados deste projeto, na tentativa de representar de uma forma mais adequada o conjunto de medidas (valores) de cada um dos parâmetros selecionados, foram utilizados *gráficos de Box-Plot*, que possibilitaram a visualização da assimetria da distribuição, a faixa de variação dos dados e a detecção da presença de possíveis pontos extremos (outliers).

Nesse tipo de gráfico podem ser visualizadas as seguintes medidas: a *média*, a *mediana* (divide o conjunto de dados ao meio, deixando 50% dos dados abaixo e 50% acima dela), o *máximo*, o *mínimo*, o *1º quartil* (é o valor que deixa 25% das observações abaixo dele), o *3º quartil* (é o valor que deixa 75% das observações abaixo dele) e os valores extremos da distribuição dos dados.

Os pontos extremos podem indicar erros de amostragem, de medida e, mesmo, de transcrição dos dados, ou ainda, simplesmente, um comportamento fora do habitual, caracterizando-se nestes casos como "outliers". Por estes motivos, dispensou-se uma atenção especial à eles, já que afetam a média e a variabilidade dos dados, podendo até distorcer o resultado de inferências estatísticas. Como em nosso estudo foram encontradas justificativas para tais comportamentos, quando eles aconteceram, estes dados não foram descartados do banco, permanecendo nas análises posteriormente conduzidas.

Em anexo, encontram-se os gráficos de *Box-Plot* para alguns dos parâmetros de qualidade (OD, DBO_{5,20}, DQO, pH e coliformes fecais), compondo uma coleção de dados do período correspondente aos anos de 1996 a 1999 para os oito pontos da bacia do Jaguari.

Análise estatística

Todas as análises mencionados neste tópico foram realizadas utilizando-se o software *Statgraphics plus* (V 2.1).

Utilizou-se a análise de agrupamento (*Cluster*) objetivando a visualização da existência de possíveis compartimentos no Rio Jaguari, com relação à qualidade da água, avaliada com base nos parâmetros físicos e químicos selecionados.

Os objetos a serem agrupados foram os pontos de coleta, incluindo-se aqueles onde é realizado o Monitoramento Regional e as variáveis descritoras selecionadas foram OD, DBO_{5,20}, DQO, Coliforme Termotolerante e pH.

Foram utilizados os valores médios das variáveis físicas e químicas, com exceção do pH, para o qual se utilizou a moda (valor amostral mais freqüente), considerando-se todas as campanhas realizadas nos anos de 1996 a 1999.

Todas as variáveis foram também padronizadas, antes da aplicação da técnica de agrupamento, com o intuito de se evitar possíveis influências na análise, das diferenças entre escalas, unidades de medida e ordens de grandeza das variáveis. O cálculo utilizado foi: $(x - \text{mín}) / (\text{máx} - \text{mín})$, com x sendo o valor médio de cada variável em cada ponto; máx, o valor médio máximo e mín, o valor médio mínimo, encontrados analisando-se todos os pontos.

Para a aplicação da análise de agrupamento utilizou-se a distância Euclideana quadrática e o Método de agrupamento de Ward.

3.3.3.3 Metodologia de análise dos dados - Substâncias Tóxicas

A avaliação das substâncias tóxicas foi realizada no ponto da rede de monitoramento (JAGR 02800), que se situa no trecho final do Rio Jaguari – local de influência dos lançamentos do complexo industrial de Paulínia. As substâncias tóxicas contempladas nesse monitoramento foram: Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Zinco e Fenóis. Além dessas determinações, foram realizados também ensaios de toxicidade crônica a **Ceriodaphnia dubia**. Tais testes consistem na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa, sendo os efeitos desses contaminantes detectados através da resposta de organismos vivos. Portanto, este teste é complementar às determinações químicas, uma vez que seria inviável realizar-se a determinação de todos os xenobióticos presentes na água.

Com relação aos metais pesados e fenóis, suas concentrações foram comparadas aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86. Para o teste de toxicidade, foram adotados os critérios Agudo, Crônico e Não Tóxico.

3.3.3.4 Resultados e Discussão

Com o intuito de se obter um quadro detalhado da qualidade das águas na bacia do Rio Jaguari, especialmente dos trechos mais críticos relacionados ao aporte de poluentes, é realizada a seguir uma análise dos indicadores selecionados.

3.3.3.4.1 Parâmetros Sanitários

Nesta avaliação, foram considerados os seguintes indicadores de qualidade:

- **Oxigênio dissolvido**, substância essencial para a manutenção da vida aquática e do processo de autodepuração;
- **DBO_{5,20} e DQO**, parâmetros que indicam os níveis de matéria orgânica biodegradável, além de outras substâncias quimicamente oxidáveis (não recalcitrantes);
- **Coliformes Termotolerantes**, indicam a contaminação de natureza fecal, que se relaciona com as contribuições de origem doméstica e/ou pecuária;
- **pH**, indicador do caráter ácido, neutro ou básico do corpo de água, que define portanto a faixa ótima de preservação da vida aquática. Valores extremos de pH podem estar associados a lançamentos industriais e/ou a processos de crescimento algal.

Matéria Orgânica (DBO_{5,20} e DQO) e Oxigênio Dissolvido

Nas Figuras 3.49, 3.50 e 3.51 são apresentados, respectivamente, os resultados dos indicadores oxigênio dissolvido, DBO_{5,20} e DQO, relativos às amostragens realizadas no período de 1996 a 1999, para os pontos amostrais distribuídos na bacia do Rio Jaguari, bem como os principais tributários e lançamentos de efluentes domésticos.

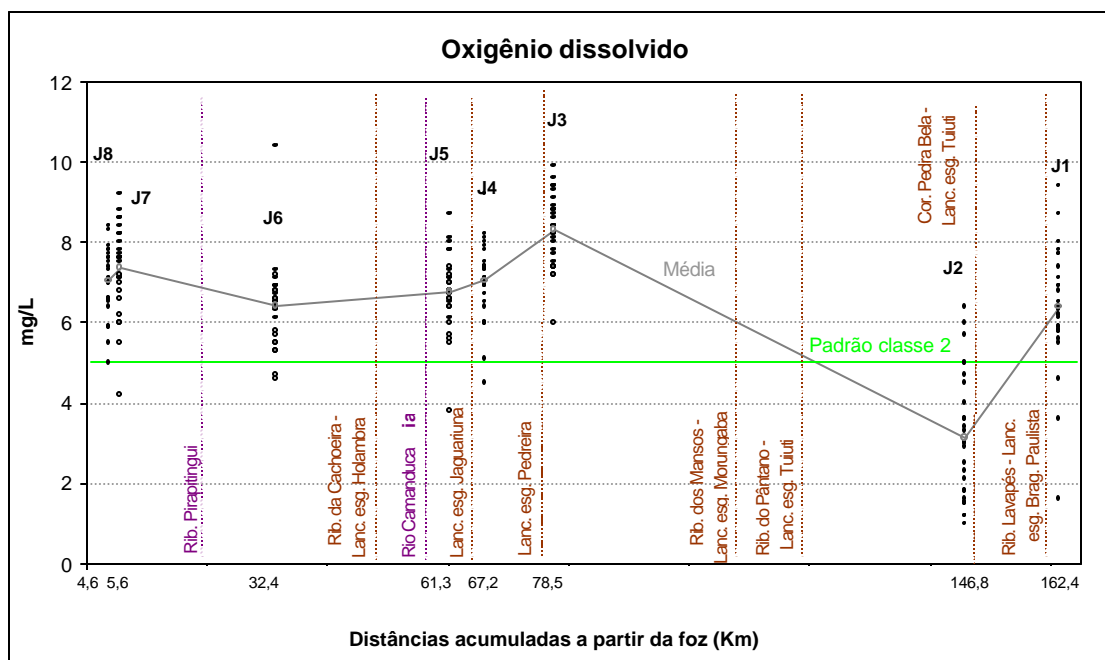


Figura 3.1 – Resultados das amostragens de Oxigênio Dissolvido e suas respectivas médias para o período de 1996 a 1999

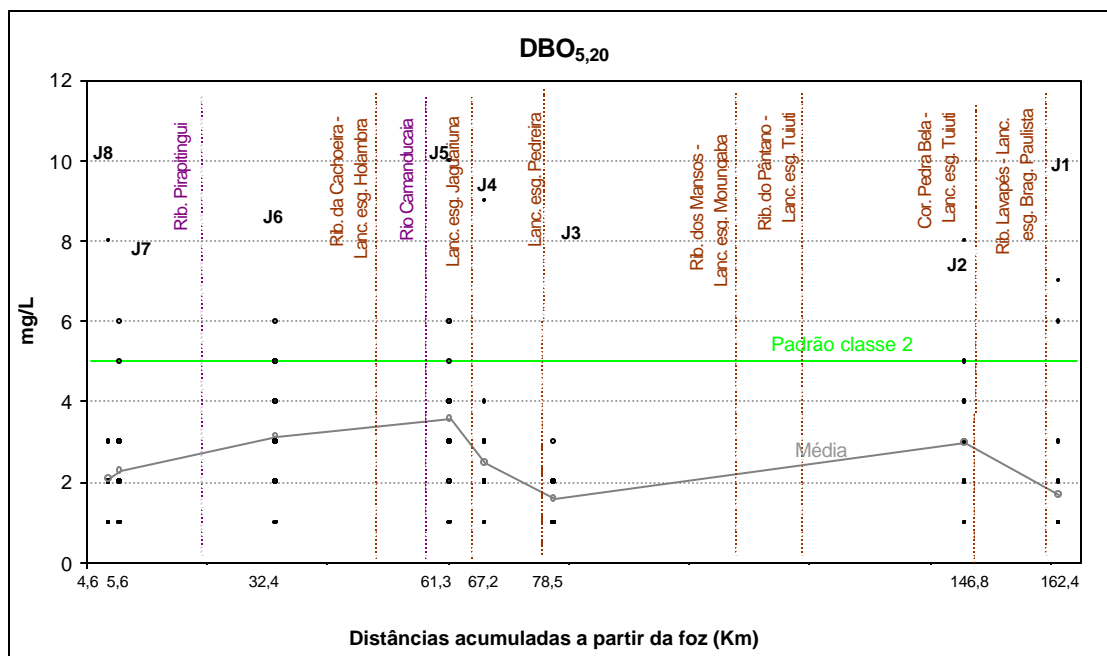


Figura 3.2- Resultados das amostragens de DBO_{5,20} e suas respectivas médias para o período de 1996 a 1999

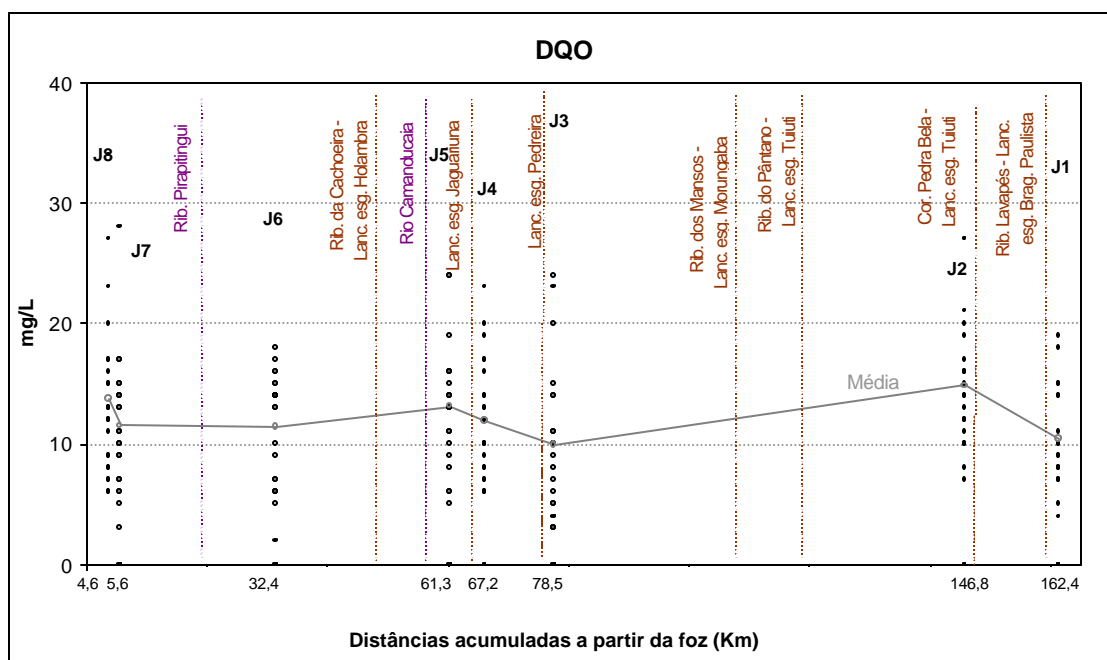


Figura 3.3 – Resultados das amostragens de DQO e suas respectivas médias para o período de 1996 a 1999

Oxigênio Dissolvido

Os valores médios verificados para oxigênio dissolvido, ao longo do Rio Jaguari, atenderam ao padrão de qualidade, na maior parte de sua extensão, demonstrando assim que este sistema apresenta condições adequadas para a preservação da vida aquática. No entanto, em seu trecho inicial, é possível observar um certo

comprometimento dos níveis do oxigênio dissolvido, sugerindo assim que seu consumo deva estar associado aos lançamentos dos efluentes domésticos do município de Bragança Paulista e também, em menor extensão, aos efeitos das descargas do material particulado suspenso presente no reservatório existente em sua cabeceira. É importante salientar que, pelo fato de tais lançamentos ocorrerem em trecho de cabeceira - onde notadamente as vazões são menores – os efeitos decorrentes da poluição são mais pronunciados.

No trecho do Médio Jaguari, especialmente entre os pontos J3 (município de Pedreira) e J6 (ponte na rodovia 232), nota-se uma leve atenuação dos níveis de oxigênio dissolvido, o que também deve estar relacionado aos efeitos dos lançamentos domésticos, em especial, dos municípios de Pedreira, Jaguariuna e Holambra.

Ainda com relação aos níveis de oxigênio dissolvido, também se observa que, na captação do município de Pedreira (Ponto J3), ocorrem valores típicos de supersaturação, possivelmente associados ao fenômeno de reaeração dessas águas.

DBO_{5,20} e DQO

Os valores médios encontrados para DBO_{5,20}, ao longo de toda a extensão do Rio Jaguari, atenderam ao padrão de qualidade. As concentrações médias de DQO estiveram sempre abaixo da razão 5:1, indicando assim que os valores de matéria orgânica presentes nessas águas devem estar relacionados principalmente a fontes de esgotos domésticos, e não àquelas de origem industrial. Vale destacar que os maiores valores médios verificados para DBO_{5,20} e DQO foram encontrados nos pontos J2 e J5, que sofrem influência dos lançamentos dos municípios de Bragança Paulista, Pedreira e Jaguariuna, respectivamente.

Quando são comparados os perfis de concentração de oxigênio dissolvido e de DBO_{5,20}, ao longo de toda a extensão do Rio Jaguari, é possível verificar a ocorrência de um processo típico de autodepuração, onde os trechos com maior consumo de oxigênio dissolvido coincidem com os maiores níveis de concentração de matéria orgânica biodegradável. Este cenário descreve um comportamento significativamente favorável para o Rio Jaguari, mostrando que, nas condições atuais, suas águas suportam as cargas de origem orgânica lançadas em sua bacia de drenagem, principalmente, no trecho de interesse do projeto – região de Paulínia.

Coliformes Termotolerantes

Na Figura 3.52 são apresentados os resultados de Coliformes Termotolerantes, relativos às amostragens realizadas no período de 1996 a 1999, para os pontos amostrais distribuídos na bacia do Rio Jaguari, bem como os principais tributários e lançamentos de efluentes domésticos.

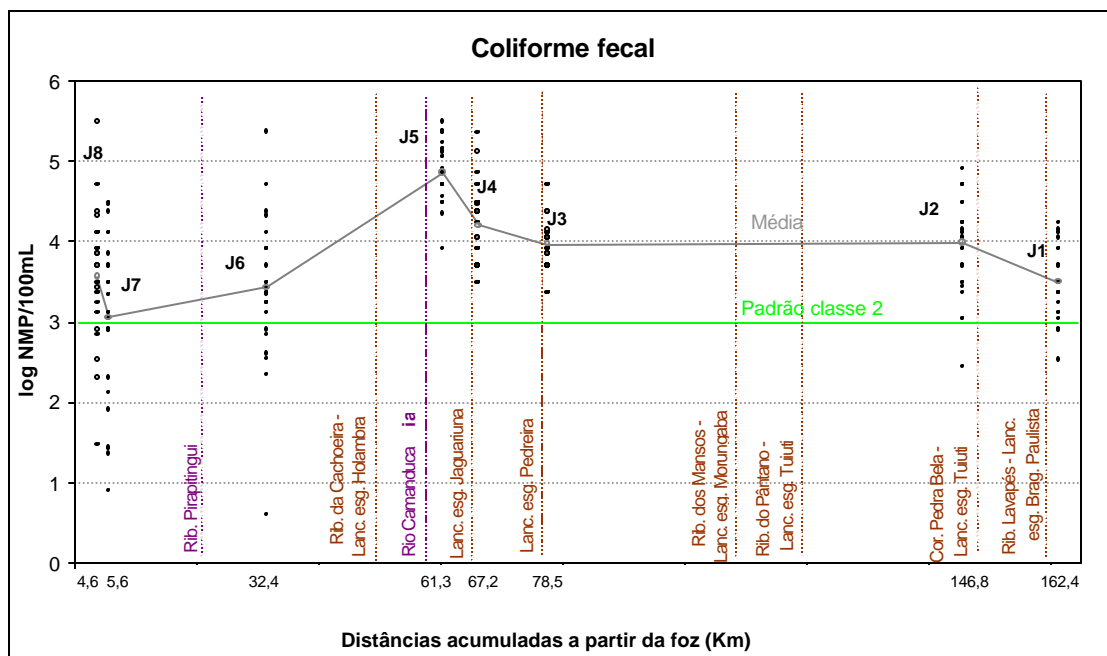


Figura 3.4- Resultados das amostragens de Coliformes Termotolerantes e suas respectivas médias para o período de 1996 a 1999

De forma oposta aos resultados avaliados para oxigênio dissolvido e matéria orgânica, o Rio Jaguari apresentou uma má qualidade sob o ponto de vista bacteriológico, acusando valores médios de Coliformes Termotolerantes sempre superiores a 1.000 NMP/100mL. Conforme já salientado, tal contaminação é advinda dos lançamentos de esgotos domésticos e/ou das atividades de pecuária, que sabidamente contribuem para tal processo. É importante ressaltar que os valores mais críticos de Coliformes Termotolerantes foram encontrados nos pontos J2 e J5, que coincidem com as contribuições dos municípios de Bragança Paulista e de Pedreira e Jaguariuna, respectivamente, e que se destacaram também em relação à matéria orgânica e oxigênio dissolvido.

pH

Na Figura 3.53 são apresentados os resultados de Coliformes Termotolerantes, relativos às amostragens realizadas no período de 1996 a 1999, para os pontos amostrais distribuídos na bacia do Rio Jaguari, bem como os principais tributários e lançamentos de efluentes domésticos.

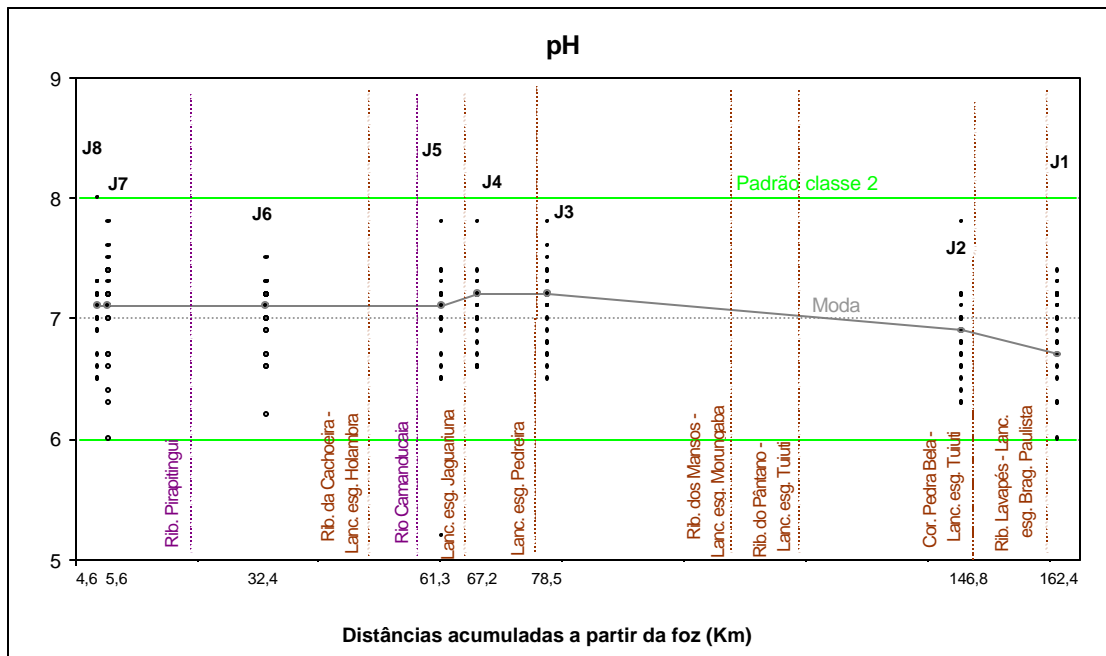
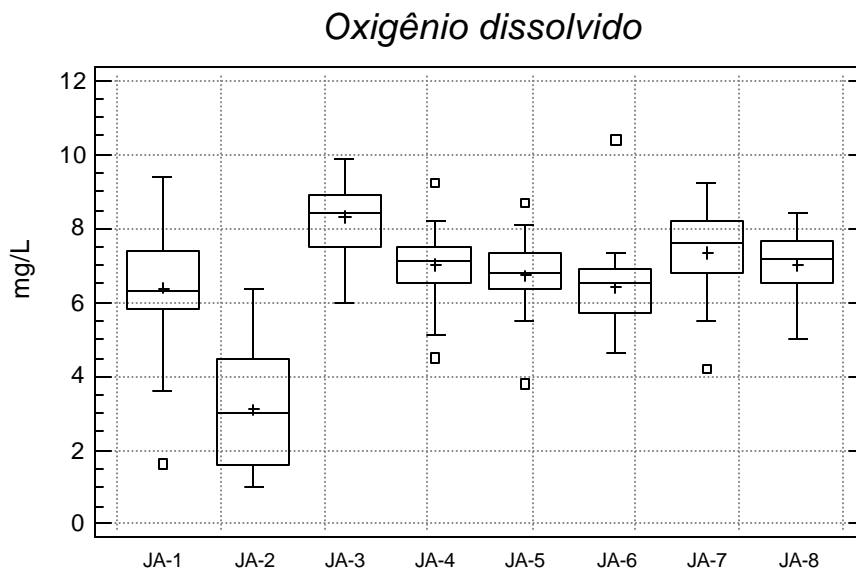


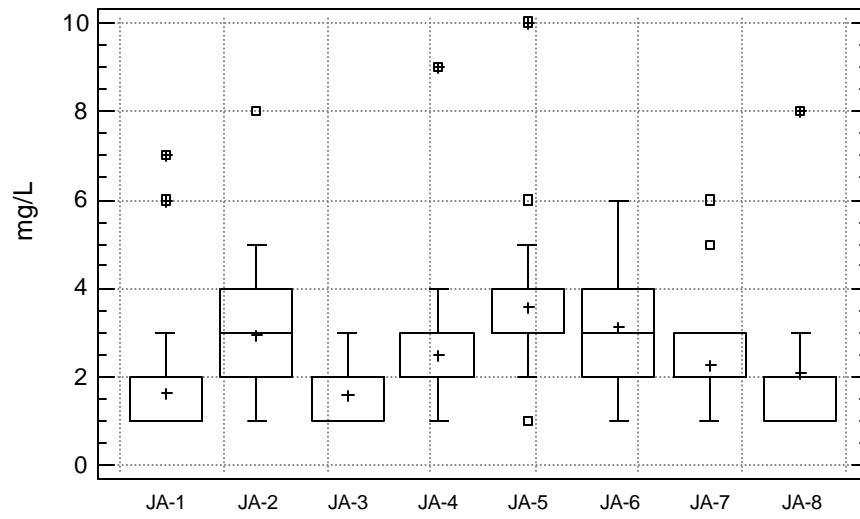
Figura 3.5 – Resultados das amostragens de pH e suas respectivas médias para o período de 1996 a 1999

As faixas de variação de pH para todos os pontos mantiveram-se dentro dos padrões de qualidade vigentes, indicando valores modais próximos à neutralidade, o que caracteriza este ambiente com tendo condições favoráveis à preservação da vida aquática. Com base nesses resultados, é possível inferir que o Rio Jaguari não sofre um impacto das fontes industriais capazes de alterar essa propriedade.

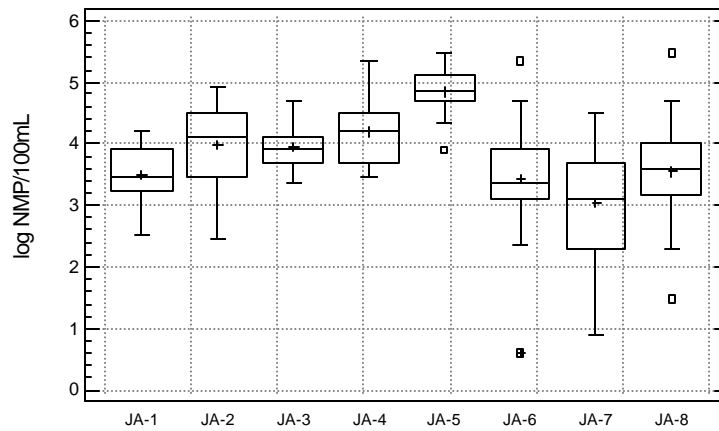
A fim de se ter uma melhor visualização da distribuição dos resultados dos parâmetros sanitários de qualidade de água avaliados, é apresentado, a seguir, os gráficos de *Box-Plot* para os pontos de monitoramento do Rio Jaguari.

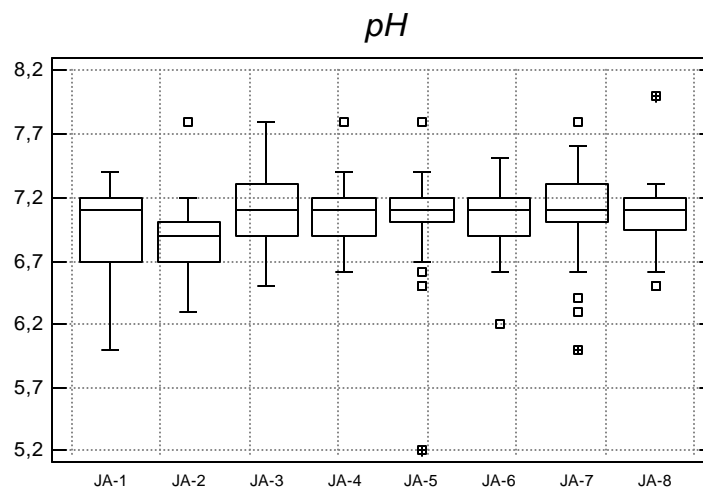
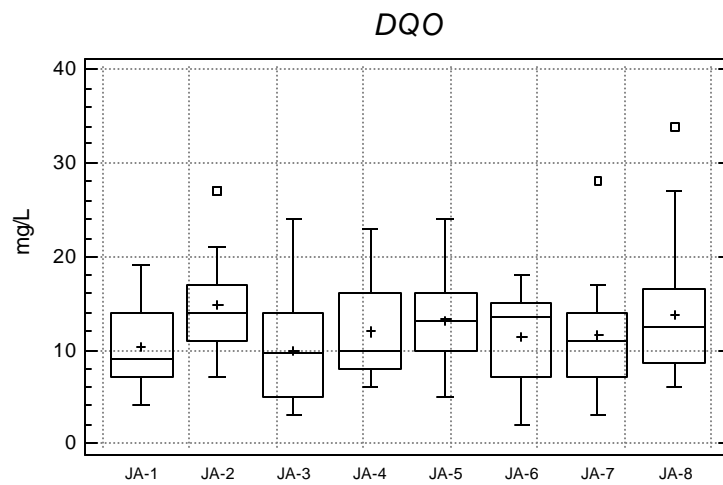


DBO (5,20)



Coliforme fecal





3.3.3.4.2 Substâncias Tóxicas (Metais Pesados e Fenóis) e Teste de Toxicidade

No quadro a seguir, são apresentados os resultados referentes a metais pesados e fenóis para o ponto JAGR 02800 (trecho final do Rio Jaguari) que se mantiveram em desacordo com os padrões de qualidade no período compreendido entre 1996 e 1999.

Ano	Meses	Ba	Cd	Pb	Cu	Cr	Ni	Hg	Zn	Fenóis
1996	JAN	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	MAR	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	MAI	AP	0,01		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	JUL	AP	AP		0,026	AP	AP	AP	AP	0,002
	SET	AP	AP		0,14	AP	AP	AP	AP	0,003
	NOV	AP	0,002		AP		AP	AP	AP	0,003
1997	JAN	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	MAR	AP	AP	0,05	AP	AP	AP	AP	AP	0,004
	MAI	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	JUL	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	SET	AP	AP		AP	0,07	AP	AP	AP	0,002
	NOV	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
1998	JAN	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	MAR	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	0,003
	MAI	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	0,002
	JUL	AP	AP		AP	AP	AP	0,0003	AP	AP
	SET	AP	AP		AP	AP	AP	AP	AP	AP
	NOV	AP	AP		AP	AP	0,07	AP	AP	AP
1999	JAN	AP	AP	AP	AP	AP	0,03	AP	AP	AP
	MAR	AP	AP	AP	AP	AP	AP		AP	AP
	MAI	AP	AP	AP	AP	AP	AP		AP	AP
	JUL	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	0,002
	SET	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP	AP
	NOV	AP	0,002	AP	AP	AP	AP		AP	0,017
Fração Inconformes		0/24	3/24	1/7	2/24	1/23	2/24	1/21	0/24	9/24
Média Inconformes		---	0,005	0,05	0,083	0,07	0,05	0,0003	---	0,004
Padrão de Qualidade		1,00	0,001	0,03	0,02	0,05	0,025	0,0002	0,18	0,001

AP: valores que atendem o padrão de qualidade

Vermelho: valores em desacordo com os padrões de qualidade

A análise das não conformidades para metais pesados verificadas neste período indicou um número reduzido de ocorrências, o que demonstra que as fontes industriais existentes nesta bacia não parecem influenciar nas características originais de suas águas. Embora tenham ocorrido inconformidades para fenóis, não é possível afirmar-se que esses resultados tenham origem antrópica, pois além de existirem nesta bacia fontes naturais dessa classe de compostos (como é o caso de matéria orgânica em decomposição), o método analítico utilizado apresenta uma incerteza significativa para esta faixa de concentração.

Os resultados do teste de toxicidade (Figura 3.54) confirmaram a ausência de substâncias tóxicas nas águas do Rio Jaguari, uma vez que em 96% do período avaliado o efeito observado foi classificado como Não Tóxico. Pelo fato deste ponto de monitoramento estar inserido na área de abrangência do Projeto, tais resultados

demonstram que as águas do Rio Jaguari não se encontram com sua capacidade assimilativa comprometida para as substâncias tóxicas.

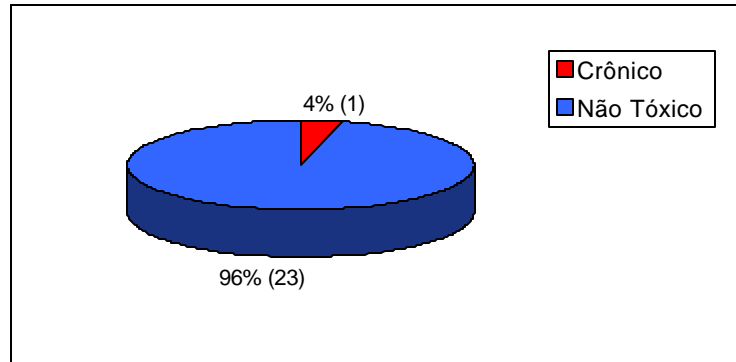


Figura 3.1- Porcentagens dos resultados dos testes de toxicidade para o período de 1996 a 1999

3.3.3.5 Análise de Agrupamento

De maneira a visualizar o comportamento espacial da qualidade das águas do Rio Jaguari, foi realizado um agrupamento dos pontos monitorados tanto da Rede de Monitoramento quanto do Monitoramento Regional, utilizando-se para isto a técnica estatística de análise de agrupamento. O período avaliado compreendeu os anos de 1996 a 1999. Os parâmetros de qualidade selecionados para aplicação desta análise foram: oxigênio dissolvido, $DBO_{5,20}$, DQO, Coliformes Termotolerantes e pH.

A aplicação da análise de agrupamento permitiu visualizar a formação de três compartimentos ao longo do Rio Jaguari (Figura 3.55), cada um deles com características significativamente semelhantes em relação às variáveis analisadas.

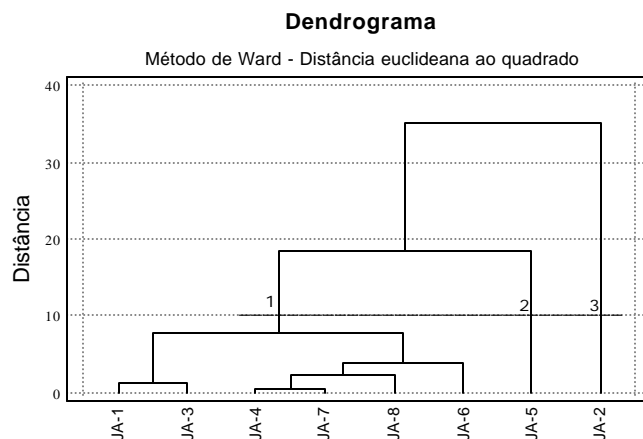


Figura 3.1 - Dendrograma dos grupos formados

O grupo 1 abrange quase que toda a extensão do Rio Jaguari, com exceção dos pontos J2 e J5. O ponto J5 (ponte da Anhanguera) forma o grupo 2, enquanto que o ponto J2, situado no trecho inicial do Rio Jaguari, a jusante de Bragança Paulista, representa o grupo 3.

Pode-se constatar que as variáveis oxigênio dissolvido e Coliformes Termotolerantes foram responsáveis pela formação dos grupos 2 e 3, respectivamente, sendo que as demais não sinalizaram diferença entre os grupos. O grupo 2 (ponto J5) foi o que apresentou as piores condições bacteriológicas. Já, o isolamento do ponto J2 no grupo 3 deveu-se, principalmente, aos baixos valores do oxigênio dissolvido.

Tais resultados permitem constatar que o Rio Jaguari encontra-se em boas condições sanitárias, salvo para os Coliformes Termotolerantes, uma vez que na maioria dos pontos de amostragem houve atendimento aos padrões de qualidade. Ressalta-se também que esse corpo d'água mostrou uma recuperação muito boa dos trechos degradados, que se limitaram a apenas dois pontos de amostragem (J2 e J5), não se estendendo aos demais locais.

3.3.3.6 Considerações Finais

Em função do levantamento e do tratamento dos dados de qualidade das águas do Rio Jaguari, tecer as seguintes considerações preliminares:

O cenário presente descreve um comportamento significativamente favorável para o Rio Jaguari, mostrando que, nas condições atuais, suas águas suportam as cargas de origem orgânica e inorgânica (metais pesados) lançadas em sua bacia de drenagem, principalmente, no trecho de interesse do projeto – região de Paulínia.

Os lançamentos domésticos do município de Bragança Paulista consistem numa fonte significativa de poluição do Rio Jaguari, uma vez que tal município não dispõe de sistema de tratamento de esgotos, além de se situar próximo às cabeceiras do Jaguari, onde a disponibilidade hídrica é menor, e retirar água desse manancial para o abastecimento público de sua população antes dos lançamentos de seus esgotos.

A determinação dos níveis de Coliformes Termotolerantes do Rio Jaguari indicou um comprometimento de suas águas, devido aos lançamentos domésticos dos demais municípios existentes em sua bacia de drenagem. Nesse sentido, é fundamental um direcionamento das ações de controle para o tratamento dos esgotos domésticos desses municípios.

Embora não se tenha constatado uma modificação na qualidade da água no trecho do Rio Jaguari, onde aflui as águas do Rio Camanducaia - importante afluente de sua margem direita - pode-se constatar uma forte concentração de indústrias no município de Amparo, que se situa no trecho médio do Rio Camanducaia. Dessa forma, o próximo estudo deverá contemplar uma análise mais detalhada da qualidade das águas deste tributário.

3.4 RIO CAMANDUCAIA

3.4.1 Utilização dos recursos hídricos

A área da bacia do Rio Camanducaia é compartilhada por nove municípios, cinco dos quais têm suas sedes situadas dentro dos limites da bacia, realizando suas captações de água para abastecimento e/ou lançando esgotos diretamente nos principais afluentes ou no próprio curso principal do rio. São eles: Santo Antônio de Posse, Amparo, Monte Alegre do Sul, Pinhalzinho e Toledo, esse último localizado em Minas Gerais. Os municípios de Jaguariúna, Pedreira, Pedra Bela e Socorro têm parte de sua área territorial na bacia do Rio Camanducaia porém suas sedes estão localizadas nas bacias vizinhas.

As reversões (captação em uma bacia e lançamento em outra) de/para a bacia são realizadas pelos municípios de Jaguariúna, Santo Antonio de Posse e Serra Negra. Jaguariúna, que capta toda a água destinada a seu abastecimento na bacia do Rio Jaguari lança uma parte considerável de seus esgotos na bacia do Rio Camanducaia. Já Santo Antônio de Posse, situada próximo aos limites da bacia efetua uma parte de suas captações e a totalidade de seus lançamentos na bacia vizinha do Rio Pirapitingui. A outra reversão identificada na bacia se refere à realizada pelo município de Serra Negra que, localizado na bacia do Rio Moji-Guaçu, realiza uma captação de razoável porte nas cabeceiras do ribeirão Pantaleão, afluente da margem direita do Rio Camanducaia. A Figura 3.56 exprime graficamente essas reversões.

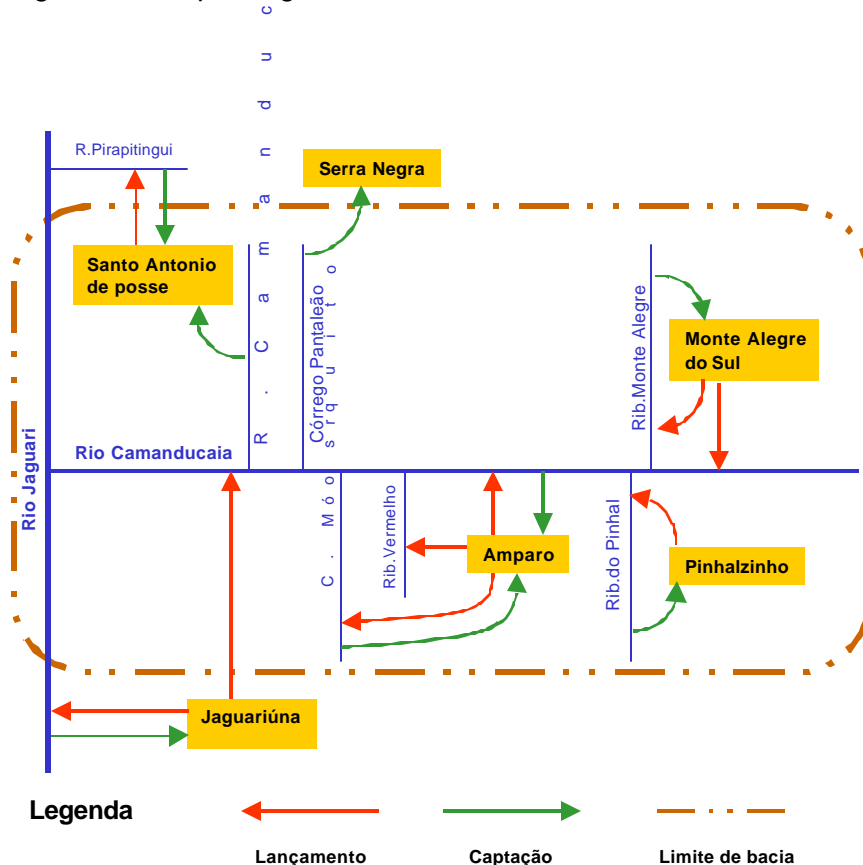


Figura 3.1- Reversões na bacia do Rio Camanducaia

Para fins domésticos

As informações apresentadas a seguir baseiam-se em levantamentos realizados junto às concessionárias de saneamento básico dos 5 municípios que realizam captações de água para abastecimento e/ou lançamentos de esgotos no Rio Camanducaia e em seus afluentes. Desses levantamentos foram obtidos dados bastante heterogêneos, de forma que alguns municípios dispunham de cargas e vazões lançadas, outros apenas cargas ou apenas vazões e outros, ainda, nenhum desses dados. Foi necessário então analisar os dados caso a caso. Na ausência de informações mais precisas sobre as cargas e vazões, foram calculadas com base nas populações atendidas por coleta de esgotos, estimando-se o valor “per capita” de DBO de literatura de 54 g/hab/dia. Com relação às vazões captadas e lançadas estimaram-se os dados a partir da população abastecida e do consumo médio “per capita” de 200 l/hab/dia, considerando uma taxa de retorno sob a forma de esgotos de 80%. Os dados demográficos utilizados foram obtidos no IBGE-CENSO/2000. A Figura 3.57 demonstra as cargas orgânicas remanescentes decorrentes dos lançamentos de esgotos no Rio Camanducaia, mostrando sua distribuição espacial e indicando a relevância da carga lançada pelo município de Amparo, em relação aos demais, permitindo uma análise mais ampla dos impactos de montante para jusante.

Município de Jaguariúna: De acordo com o Departamento de Águas da cidade de Jaguariúna, 95% da população urbana é atendida pela rede de abastecimento público e 80% pela rede de esgoto. O número de ligações de água é de aproximadamente 8300 e o de esgotos de 6900. A captação de água de Jaguariúna é efetuada em sua totalidade no Rio Jaguari. Quanto aos lançamentos de esgotos, 55% são efetuados no mesmo Rio Jaguari e 45% revertidos para o Rio Camanducaia e lançados em dois pontos do rio, totalizando esses dois lançamentos, 24.54 L/s.

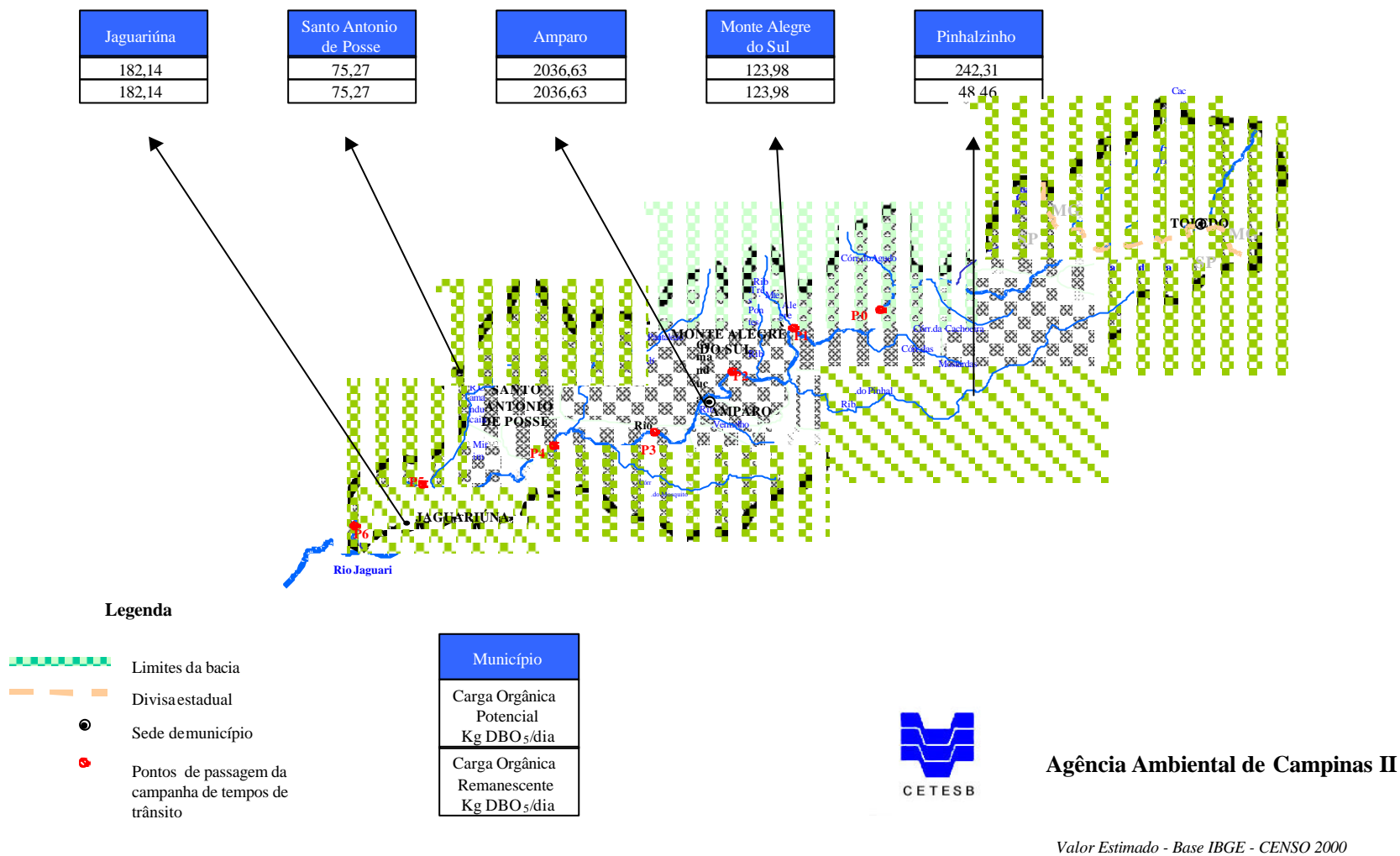


Figura 3.2- Cargas orgânicas potenciais e remanescentes dos municípios da bacia do Rio Camanducaia

Município de Santo Antonio de Posse: Da população urbana de Santo Antonio de Posse, 100% são atendidos por abastecimento público de água e 60% por rede de coleta de esgotos, em número aproximado de ligações públicas de, respectivamente 4700 e 2800 . São duas as captações de água do município, sendo a principal delas no Rio Camanducaia Mirim, que corresponde a aproximadamente 50 L/s e uma outra que retira cerca de 33 L/s do córrego Matadouro, afluente de quarta ordem do ribeirão Pirapitingui, já na bacia do Rio Jaguari. Os lançamentos são efetuados em sua totalidade no mesmo ribeirão Aguadinha, e totalizam uma vazão aproximada de 25 L/s.

Município de Pinhalzinho: A totalidade da população urbana de Pinhalzinho é atendida pela rede abastecimento de água através de aproximadamente 1750 ligações. Quanto ao esgotamento sanitário que atende cerca de 88% dessa população, o número de ligações alcança perto de 1500 ligações. A captação de água do município é realizada em sua totalidade no ribeirão Morro das Pedras, afluente do ribeirão do Pinhal e corresponde a uma vazão de 16,00 L/s. O Município é o único da bacia do Rio Camanducaia que possui tratamento de seus esgotos que se efetua através de estabilização lagoa anaeróbia sem controle da eficiência. A vazão de lançamento perfaz um total de 13 L/s.

Município de Monte Alegre do Sul: A população urbana de Monte Alegre do Sul é atendida em termos de saneamento básico por 1310 ligações de água e 899 ligações de esgotos. A captação de água superficial é efetuada em sua totalidade no ribeirão Monte Alegre com uma vazão de 20L/s, sendo que no distrito de Mostarda e no bairro Ponte Preta a água distribuída é de poço profundo com vazão de, respectivamente, 5L/s e 3.30 L/s. Quanto aos lançamentos, além dos efetuados pela concessionária de água e esgoto do município, totalizando 8.96 L/s no ribeirão Monte Alegre e 2.24 L/s no Rio Camanducaia são incontáveis os efetuados irregularmente ao longo do ribeirão Monte Alegre no trecho que esse curso d'água cruza a região urbana do município.

Município de Amparo: Conforme informações da concessionária de saneamento básico de Amparo, 100% da população urbana é atendida pela rede de abastecimento de água, através de 15100 ligações e 85% por rede de coleta de esgotos que totaliza cerca de 13500 ligações. As captações de água são efetuadas, em dois pontos do Rio Camanducaia, uma delas totalizando perto de 200L/s e outra no distrito de Três Pontes com 11 L/s e, para o distrito de Arcadas, no córrego do Mosquito com vazão de 20 L/s. Amparo não possui ETE, despejando seus esgotos diretamente no ribeirão Vermelho, no córrego dos Mosquitos (efluentes domésticos do distrito de Arcadas) e em aproximadamente 500 pontos situados entre os quilômetros 57 e 48 do Rio Camanducaia.

Para fins industriais

De acordo com os dados disponíveis, encontram-se em funcionamento ao longo da bacia do Rio Camanducaia 11 indústrias prioritárias sob ponto de vista de poluição das águas. Para o levantamento da contribuição da carga orgânica poluidora de origem industrial, no projeto em curso, foram considerados os dados coletados pela CETESB - Agência Ambiental de Campinas II, durante a campanha de amostragem dinâmica. Para as demais empresas prioritárias, com lançamento nos tributários, foram utilizados dados de coletas periódicas que fazem parte do trabalho sistemático de controle de fontes fixas desenvolvidos pela Agência. A Tabela 3.22 apresenta as indústrias prioritárias e suas cargas poluidoras remanescentes.

Tabela 3.1- Indústrias prioritárias da Bacia do Rio Camanducaia

Razão social	Município	Atividade	Carga Org. Rem. * (kg DBO/Dia)
Agropecuária Tuiuti Ltda.	Amparo	Beneficiamento de leite	62,28
Cifa Textil Ltda.	Amparo	Fabricação de fios	0,10
Fernandez S/A Industria de Papel	Amparo	Fabricação de Papelão	944,42
Magneti Mareli Escapamentos Ltda.	Amparo	Fabricação de escapamentos	1,25
Minasa Trading International S/A	Amparo	Fabricação de fios	229,68
Moinhos Cruzeiro do Sul S/A	Amparo	Abatedouro de aves	255,60
Moinhos Cruzeiro do Sul S/A	Amparo	Fabricação de embutidos	59,96
Osato Alimentos S/A	Monte Alegre do Sul	Abatedouro de aves	264,23
Produtos Alimentícios Marchiori Ltda.	Amparo	Abate de suínos e fabric. de embutidos	56,78
Química Amparo Ltda.	Amparo	Fabrica de sabão e detergentes	18,41
Rebieri Gelatina Ltda.	Amparo	Fabrica de gelatina e cola animal	80,00
TOTAL			1972,71

* Carga Org. Rem. = Carga orgânica remanescente

Fonte: CETESB – Agência Ambiental de Campinas II (CPrM)

A Figura 3.58 mostra as localizações, vazões e cargas orgânicas remanescentes das indústrias prioritárias da bacia. De acordo com esses dados a carga orgânica remanescente total dessas indústrias é de 1972,71 Kg/DBO/dia e uma concentração das principais cargas remanescentes no município de Amparo.

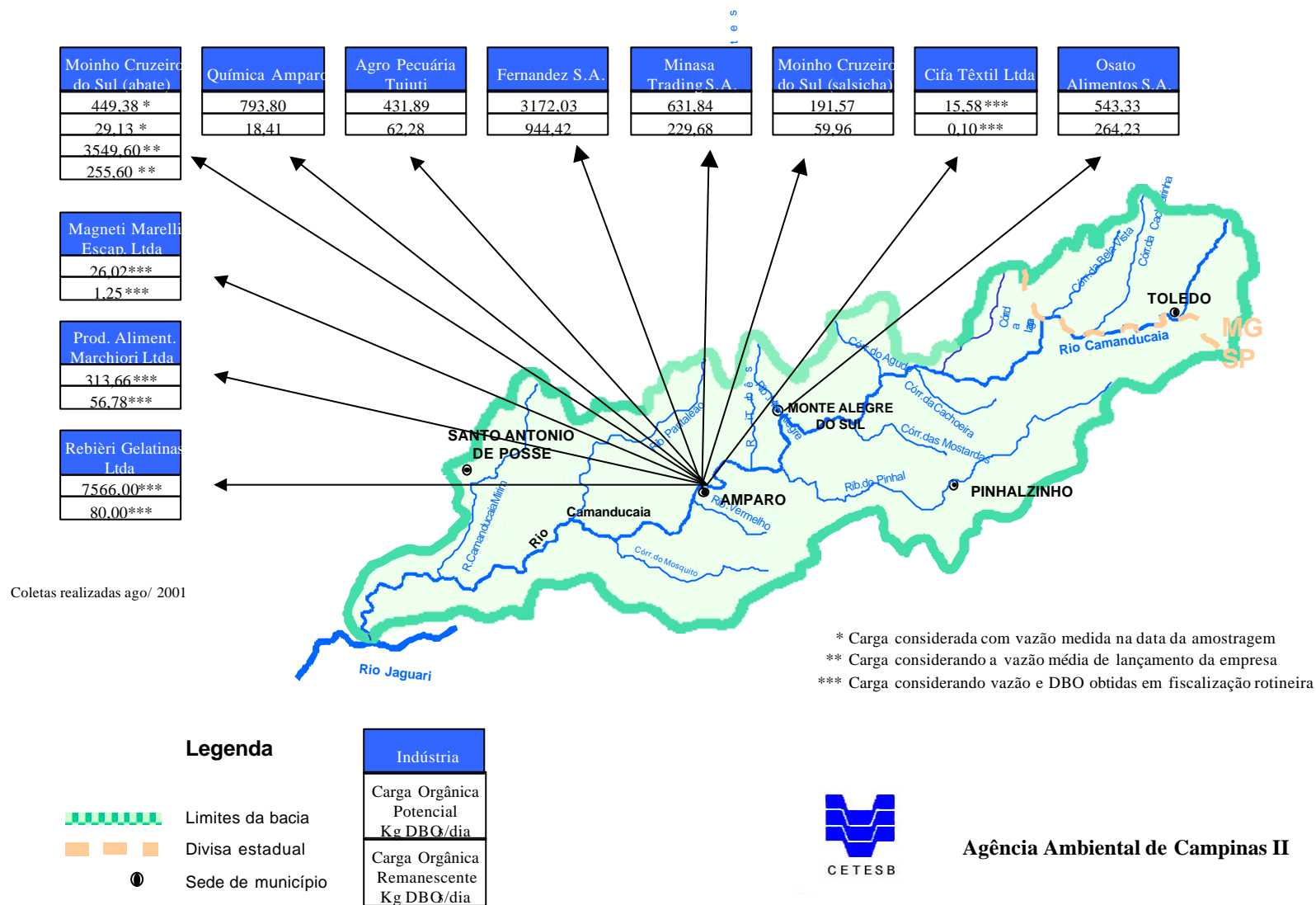
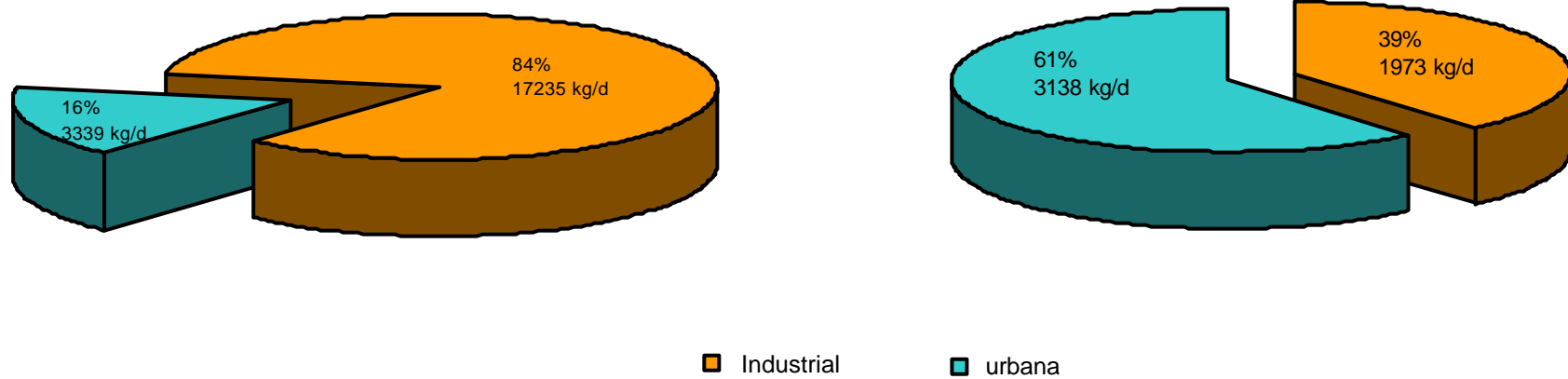


Figura 3.3– Cargas orgânicas industriais, potenciais e remanescentes geradas na bacia do Rio Camanducaia



Agência Ambiental de Campinas II

CETESB

Figura 3.4 – Cargas orgânicas industriais e urbanas, potenciais e remanescentes dos municípios da bacia do Rio Camanducaia

A Figura 3.59 permite visualizar, através do confronto de dois gráficos de setores os reflexos promovidos pela implantação de sistemas de tratamento de efluentes nas cargas remanescentes de naturezas industrial e doméstica. Dessa forma, as cargas orgânicas potenciais industriais que representam 84% da total gerada na bacia reduzem sua significância a apenas 39% após os mecanismos de tratamento a que são submetidas. Já as cargas de origem doméstica, responsáveis por apenas 16% das geradas na bacia, não são submetidas a nenhuma redução e chegam a representar 61% das cargas remanescentes totais.

3.4.2 Diagrama unifilar do Rio Camanducaia.

Apresentam-se a seguir os diagramas unifilares e as correspondentes planilhas de situação elaboradas para o Rio Camanducaia. As cartas utilizadas para a locação dos detalhes de interesse das bacias, foram as já citadas em escala de 1:10.000 do I.G.C. (fotografias aéreas de 1978) sobre as quais foi elaborado o estaqueamento e as locações das interferências de interesse do rio. Na Figuras 3.60, apresenta-se o diagrama unifilar propriamente dito, segmentado em três partes.

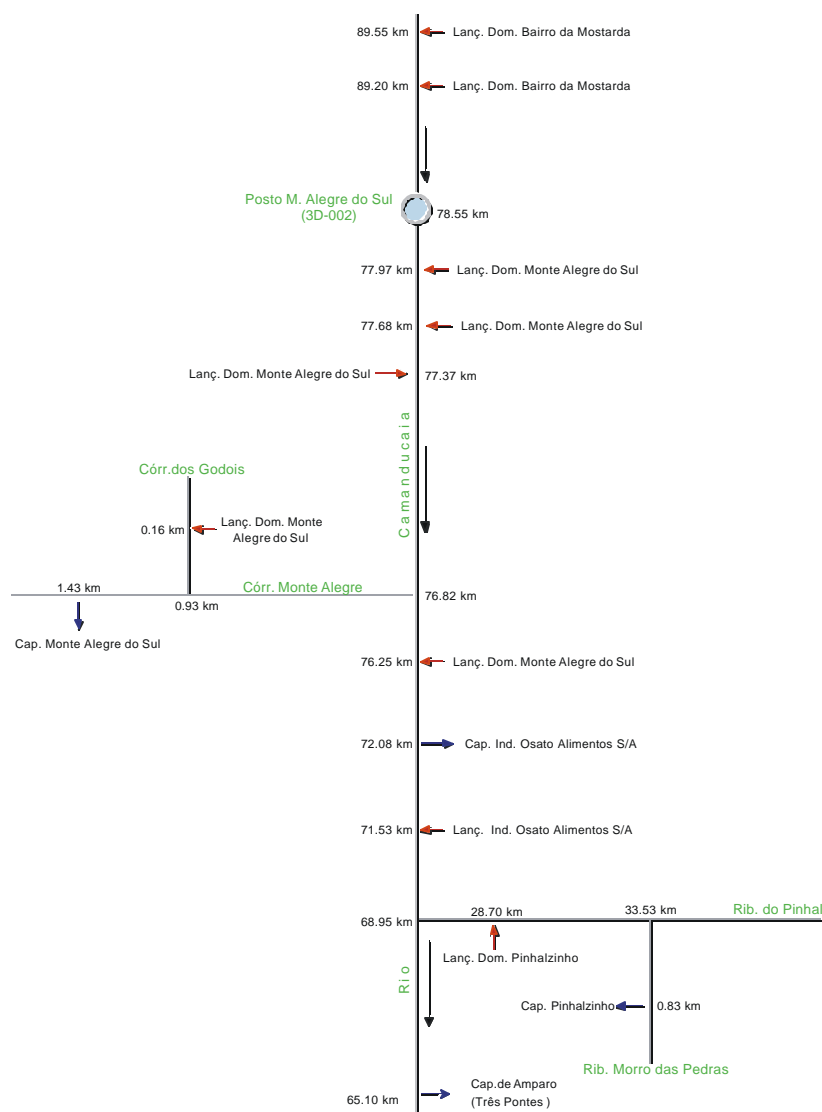


Figura 3.1- Diagrama unifilar do Rio Camanducaia – Parte 1

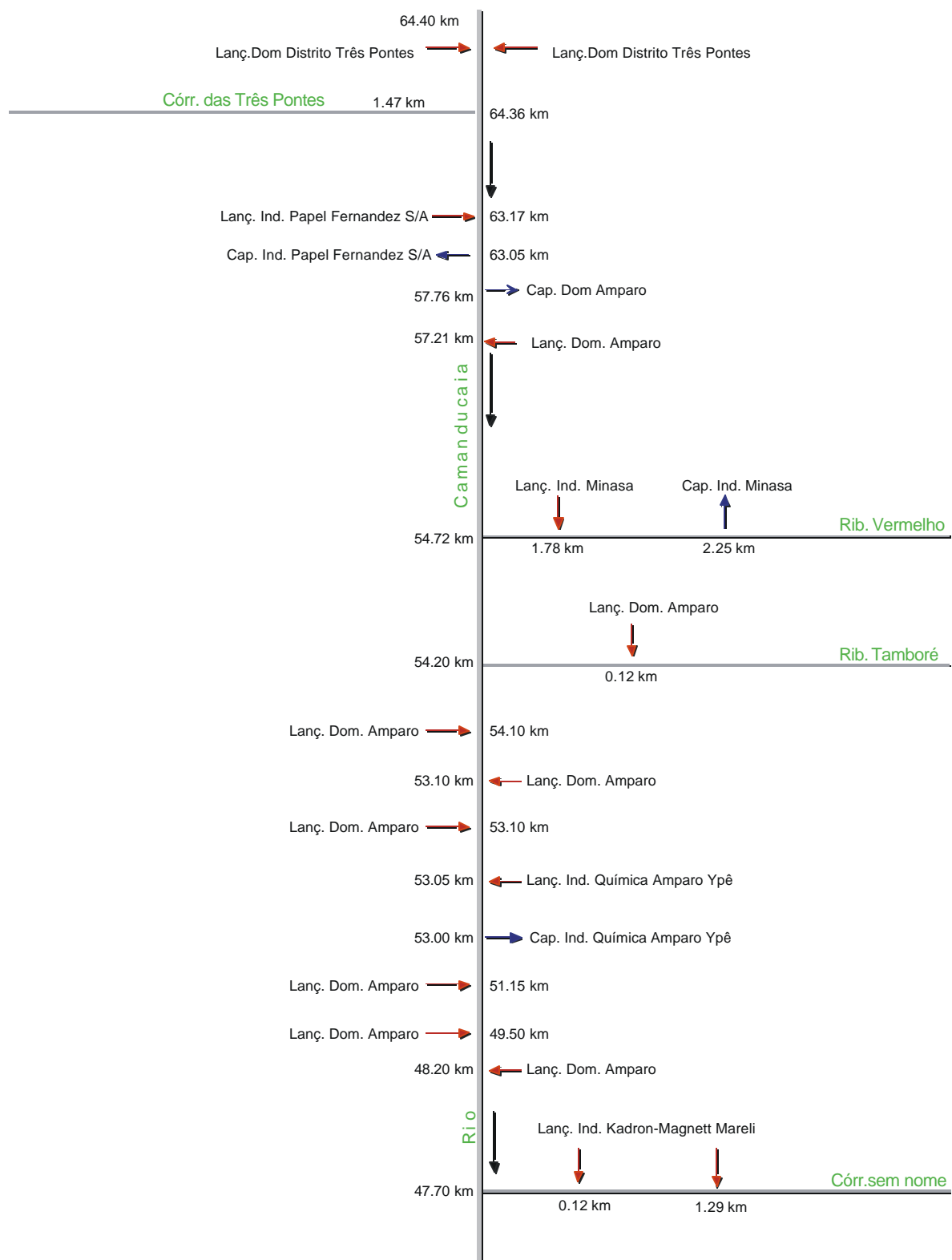


Figura 3.60 - Diagrama unifilar do Rio Camanducaia – Parte 2

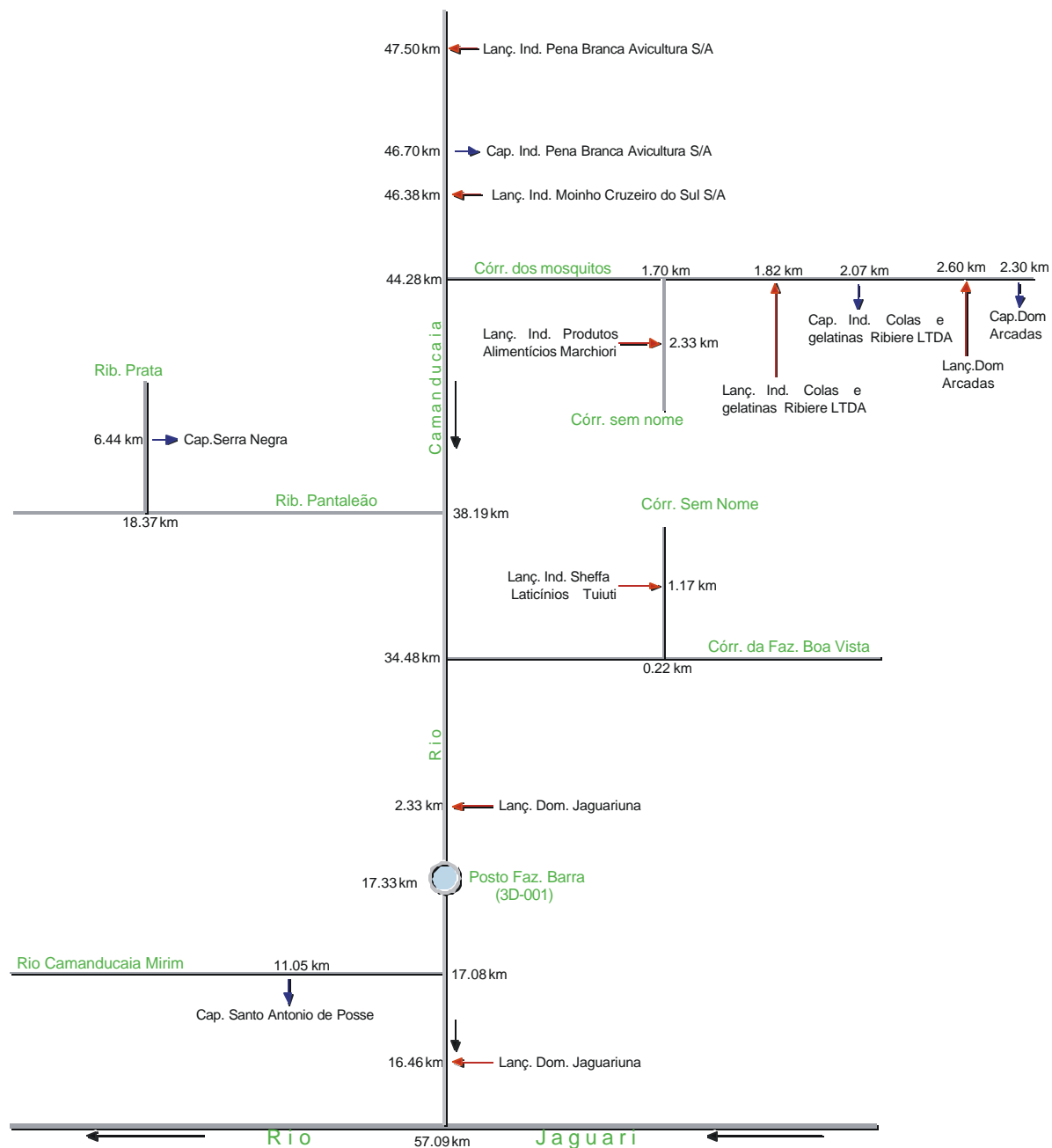


Figura 3.60 - Diagrama unifilar do Rio Camanducaia – Parte 3

3.4.3 Campanha dinâmica de qualidade do Rio Camanducaia

A campanha dinâmica de qualidade do Rio Camanducaia constou em injeções de traçador radiativo para demarcação de massas d'água, monitorando-se a evolução de suas características químicas, físicas e biológicas, em seções pré determinadas a jusante, a partir da determinação dos tempos de trânsito, medições de vazão e amostragens da qualidade de água.

Simultaneamente a essas determinações foram efetuadas amostragens nos efluentes das indústrias mais significativas da bacia e amostragens e medições de vazão nos principais afluentes do rio.

Na Tabela 3.23 apresentada a seguir relacionam-se as secções tomadas como representativas das características físicas, hidráulicas, hidrológicas e de qualidade do Rio Camanducaia bem como sua localização ao longo do rio, sua altitude e área de drenagem

Tabela 3.1– Características das secções de medição

Secção	Local	Distância da foz (km)	Área de drenagem (km ²)	Altitude (m)
S0	Acima Mostardas	95.85	320.4	842.5
S1	Entrada de Monte Alegre do Sul	77.15	389.3	732.2
S2	Ponte da Estrada Amparo-Serra Negra	61.5	602.8	672.3
S3	Ponte São Dimas - Bairro Modelo	48.6	676.1	649.3
S4	Ponte SP107	34.2	858.5	610.3
S5	Ponte Fazenda Barra	16.17	992.9	559.2
S6	Ponte SP340	4.25	1022.3	545.7

3.4.3.1 Determinações dos tempos de trânsito

A campanha de tempos de trânsito do Rio Camanducaia iniciou-se no dia 31/08 com a injeção do material radiativo e coleta de amostra de água na denominada secção 0, localizado imediatamente a montante do bairro Mostardas em Monte Alegre do Sul.

A mancha radiativa na secção 1 iniciou sua passagem às 20h20' do dia 1 de agosto, tendo seu pico detectado às 0h00' do dia 2 e a coleta e medição de vazão realizadas às 0h45' desse mesmo dia.

Na secção 2, a mancha começou a ser detectada no dia 2 às 11h. Uma deformação devida possivelmente a alguma retenção de material radiativo a montante foi verificada para as contagens mais elevadas, o que resultou em que a curva de passagem apresentasse dois picos. Em consequência desse fenômeno a amostragem de água e a medição de vazão foram realizadas com algum atraso, às 19h30', cerca de duas horas após o centro de gravidade da curva.

A passagem da nuvem na secção 3 teve seu início próximo às 2h30' da madrugada do dia 3 tendo sido o centro de gravidade da curva calculado para às 10h30' desse mesmo dia. A amostragem e a medição de vazão foram realizadas 1 hora mais tarde.

Na secção 4 o início da passagem da mancha deu-se às 18h do dia 3. No pico das contagens, já às 2h20' do dia 4 foi realizada uma injeção de reforço com o restante do

material radiativo disponível. O centro de gravidade da curva de passagem da mancha assim como as amostragem e medição de vazão ocorreram às 3h30' do dia 4.

No início da madrugada do dia 4 iniciou-se a passagem da nuvem radiativa na secção 5. O centro de gravidade da curva foi calculado para às 8h15' desse mesmo dia, efetuando-se a medição de vazão e a amostragem às 10h.

Na secção 6, última da campanha, a mancha radiativa começou a ser detectada às 18h do dia 5. O centro de gravidade da curva de passagem foi calculado como tendo passado às 7h da manhã do dia seguinte, tendo a coleta de amostra de água e a medição de vazão sido realizadas cerca de 2h após, próximo às 9h da manhã. A detecção prolongou-se então até as 17 horas desse dia 6, quando foi desmontada a secção, encerrando-se a campanha.

A Figura 3.61 apresentada a seguir, representa graficamente as evoluções dos tempos de trânsito e velocidades ao longo do rio.

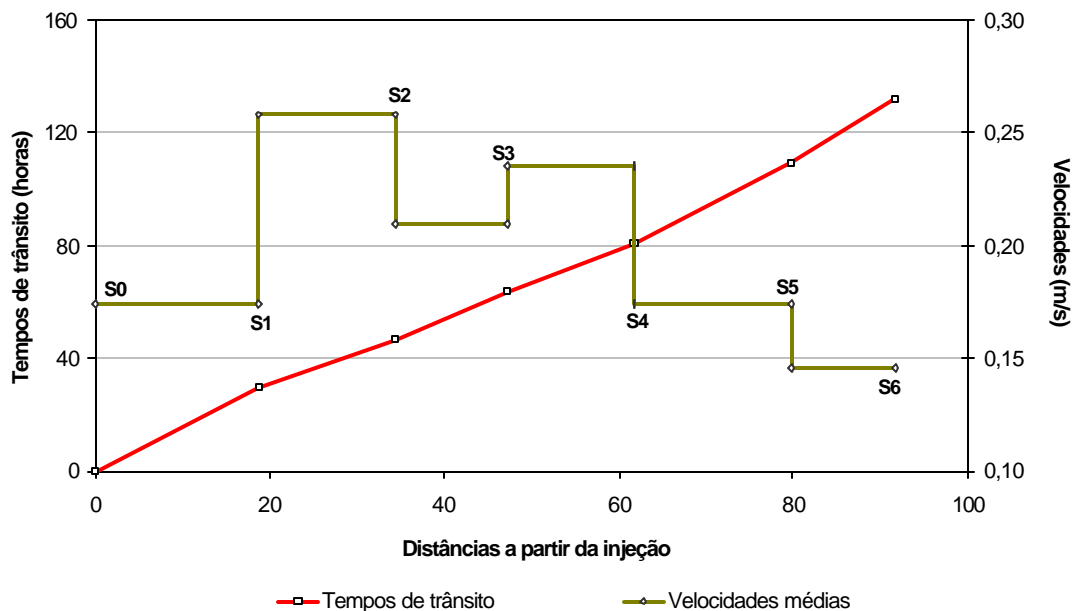


Figura 3.1- Evolução dos tempos de trânsito do Rio Camanducaia

Medições de vazão

Foram executadas durante a campanha medições de vazão em 5 das 6 secções de detecção da mancha radiativa, sempre que possível, simultaneamente às passagens das plumas radiativas para subsidiar os cálculos de cargas propostos. Na secção 5, devido à existência de um posto fluviométrico operado pelo DAEE/CTH, denominado Fazenda Barra – prefixo 3D-001, que compõe a rede telemétrica daquela entidade, a medição deixou de ser realizada, tendo sido levantados posteriormente a equação da curva-chave e as cotas observadas durante o período de medições.

Além destas medições, para a determinação das cargas afluentes ao Rio Camanducaia foram efetuadas medições de vazões durante 24 horas nos tributários que apresentam lançamentos significativos em suas águas.

Na avaliação da capacidade de auto-depuração de um curso d'água é relevante o conhecimento de três parâmetros característicos de seu leito, trecho a trecho e para diferentes condições de descarga, quais sejam o volume d'água ocupado, a área da superfície livre e a profundidade efetiva. A partir desses, são derivados dois outros de vital importância, que são o tempo de trânsito e a velocidade média das águas.

Todos os parâmetros acima citados são determinados a partir do levantamento batimétrico das secções transversais do leito do curso d'água, que no presente trabalho, foi determinado na forma de subproduto das medições de vazões realizadas. (Figura 3.62)

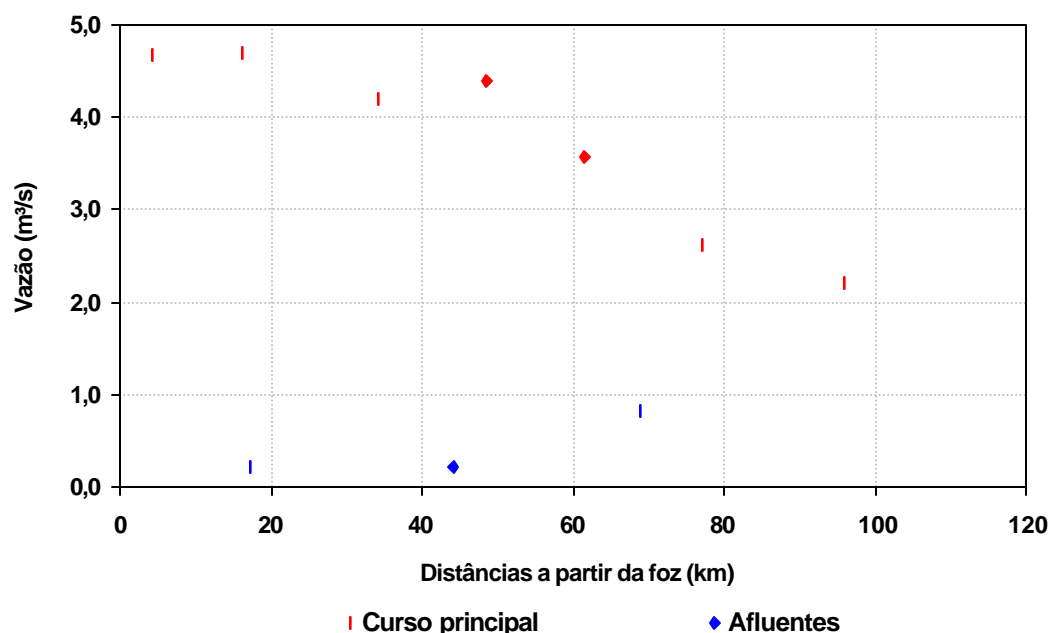


Figura 3.2– Evolução das vazões medidas no Rio Camanducaia e em seus principais tributários durante a campanha

Amostragens de água

As amostragens de água efetuadas na calha principal do Rio Camanducaia, em seus principais tributários e nas indústrias contemplaram os seguintes parâmetros de qualidade:

- oxigênio dissolvido, $DBO_{5,20}$, DQO, para avaliar lançamentos de origem orgânica (industriais e domésticos);
- fósforo total e série de nitrogênio, para avaliar a presença de nutrientes, bem como trabalhar com uma componente conservativa;
- turbidez e resíduo não filtrável, para estimar numericamente a componente dada pela carga difusa;
- alumínio, para estabelecer a influência da drenagem dos solos dessa bacia
- cloreto e Coliforme Termotolerante, para estimar a presença de esgotos domésticos.

Amostragens na calha principal

As amostragens de qualidade de água na calha principal do Rio Camanducaia foram efetuadas logo após a detecção do pico de contagens da mancha radiativa no intuito de representar com mais rigor o instante da passagem do centro de gravidade da massa d'água marcada com o traçador.

A Figura 3.63 permite visualizar as variações de qualidade ao longo das sete secções amostradas na calha principal do Rio Camanducaia quanto às concentrações de Oxigênio (OD) Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Amostragens nos tributários

Com o objetivo de avaliar as cargas efetivamente lançadas no Rio Camanducaia, foram realizadas, paralelamente às medições de vazão, coletas de amostras de água nas desembocaduras do Rio Camanducaia-Mirim, córrego do Mosquito e ribeirão do Pinhal, que recebem em suas águas os esgotos, respectivamente, de Santo Antônio de Posse distrito de Arcadas e município de Amparo e Pinhalzinho. Para revestir esses dados de maior representatividade quanto às variações registradas durante um dia, as amostragens abrangeram um período de 24 horas consecutivas, tendo sido realizadas quatro coletas com intervalos de 6 horas.

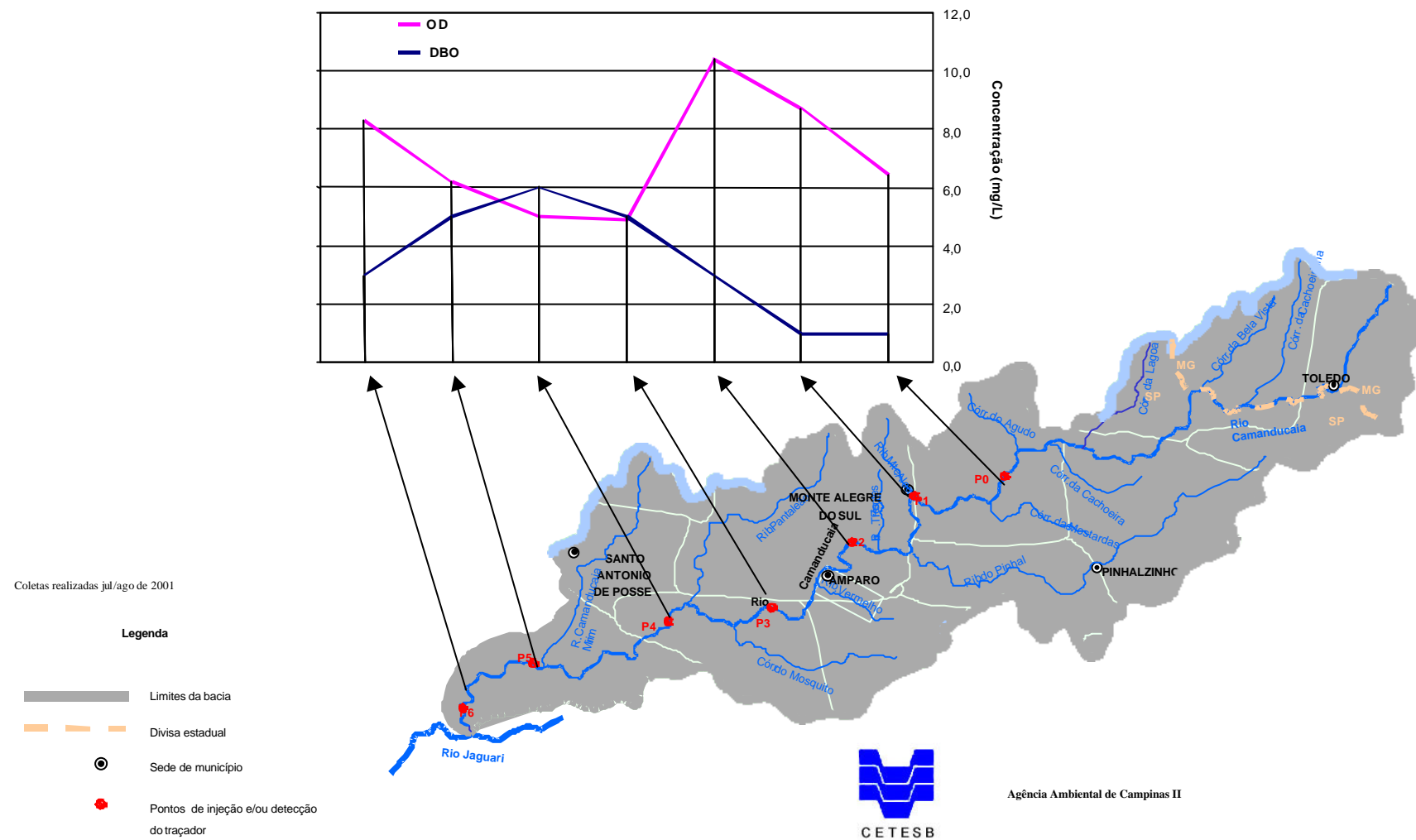


Figura 3.3- Perfis de OD e DBO ao longo das secções consideradas na campanha

Amostragens industriais

O levantamento das cargas industriais consistiu da caracterização qualitativa e quantitativa dos lançamentos efetuados diretamente na calha principal do Rio Camanducaia, objetivando visualizar o desempenho dos sistemas de tratamento das águas residuárias, bem como levantar valores fidedignos das cargas poluidoras e vazões correspondentes.

Com o intuito de detalhar a evolução dos lançamentos ao longo de um período de funcionamento, as coletas foram realizadas de duas em duas horas durante 24 horas de funcionamento. A cada seis horas, as três amostragens realizadas foram compostas para formar uma única amostra, perfazendo ao final do dia quatro amostragens representativas do ciclo de funcionamento da indústria. O detalhamento dessas informações levantadas está documentado em forma de planilhas no anexo 5 desse relatório.

Embora se constate a existência de atividades industriais com potencial poluidor das águas na bacia do Rio Camanducaia, grande parte das indústrias em funcionamento operam de forma adequada seus sistemas de tratamento de efluentes assim como intensificam a implantação de sistemas de gestão ambiental. Tal fato não é verificado nos municípios, cuja maioria ainda não implantou ações efetivas na recuperação e preservação dos recursos hídricos.

33.5 Sumário Executivo

Como resultado das campanhas realizadas e dos levantamentos dos dados de qualidade nos Rios Jaguari, Camanducaia e Pirapitingui, além das análises dos dados do Rio Atibaia, obtidos por meio do Relatório Preliminar da Bacia do Rio Atibaia, no âmbito do programa de cooperação Brasil Canadá, com participação da CETESB, podem-se tecer as seguintes conclusões:

Rio Jaguari:

Trata-se de um sistema hídrico com significativa capacidade de assimilação de cargas orgânicas e inorgânicas, especialmente na região de interesse, não apresentando assim comprometimento de suas águas no que tange à qualidade;

Os lançamentos domésticos de Bragança Paulista, no entanto, representam uma fonte significativa de poluição orgânica às águas, uma vez que esse município não dispõe de sistema de tratamento de esgotos, além da sua localização na cabeceira do sistema, representando um desfavorecimento à disponibilidade hídrica da região e

Os resultados de coliformes termotolerantes indicaram a ocorrência de lançamentos de esgotos dos municípios localizados ao longo de seu curso, indicando assim a necessidade de ações de controle no sentido do tratamento desses municípios.

Rio Camanducaia:

Muito embora exista uma grande concentração de indústrias na bacia, especialmente na região do município de Amparo, não há evidências de prejuízos significativos à qualidade das suas águas em decorrência desses lançamentos industriais;

Há sinalizações de efeitos de impacto em suas águas, sendo em condição pontual, no trecho de influência do Córrego dos Mosquitos, especialmente por esgotos domésticos remetendo assim para ações de tratamento dessas cargas na bacia;

Rio Atibaia:

Ao contrário das sub bacias esplanadas acima, o Rio Atibaia recebe contribuições de cargas poluidoras, especialmente esgotos domésticos, que excedem inúmeras vezes sua capacidade assimilativa;

Tais contribuições são notadamente oriundas da região de Campinas por meio do Ribeirão dos Pinheiros e do Ribeirão Anhumas, que praticamente esgotam a capacidade do sistema em assimilar cargas orgânicas e

Há uma sensível contribuição de cargas poluidoras industriais ao sistema, especialmente das indústrias da região de Paulínia, especialmente quanto aos lançamentos de fenóis, que terminam por causa dos problemas ao abastecimento doméstico de Sumaré, sendo assim necessária uma ação de controle visando a redução de tais efeitos.

3.4.4 Qualidade dos recursos hídricos superficiais

3.4.4.1 Redes de monitoramento

A rede de monitoramento de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo é operada pela CETESB, de forma sistemática, em 154 pontos, distribuídos entre os principais corpos d'água do Estado de São Paulo. O objetivo desta rede consiste no acompanhamento das condições de qualidade da água ao longo do tempo, de maneira a fornecer subsídios que possam auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos, servindo assim como instrumento para o processo de tomada de decisão.

Uma segunda rede, operada de forma mais ágil por medir menos parâmetros, por isso mesmo possibilitando um maior número de pontos de medição, é a do "Monitoramento Regional". Possui os mesmos objetivos de controle porém é mais dirigida aos locais de captação para o abastecimento público. Assim, os dados da rede de monitoramento e do perfil se complementam e fornecem subsídios para o gerenciamento da qualidade das águas nas respectivas bacias hidrográficas.

O Rio Camanducaia possui um ponto da rede de amostragem, localizado em seu trecho final, que representa de forma fidedigna as ações antrópicas ocorridas ao longo de sua bacia de drenagem. O Monitoramento Regional é avaliado em mais 2 pontos de amostragem distribuídos por toda sua bacia, permitindo avaliar ações antrópica mais localizadas.

a) Monitoramento Regional

CMDC02300, na captação do município de Amparo

CMDC02400, ponte a jusante do Córrego dos Mosquitos

b) Rede de Monitoramento

CMDC02900, ponte da rodovia SP-340, Campinas a Mogi-Mirim

A seguir, estão relacionados os pontos de amostragem, tanto do Monitoramento Regional quanto da Rede de Monitoramento, cuja localização se mostra na Figura 3.64.

A frequência de amostragem adotada, tanto para a rede de monitoramento quanto para o Monitoramento Regional, é bimestral, abrangendo os períodos de chuva e estiagem, perfazendo assim um ano hidrológico completo.

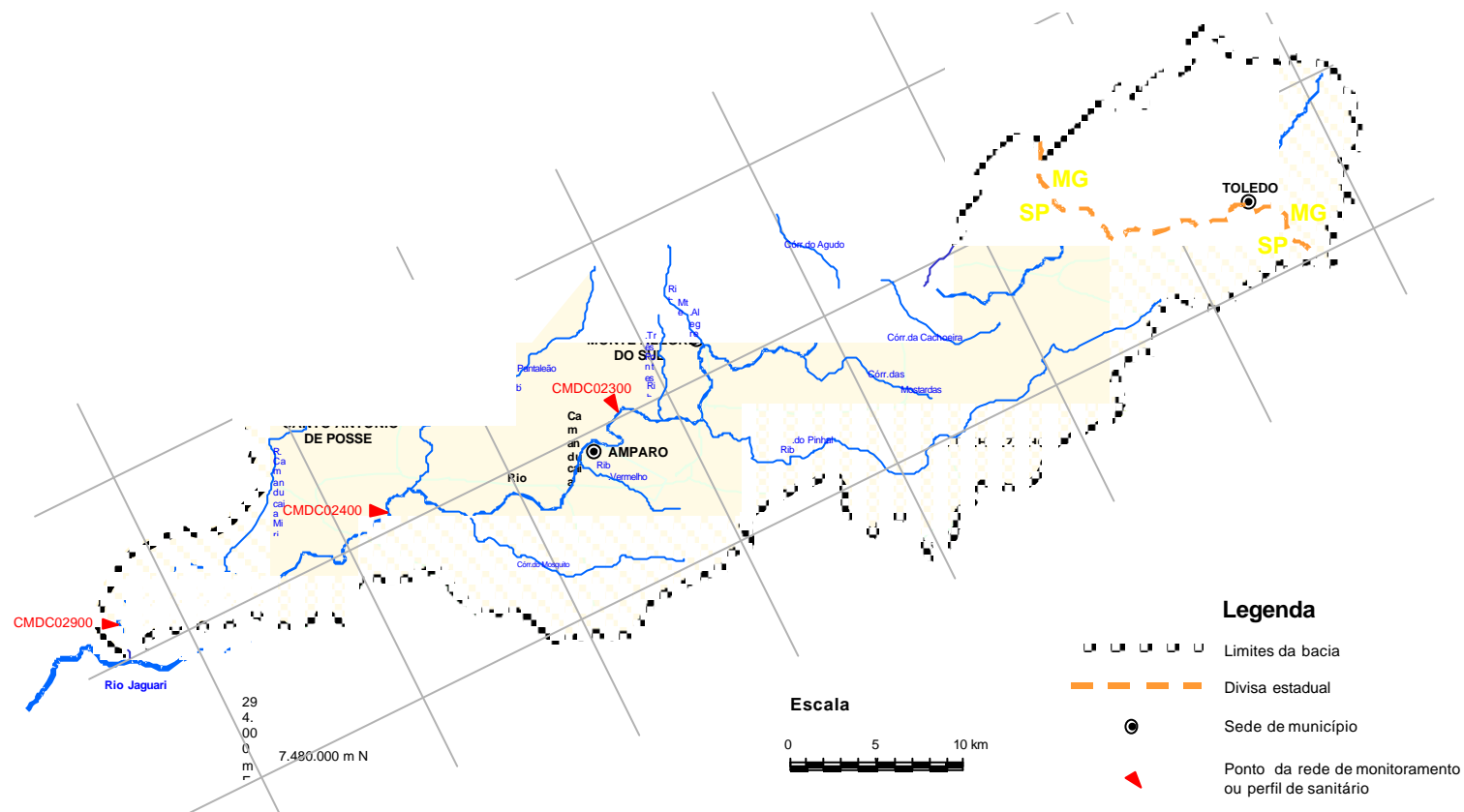


Figura 3.1 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas

No caso da Rede de Monitoramento, são avaliados 36 indicadores de qualidade de água, incluindo determinações físicas, químicas e biológicas, conforme relação a seguir:

Parâmetros físicos e químicos:

<i>Temperatura da água</i>	<i>Condutividade Específica</i>
<i>Temperatura do ar</i>	<i>Coloração da Água</i>
<i>pH</i>	<i>Surfactantes</i>
<i>Oxigênio Dissolvido (OD)</i>	<i>Fenóis</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})</i>	<i>Cloreto</i>
<i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i>	<i>Alumínio</i>
<i>Ferro Total</i>	<i>Manganês</i>
<i>Nitrogênio Nitrato</i>	<i>Bário</i>
<i>Nitrogênio Amoniacal</i>	<i>Nitrogênio Nitrito</i>
<i>Chumbo</i>	<i>Nitrogênio Kjeldahl Total</i>
<i>Cobre</i>	<i>Cádmio</i>
<i>Fósforo Total</i>	<i>Cromo Total</i>
<i>Ortofosfato Solúvel</i>	<i>Níquel</i>
<i>Resíduo Total</i>	<i>Mercúrio</i>
<i>Resíduo Não Filtrável</i>	<i>Zinco</i>
<i>Turbidez</i>	

Parâmetros Biológicos:

Coliformes Termotolerantes

Teste de Toxicidade

Os parâmetros de qualidade de água avaliados para os pontos de amostragem pertencentes ao Monitoramento Regional são em número de 6, e consistem basicamente dos principais parâmetros físicos, químicos e biológicos, conforme segue:

Temperatura da Água

pH

Coliformes Termotolerantes

Oxigênio Dissolvido (OD)

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

3.4.4.2 Análise de dados

a) Parâmetros Sanitários

Análise estatística: O presente levantamento abrangeu o período de 1996 a 2001 uma vez que é nesse intervalo de tempo que os dados do Monitoramento Regional encontram-se consistidos e organizados. Os dados estatísticos (média e desvio padrão) são apresentados graficamente para cada parâmetro selecionado. Uma vez que o parâmetro Coliforme Termotolerante não possui uma distribuição normal, optou-se por apresentar além da média geométrica, os valores mínimos e máximos. Nos gráficos dos parâmetros avaliados, foram também inseridos os padrões de qualidade, quando disponíveis. No eixo das abcissas, os pontos de amostragem foram representados em função da sua distância em relação à foz do rio, de acordo com o estaqueamento realizado pelo Setor de Hidrologia.

b) Substâncias Tóxicas

No ponto (CMD02900), situado no trecho final do Rio Camanducaia, foi efetuada a avaliação das substâncias tóxicas: Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel, Zinco e Fenóis, além de ensaios de toxicidade crônica à *Ceriodaphnia dubia*.

As concentrações dos metais pesados foram comparadas à Resolução CONAMA 20/86 enquanto que para os testes de toxicidade adotaram-se os critérios Agudo, Crônico e Não Tóxico, conforme preconizado pela metodologia adotada pela CETESB.

3.4.4.2.1 Detalhamento dos Parâmetros Sanitários

Com o intuito de se obter um quadro detalhado da qualidade das águas na bacia do Rio Camanducaia, especialmente dos trechos mais críticos relacionados ao aporte de poluentes, é realizada a seguir uma análise dos indicadores selecionados.

Nas Figuras 3.65, 3.66 e 3.67 são apresentados, respectivamente, os resultados de oxigênio dissolvido, DBO_{5,20} e DQO, relativos ao período de 1996 a 2001. Os principais córregos e tributários também são assinalados.

Oxigênio Dissolvido: Os valores obtidos para o oxigênio dissolvido mantiveram-se sempre atendendo ao padrão de qualidade, demonstrando assim que este sistema apresenta condições adequadas para preservação da vida aquática.

Na campanha realizada para a determinação do tempo de trânsito do Rio Camanducaia, em julho e agosto de 2001, também foram coletadas amostras dos seus principais afluentes. O Córrego dos Mosquitos apresentou o nível mais baixo de oxigênio dissolvido. Tal fato justifica-se em função desse corpo d'água receber os lançamentos dos esgotos domésticos de Arcadas, além dos efluentes industriais das indústrias Marchiori e Ribiere. No entanto, as águas do Córrego dos Mosquitos ainda não alteram significativamente a qualidade do Rio Camanducaia.

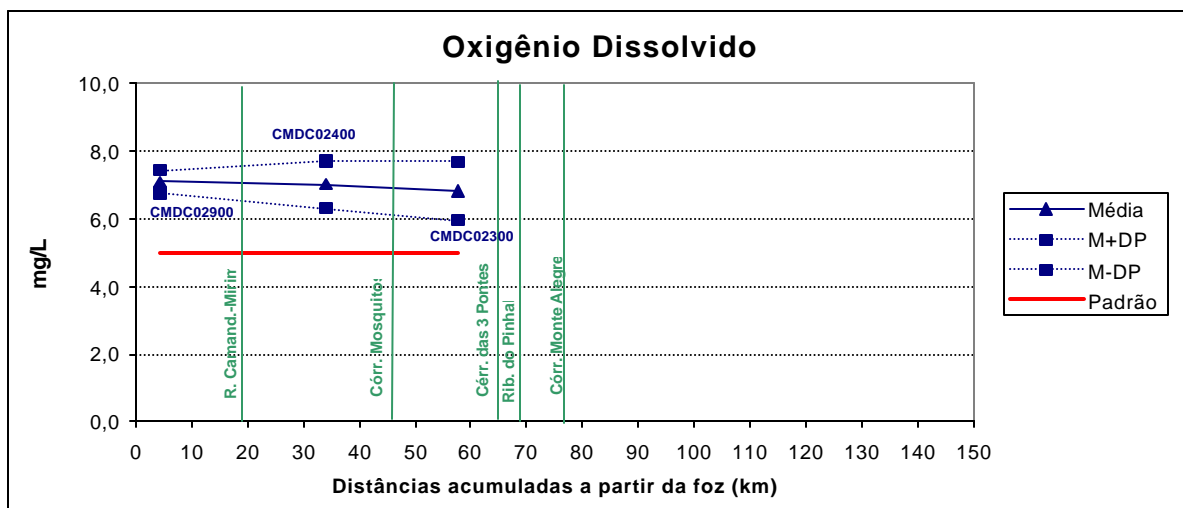


Figura 3.1- Resultados das amostragens de Oxigênio Dissolvido e suas respectivas médias - período de 1996 a 2001

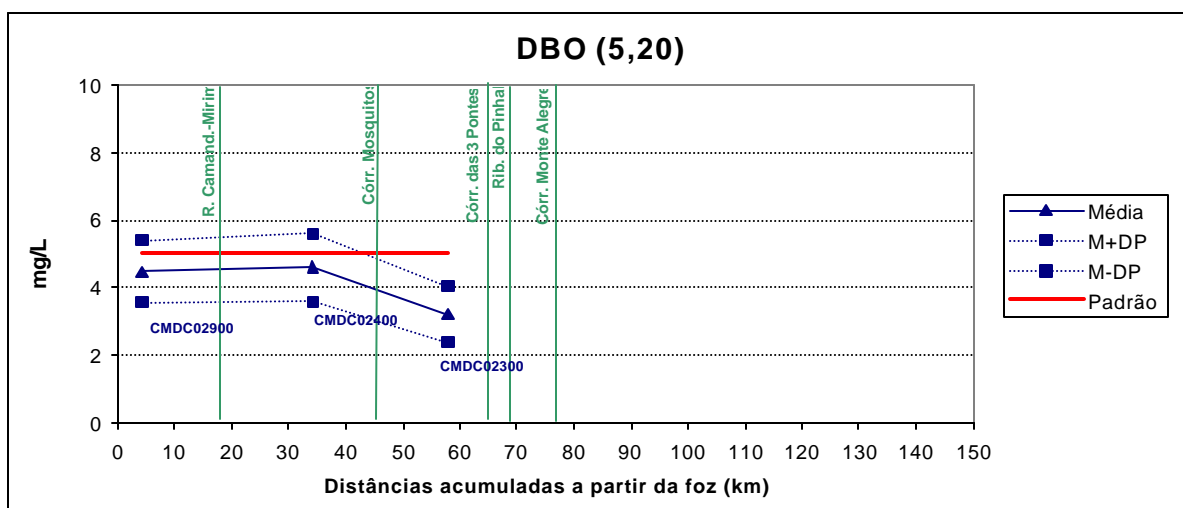


Figura 3.2- Resultados das amostragens de DBO_{5,20} e suas respectivas médias para o período de 1996 a 2001

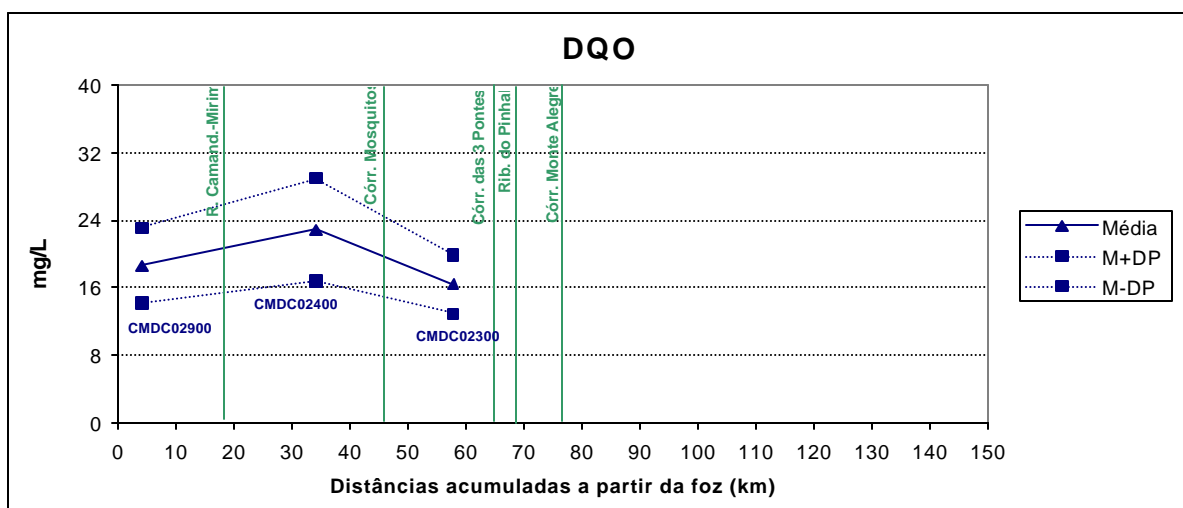


Figura 3.3 - Resultados das amostragens de DQO e suas respectivas médias - período de 1996 a 2001

DBO_{5,20} e DQO: Os valores médios encontrados para DBO_{5,20}, ao longo de toda a extensão do Rio Camanducaia, atenderam ao padrão de qualidade. O perfil espacial da DBO_{5,20} permite observar uma elevação de seus valores médios para o trecho situado a jusante do Córrego dos Mosquitos, sendo que os maiores valores detectados superaram o limite preconizado pela legislação.

Em função dos resultados apresentados, pode-se verificar que o Córrego dos Mosquitos é o que apresenta as piores condições sanitárias dentre todos os afluentes do Rio Camanducaia avaliados. Conforme já salientado para os resultados de oxigênio dissolvido, é possível notar uma alteração na qualidade do Rio Camanducaia em decorrência deste afluente, com base nos valores de matéria orgânica biodegradável (DBO_{5,20}).

Coliformes Termotolerantes: Na Figura 3.68 são apresentados os resultados de Coliforme Termotolerante relativo ao período de 1996 a 2001. Os principais córregos e tributários também são assinalados.

Da mesma forma que o Rio Jaguari, o Rio Camanducaia também apresentou uma má qualidade sob o ponto de vista bacteriológico, registrando valores médios de Coliformes Termotolerantes sempre superiores ao padrão de qualidade (1.000 NMP/100mL). Tal contaminação é advinda dos lançamentos dos esgotos domésticos e/ou das atividades de pecuária, que sabidamente contribuem para tal processo.

É importante ressaltar que os valores mais críticos de Coliforme Termotolerante foram encontrados no ponto mais de montante da área de estudo (CMDC02300). As principais contribuições associadas a este ponto relacionam-se com os lançamentos dos esgotos domésticos do Distrito de Três Pontes, bem como com os efluentes industriais da indústria Papel Fernandez. O Ribeirão Três Pontes consiste numa fonte expressiva, mas que de acordo com o Diagrama Unifilar, não apresenta nenhum lançamento notificado e deverá ser revisto. O trecho seguinte do Rio Camanducaia, representado pelo ponto CMDC02400, também acusou elevadas concentrações de Coliforme Termotolerante, o que muito provavelmente associa-se aos esgotos domésticos do município de Amparo, que são lançados diretamente na calha do Rio Camanducaia. Conforme já destacado, o Córrego dos Mosquitos também contribui para a piora da qualidade das águas do Rio Camanducaia.

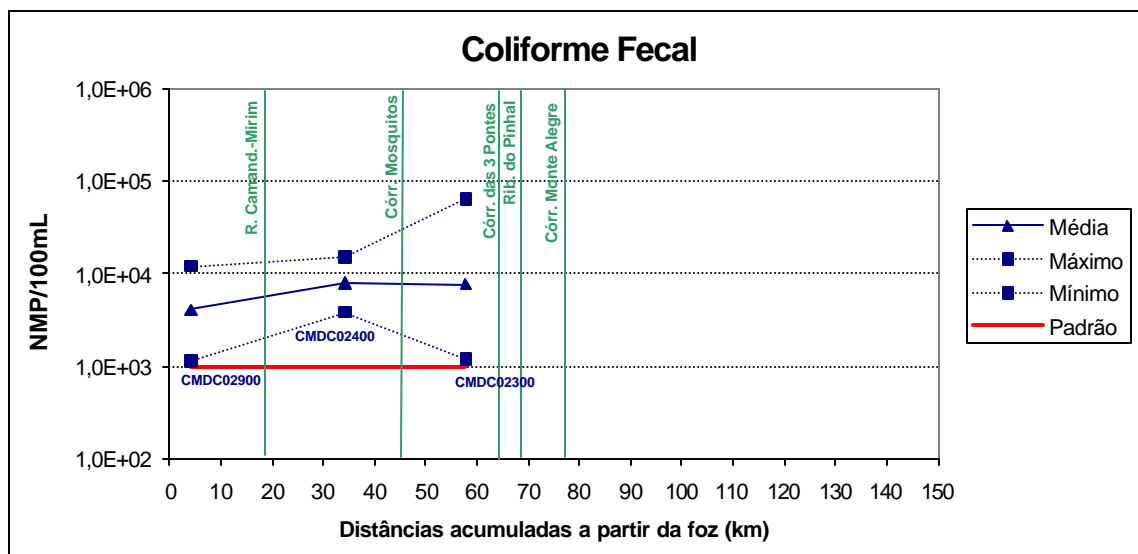


Figura 3.4- Resultados das amostragens de Coliformes Termotolerantes e suas respectivas médias para o período de 1996 a 2001

A avaliação dos resultados de metais pesados indicou que, nos últimos três anos, não foi verificada nenhuma ocorrência de valores que superassem os padrões de qualidade, o que indica que as fontes industriais existentes nesta bacia não alteram significativamente as características de suas águas. Embora tenham sido observadas não conformidades para fenóis, não é possível afirmar-se que esses resultados tenham origem antrópica, pois existem na bacia fontes naturais dessa classe de compostos, caso de matéria orgânica vegetal em decomposição, que se enquadram nesta faixa de concentração. Os resultados do teste de toxicidade confirmaram a ausência de substâncias tóxicas nas águas do Rio Camanducaia, uma vez que em todo o período avaliado o efeito observado foi classificado como Não Tóxico. Tais resultados permitem considerar estas águas não se constituem em fontes de exportação de substâncias tóxicas para o Rio Jaguari.

O alumínio apresenta-se sistematicamente em desacordo com o padrão de qualidade, possivelmente devido à contribuição dos solos da bacia de drenagem, comportamento este verificado em todo o Estado de São Paulo. A Figura 3.69, a seguir, permite visualizar o padrão sazonal de variação das concentrações de alumínio no Rio Camanducaia.

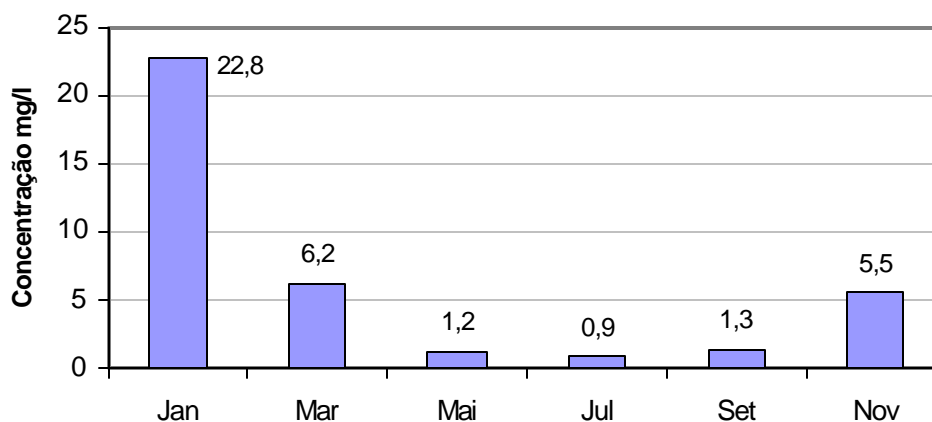


Figura 3.5- Evolução temporal das concentrações médias de alumínio para o período compreendido entre 1998 e 2001

No mês de janeiro constatou-se a maior concentração média de alumínio (22,8 mg/L), enquanto que no mês de julho, o valor é 25 vezes menor (0,9 mg/L). Nos demais meses, as concentrações mantiveram-se em patamares intermediários. Portanto, a componente difusa consiste no aporte principal deste metal para as águas do Rio Camanducaia, retratando que de fato a contribuição do solo desta bacia é significativa para as suas águas, sem contudo causar alterações no aspecto ecotoxicológico das mesmas.

3.4.4.2.2 Análise

A análise dos dados de qualidade das águas do Rio Camanducaia permite tecer as seguintes considerações:

O cenário presente descreve um comportamento significativamente favorável para o Rio Camanducaia, mostrando que atualmente a qualidade de suas águas, à luz dos padrões legais, é bastante boa, com exceção das concentrações de Coliformes Termotolerantes. E por apresentar em sua foz boas características, não exporta cargas poluidoras para a

bacia do Rio Jaguari. Na bacia em tela, o Córrego dos Mosquitos se destaca por apresentar as piores condições sanitárias observadas.

Os lançamentos domésticos do município de Amparo, por não dispor de sistema de tratamento de esgotos, consistem na principal fonte de contaminação bacteriológica do Rio Camanducaia. Neste município, o sistema de coleta de esgotos atende aproximadamente 83% de sua população de 43.000 habitantes (IBGE - CENSO 2000). Os níveis de Coliformes Termotolerantes do Rio Camanducaia justificam um direcionamento das ações de controle para o tratamento dos esgotos domésticos daquele município.

Não foram observadas ultrapassagens dos padrões legais para substâncias tóxicas nos últimos 3 anos, fato esse confirmado pela ausência de toxicidade nos testes biológicos. Esta constatação é um indicativo seguro de que não há necessidade de aplicação de modelos matemáticos para esta classe de compostos.

A modelagem matemática, não irá considerar os efeitos das cargas difusas, embora os dados do monitoramento indiquem que o alumínio possa ser de origem difusa. Os resultados verificados para este metal mostraram uma forte associação com eventos de chuvas, o que permite recomendar que, nos estudos posteriores, seja realizada uma análise detalhada dos dados pluviométricos da bacia do Camanducaia.

3.5 SUMÁRIO EXECUTIVO

Como resultado das campanhas realizadas e dos levantamentos dos dados de qualidade nos Rios Jaguari, Camanducaia e Pirapitinguí, além das análises dos dados do Rio Atibaia, obtidos por meio do Relatório Preliminar da Bacia do Rio Atibaia, no âmbito do programa de cooperação Brasil Canadá, com participação da CETESB, podem-se tecer as seguintes conclusões:

Rio Jaguari:

- Trata-se de um sistema hídrico com significativa capacidade de assimilação de cargas orgânicas e inorgânicas, especialmente na região de interesse, não apresentando assim comprometimento de suas águas no que tange à qualidade;
- Os lançamentos domésticos de Bragança Paulista, no entanto, representam uma fonte significativa de poluição orgânica às águas, uma vez que esse município não dispõe de sistema de tratamento de esgotos, além da sua localização na cabeceira do sistema, representando um desfavorecimento à disponibilidade hídrica da região e
- Os resultados de coliformes termotolerantes indicaram a ocorrência de lançamentos de esgotos dos municípios localizados ao longo de seu curso, indicando assim a necessidade de ações de controle no sentido do tratamento desses municípios.

Rio Camanducaia:

- Muito embora exista uma grande concentração de indústrias na bacia, especialmente na região do município de Amparo, não há evidências de prejuízos significativos à qualidade das suas águas em decorrência desses lançamentos industriais;
- Há sinalizações de efeitos de impacto em suas águas, sendo em condição pontual, no trecho de influência do Córrego dos Mosquitos, especialmente por esgotos domésticos remetendo assim para ações de tratamento dessas cargas na bacia;

Rio Atibaia:

- Ao contrário das sub bacias esplanadas acima, o Rio Atibaia recebe contribuições de cargas poluidoras, especialmente esgotos domésticos, que excedem inúmeras vezes sua capacidade assimilativa;
- Tais contribuições são notadamente oriundas da região de Campinas por meio do Ribeirão dos Pinheiros e do Ribeirão Anhumas, que praticamente esgotam a capacidade do sistema em assimilar cargas orgânicas e
- Há uma sensível contribuição de cargas poluidoras industriais ao sistema, especialmente das indústrias da região de Paulínia, especialmente quanto aos lançamentos de fenóis, que terminam por causa dos problemas ao abastecimento doméstico de Sumaré, sendo assim necessária uma ação de controle visando a redução de tais efeitos.