

## 7.4 Fontes de Poluição

Neste item serão apresentadas as principais fontes de poluição que ameaçam os recursos hídricos da UGRHI-TJ, tanto superficiais quanto subterrâneos. Deve-se destacar que serão abordadas as fontes potenciais de poluição, uma vez que as alterações verificadas na qualidade dos recursos hídricos serão tratadas no item sobre qualidade das águas.

As principais fontes foram classificadas quanto à sua forma de inserção no meio e quanto à sua origem, conforme apresentadas a seguir.

### 7.4.1 Fontes Pontuais ou Fixas

Correspondem às fontes que podem ser relacionadas a um ponto específico de descarga, na escala de trabalho adotada (1:250.000). Serão apresentadas a seguir as principais fontes de poluição pontuais obtidas, classificadas de acordo com a atividade geradora dos poluentes.

#### 7.4.1.1 Cargas poluidoras de origem doméstica

As cargas poluidoras de origem doméstica referem-se aos pontos de lançamento de esgotos, coletados em áreas urbanas pela Sabesp, Prefeituras ou Serviços Autônomos de Água e Esgoto. São considerados como fontes pontuais de poluição direta dos cursos d'água onde são lançados, podendo também afetar as águas subterrâneas e solos de forma indireta.

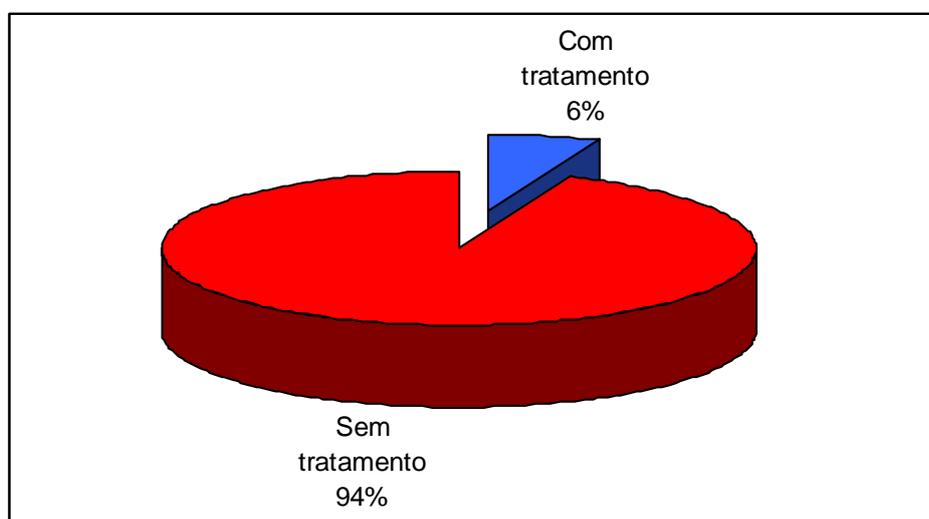
Os esgotos domésticos caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável por significativa depleção do oxigênio nos cursos de água, como resultado da estabilização pelas bactérias. Estes efluentes líquidos apresentam ainda nutrientes e organismos patogênicos, que podem causar efeitos deletérios no corpo receptor, dificultando, ou mesmo inviabilizando, o seu uso para um outro fim.

A quantificação dos poluentes biodegradáveis é apresentada em termos de carga orgânica, expressa em massa de Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_{5,20}$ ) por unidade de tempo. As cargas orgânicas potenciais por município foram calculadas de acordo com a população atendida pela rede coletora, adotando-se uma média teórica de 54 g  $DBO_5$ /habitante/dia. Em municípios que apresentam mais de um ponto de lançamento, a distribuição das cargas foi realizada proporcionalmente às vazões lançadas em cada ponto. Os dados de cada ponto de lançamento cadastrado são apresentados na Tabela 3 do ANEXO E.

Foram identificados 132 pontos de lançamentos de efluentes domésticos de uso público, resultando em carga orgânica potencial total de 60.008 kg  $DBO_5$ /dia. Deste total, dois pontos de lançamento do município de São Carlos localizam-se na UGRHI 9 (Mogi-Guaçu), resultando em 152,21 kg  $DBO_5$ /dia lançados fora da UGRHI-TJ.

Verifica-se que apenas 17 pontos de lançamento possuem tratamento prévio, correspondendo a 13% do total. Entretanto, em termos de cargas orgânicas potenciais, este valor reduz-se significativamente para apenas 6% do total coletado na UGRHI (FIGURA 7.38). Isto se deve a

contribuição dos maiores municípios como Bauru, Araraquara e São Carlos, que geram juntos cerca de 53% do total de cargas orgânicas potenciais da UGRHI e tratam apenas 0,3% da produção.



**FIGURA 7.38 - Relação entre as cargas orgânicas domésticas potenciais que passam ou não por algum tipo de tratamento.**

Uma vez que não foram obtidos dados e análises sistemáticas das cargas remanescentes nos sistemas de tratamento, serão adotados valores teóricos de eficiência, descritos na literatura especializada. Os valores foram avaliados de acordo com o tipo de tratamento existente, obtendo-se:

- lagoas de estabilização e lagoas em geral: 80%;
- lagoa facultativa: 80%;
- lagoa anaeróbia e facultativa (australiana): 85%;
- fossa-filtro: 70%;
- gradeamento primário: 5%.

A TABELA 7.37 apresenta a identificação dos pontos de lançamento e respectivas cargas potenciais e remanescentes calculadas por município.

**TABELA 7.37 - Pontos de lançamentos de cargas orgânicas domésticas por município.**

Município	Corpo receptor	Tratamento	Carga Orgânica (kgDBO5/dia)		
			Potencial	Remanescente	
1	Agudos	afluente do Córrego dos Agudos	208	208	
		afluente do Córrego dos Agudos	208	208	
		afluente do Córrego dos Agudos	208	208	
		afluente do Córrego dos Agudos	208	208	
		Córrego dos Agudos	208	208	
		Córrego dos Agudos	208	208	
		Córrego dos Agudos	208	208	
2	Araraquara	Ribeirão das Cruzes	3.396	3.396	
		Ribeirão do Ouro	5.094	5.094	
3	Arealva	Rio Tietê	Lagoas anaeróbia e facultativa	226	34
4	Areiópolis	Córrego das Areias	Lagoas anaeróbia e facultativa	441	66
5	Bariri	Córrego da Floresta	Nenhum	156	156
		Ribeirão do Sapé	Nenhum	156	156
		Ribeirão do Sapé	Nenhum	156	156

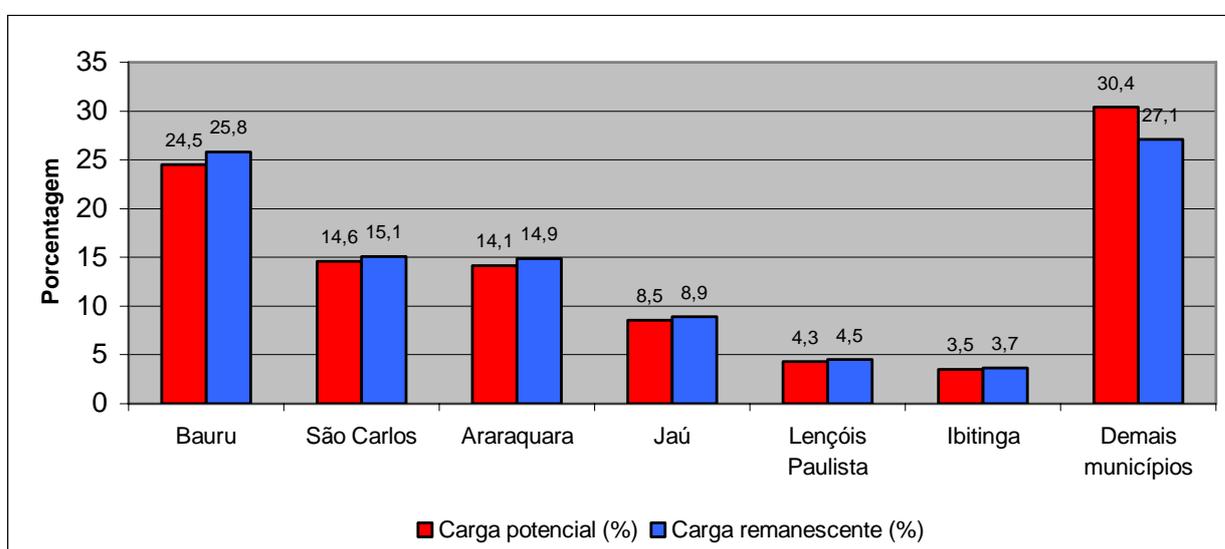
Município	Corpo receptor	Tratamento	Carga Orgânica (kgDBO5/dia)		
			Potencial	Remanescente	
5	Bariri	Ribeirão do Sapé	Nenhum	156	156
		Ribeirão do Sapé	Nenhum	156	156
		Córrego do Godinho	Nenhum	156	156
		Córrego do Godinho	Nenhum	156	156
		Córrego do Godinho	Nenhum	156	156
6	Barra Bonita	Rio Tietê	Nenhum	1.522	1.522
		Rio Tietê	Nenhum	38	38
		Córregos da Estiva	Nenhum	59	59
7	Bauru	Córrego da Vargem Limpa	Nenhum	1.052	1.052
		Córrego da Vargem Limpa	Nenhum	1.052	1.052
		Córrego da Vargem Limpa	Nenhum	1.052	1.052
		Rio Bauru	Nenhum	1.052	1.052
		Rio Bauru	Nenhum	1.052	1.052
		Rio Bauru	Nenhum	1.052	1.052
		Rio Bauru	Nenhum	1.052	1.052
		Rio Bauru	Nenhum	1.052	1.052
		Água Comprida	Nenhum	1.052	1.052
		Água Comprida	Nenhum	1.052	1.052
		Córrego da Grama	Nenhum	1.052	1.052
		Córrego da Grama	Nenhum	1.052	1.052
		Córrego da Grama	Nenhum	1.052	1.052
Córrego do Sobrado	Nenhum	1.052	1.052		
8	Boa Esperança do Sul	Rio Boa Esperança	Nenhum	153	153
		Rio Boa Esperança	Nenhum	105	105
		Rio Boa Esperança	Nenhum	104	104
		Rio Boa Esperança	Nenhum	104	104
		Rio Boa Esperança	Nenhum	102	102
9	Bocaina	Ribeirão da Bocaina	Lagoas anaeróbia e facultativa	350	52
		Ribeirão do Macuco	Fossa-filtro	43	13
10	Boracéia	Córrego da Boracéia	Lagoas anaeróbia e facultativa	143	21
11	Borebi	Córrego das Antas	Decantação	67	13
12	Brotas	Rio Jacaré-Pepira	Lagoa anaeróbia e facultativa	486	73
		Rio Jacaré-Pepira	Nenhum	198	198
13	Dois Córregos	Córrego Fundo	Nenhum	39	39
		Córrego do Lajeado	Nenhum	913	913
		afluente do Cór. da Areia Branca	Nenhum	30	30
14	Dourado	Ribeirão do Dourado	Nenhum	393	393
15	Gavião Peixoto	Córrego do Bebedouro	Lagoa	89	18
		Córrego do Horebe	Nenhum	89	89
16	Iacanga	Represa de Ibitinga	Nenhum	351	351
17	Ibaté	Córrego São João	Lagoa	351	70
		Córrego Santa Clara	Nenhum	818	818
18	Ibitinga	Córrego Água Quente	Nenhum	423	423
		Córrego Água Quente	Nenhum	423	423
		Córrego Água Quente	Nenhum	423	423
		Córrego Água Quente	Nenhum	423	423
		Córrego Água Quente	Nenhum	423	423
19	Igaraçu do Tietê	Rio Tietê	Nenhum	292	292
		Rio Tietê	Nenhum	292	292
		Rio Tietê	Nenhum	292	292
		Córrego do Monjolinho	Nenhum	292	292
20	Itaju	Ribeirão Boa Vista de Baixo	Nenhum	69	69
21	Itapuí	Rio Tietê	Nenhum	372	372
22	Itirapina	Córrego da Água Branca	Lagoas	349	70
23	Jaú	Rio Jaú	Nenhum	426	426
		Rio Jaú	Nenhum	426	426
		Rio Jaú	Nenhum	426	426
		Rio Jaú	Nenhum	426	426
		Córrego da Figueira	Nenhum	426	426

Município	Corpo receptor	Tratamento	Carga Orgânica (kgDBO5/dia)		
			Potencial	Remanescente	
23	Jaú	Córrego da Figueira	Nenhum	426	426
		Córrego dos Pires	Nenhum	426	426
		Córrego dos Pires	Nenhum	426	426
		Ribeirão Pouso Alegre	Nenhum	426	426
		Córrego da Independência	Nenhum	426	426
		Córrego da Ave Maria	Nenhum	426	426
		Córrego da Água Branca	Nenhum	426	426
24	Lençóis Paulista	Rio Lençóis	Nenhum	1.978	1.978
		Rio Lençóis	Nenhum	59	59
		Rio Lençóis	Nenhum	59	59
		Rio Lençóis	Nenhum	59	59
		Ribeirão da Prata	Nenhum	59	59
		Ribeirão da Prata	Nenhum	59	59
		Ribeirão da Prata	Nenhum	59	59
		Ribeirão da Prata	Nenhum	59	59
		Córrego do Corvo Branco	Nenhum	59	59
		Córrego do Corvo Branco	Nenhum	59	59
		Córrego do Corvo Branco	Nenhum	59	59
25	Macatuba	Córrego do Tanquinho	Lagoas anaeróbia e facultativa	729	146
26	Mineiros do Tietê	Córrego do Pascoal	Nenhum	139	139
		Córrego do Pascoal	Nenhum	139	139
		Córrego do Pascoal	Nenhum	139	139
		Córrego do Pascoal	Nenhum	139	139
27	Nova Europa	Rio Itaquê	Nenhum	300	300
28	Pederneiras	Ribeirão Pederneiras	Nenhum	23	23
		Ribeirão Pederneiras	Nenhum	1.493	1.493
		Ribeirão Pederneiras	Nenhum	23	23
		Água do Monjolo	Nenhum	23	23
		Ribeirão Anhumas	Fossa-filtro	23	7
		Córrego Barra Seca	Fossa-filtro	23	7
29	Ribeirão Bonito	Ribeirão Bonito	Nenhum	362	362
		Ribeirão Bonito	Nenhum	59	59
		Ribeirão Bonito	Nenhum	58	58
30	São Carlos	Rio Monjolinho	Nenhum	8.085	8.085
		Córrego da Água Quente	Nenhum	117	117
		Córrego da Água Quente	Nenhum	101	101
		Córrego da Água Quente	Nenhum	181	181
		Córrego da Água Quente	Nenhum	18	18
		Córrego da Água Quente	Nenhum	6	6
		Córrego da Água Quente	Nenhum	12	12
		Córrego da Água Quente	Nenhum	12	12
		Córrego da Água Quente	Nenhum	5	5
		Córrego da Água Quente	Nenhum	13	13
		Córrego da Água Quente	Nenhum	57	57
		Rio Quilombo (*)	Lagoa	109	22
		Ribeirão das Araras (*)	Lagoa	43	9
31	São Manuel	Ribeirão Paraíso	Nenhum	1.744	1.744
		Água da Rosa	Lagoa facultativa	14	3
32	Tabatinga	Ribeirão São João	Nenhum	58	58
		Ribeirão São João	Nenhum	58	58
		Ribeirão São João	Nenhum	58	58
		Ribeirão São João	Nenhum	185	185
		Ribeirão São João	Nenhum	58	58
		Ribeirão São João	Nenhum	58	58
33	Torrinha	Ribeirão dos Pinheirinhos	Nenhum	266	266
		Ribeirão dos Pinheirinhos	Nenhum	42	42
		Córrego do Talo	Nenhum	42	42
		Rio Boa Esperança	Nenhum	99	99
34	Trabiju	Rio Boa Esperança	Nenhum	99	99
<b>TOTAIS</b>		<b>132 pontos de lançamento</b>	<b>17 com tratamento</b>	<b>60.008</b>	<b>57.131</b>

(\*) Lançamentos localizados fora dos limites da UGRHI.

Verifica-se que o município de Bauru gera 24,5% da carga orgânica potencial de toda a UGRHI, seguido pelos municípios de São Carlos com 14,6%, Araraquara com 14,1%, Jaú com 8,5%, Lençóis Paulista com 4,3% e Ibitinga com 3,5%. Todos os demais 28 municípios geram menos que 3% cada, somando os 30,5% restantes.

Em relação à carga remanescente, os municípios de maior produção continuam sendo, praticamente, os mesmos: Bauru aumenta sua participação para 25,8%, seguida por São Carlos com 15,1%, Araraquara com 14,9%, Jaú com 8,9%, Lençóis Paulista com 4,5% e Ibitinga com 3,7%. Todos os demais 28 municípios juntos contribuem com 27,1% restantes, respondendo por menos que 3% cada. A FIGURA 7.39 apresenta a distribuição das cargas potenciais e remanescentes de acordo com os principais municípios geradores na UGRHI.



**FIGURA 7.39 - Distribuição das cargas orgânicas potenciais e remanescentes nos principais municípios da UGRHI.**

CETESB (1994) apresenta o levantamento de cargas orgânicas potenciais e remanescentes de origem não industrial, referente ao levantamento realizado naquele ano. Nesse inventário, foram listados 32 pontos de lançamento de esgotos domésticos na UGRHI, resultando em cargas orgânicas potenciais totais de 55.384 kg DBO5/d. Embora tenha sido adotado o mesmo valor teórico de carga orgânica por habitante (54 g DBO5/hab./dia), o valor referente a 1994 encontra-se acima do valor atualizado. A diferença está associada à utilização pela CETESB (1994) da população urbana total e não apenas a atendida pelas redes coletoras de esgotos. Além disso, não foram diferenciados os pontos de lançamentos situados dentro e fora da UGRHI. Desta forma, as comparações entre os valores deve ser visualizada apenas como indicativa das tendências gerais do período.

Verifica-se que, do total de pontos inventariados, 7 (21,9%) apresentavam algum tipo de tratamento, representando 5,6% em relação aos valores de cargas potenciais. As cargas

remanescentes totais da UGRHI-TJ foram calculadas em 52.523 kg DBO5/d, com eficiência dos tratamentos de apenas 5,2%. A TABELA 7.38 apresenta a comparação dos dados obtidos.

**TABELA 7.38 - Dados do inventário CETESB referentes a 1994 e dados cadastrados por IPT, em 1998.**

Parâmetros		CETESB - 1994	IPT - 1998	Diferenças
Pontos de lançamento	Total	32	132	+100
	Com tratamento	7	17	+10
	% com tratamento	21,9	13	-8,9
Cargas potenciais	Total (kg DBO5/d)	55.384	60.008	+4.624
	Com tratamento (kg DBO5/d)	3.115	3.600	+485
	% com tratamento	5,6	6	+0,4
Cargas remanescentes	Total (kg DBO5/d)	52.523	57.147	+4.624
Eficiência dos tratamentos (%)		5,2	4,8	-0,4

#### 7.4.1.2 Cargas poluidoras de origem industrial

As cargas poluidoras de origem industrial correspondem aos lançamentos de efluentes líquidos diretamente nos rios e córregos, com ou sem tratamento prévio. Assim como as cargas de origem doméstica, constituem fontes de poluição direta das águas superficiais onde são lançados, e indireta, de solos e águas subterrâneas. Entretanto, a grande diversidade de indústrias existentes no Estado de São Paulo faz com que haja uma variabilidade maior dos contaminantes lançados aos corpos d'água, incluindo-se metais pesados, compostos orgânicos tóxicos e muitos outros, que dependem das matérias-primas e dos processos industriais utilizados.

O inventário de indústrias foi fornecido pela CETESB em janeiro de 1999, na forma digital, com o registro de 88 indústrias situadas na UGRHI-TJ. O inventário apresenta o ramo de atividade das indústrias e as cargas poluidoras agrupadas em orgânicas e inorgânicas.

A este inventário foram incluídas 34 indústrias cadastradas do DAEE, das quais 6 já constavam do inventário CETESB, totalizando 116 registros. A descrição de cada ponto é apresentada no ANEXO E.

Deve-se destacar, entretanto, que o inventário fornecido pela CETESB não apresenta a localização do ponto de lançamento dos efluentes pelas indústrias. As localizações obtidas referem-se à área das instalações industriais. Já o cadastro do DAEE não registra os valores das cargas poluidoras. A TABELA 7.39 apresenta a distribuição do número de indústrias cadastradas por município.

As indústrias cadastradas na CETESB registram a produção total de 241.687,3 tDBO5/ano de cargas orgânicas potenciais, sendo reduzidas para 14.386,75 t/DBO5/ano de cargas orgânicas remanescentes, com eficiência do tratamento de 94%.

Em relação às cargas inorgânicas, o cadastro apresenta as análises de apenas quatro indústrias em toda a UGRHI-TJ, com total de cargas potenciais de 14,53 t/ano e remanescentes de 12,33 t/ano, resultando em eficiência no tratamento de apenas 15%.

**TABELA 7.39- Inventário de número de indústrias cadastradas por município.**

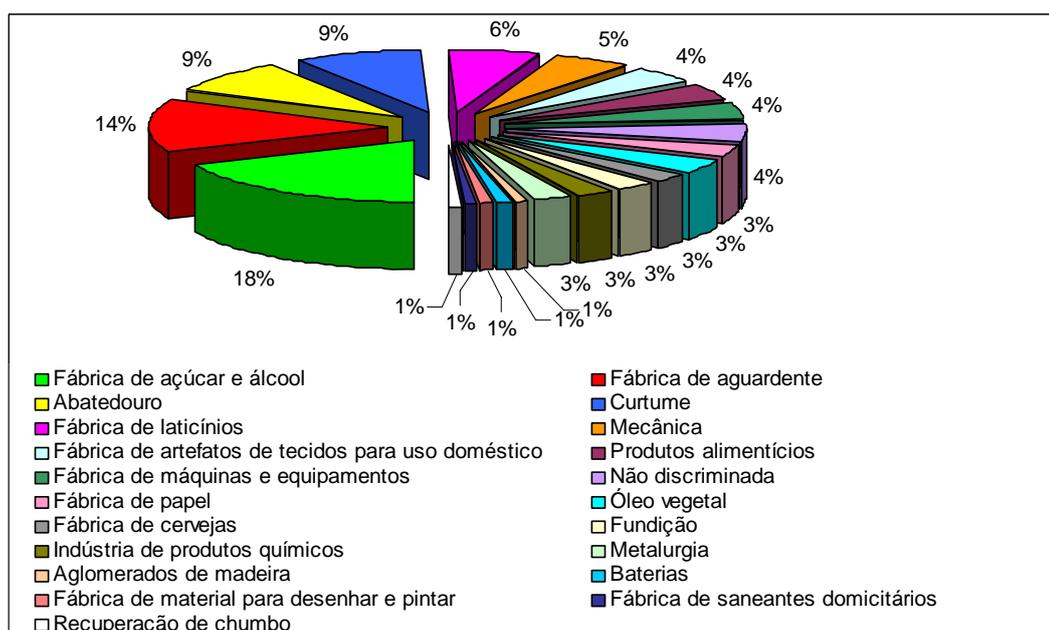
Município	Indústrias
Agudos	4
Araraquara	17
Bariri	2
Barra Bonita	2
Bauru	10
Bocaina	2
Brotas	2
Dois Córregos	2
Dourado	1
Ibaté	4
Ibitinga	2
Igaraçu do Tietê	1
Itapuí	2
Jaú	11
Lençóis Paulista	13
Macatuba	2
Mineiros do Tietê	1
Nova Europa	1
Pederneiras	3
Ribeirão Bonito	2
São Carlos	27
São Manuel	4
Tabatinga	1
<b>TOTAL</b>	<b>116</b>

As indústrias cadastradas diversificam-se em 21 ramos de atividades, havendo predomínio de indústrias de açúcar e álcool, aguardente, abatedouro e curtume. A TABELA 7.40 e a FIGURA 7.40 apresentam as distribuições obtidas por atividades industriais.

**TABELA 7.40 - Distribuição das indústrias por ramo de atividade.**

Atividade	Número	Porcentagem (%)
Abatedouro	10	9
Aglomerados de madeira	1	1
Baterias	1	1
Curtume	10	9
Fábrica de açúcar e álcool	21	18
Fábrica de aguardente	16	14
Fábrica de artefatos de tecidos para uso doméstico	5	4
Fábrica de cervejas	3	3
Produtos alimentícios	5	4
Fábrica de laticínios	7	6
Fábrica de máquinas e equipamentos	5	4
Fábrica de material para desenhar e pintar	1	1
Fábrica de papel	4	3
Fábrica de saneantes domiciliares	1	1

Atividade	Número	Porcentagem (%)
Fundição	3	3
Indústria de produtos químicos	3	3
Mecânica	6	5
Metalurgia	3	3
Óleo vegetal	4	3
Recuperação de chumbo	1	1
Serviço de lavanderia	1	1
Não discriminada	5	4
<b>TOTAL</b>	<b>116</b>	<b>100</b>



**FIGURA 7.40 - Distribuição das indústrias inventariadas por ramo de atividade.**

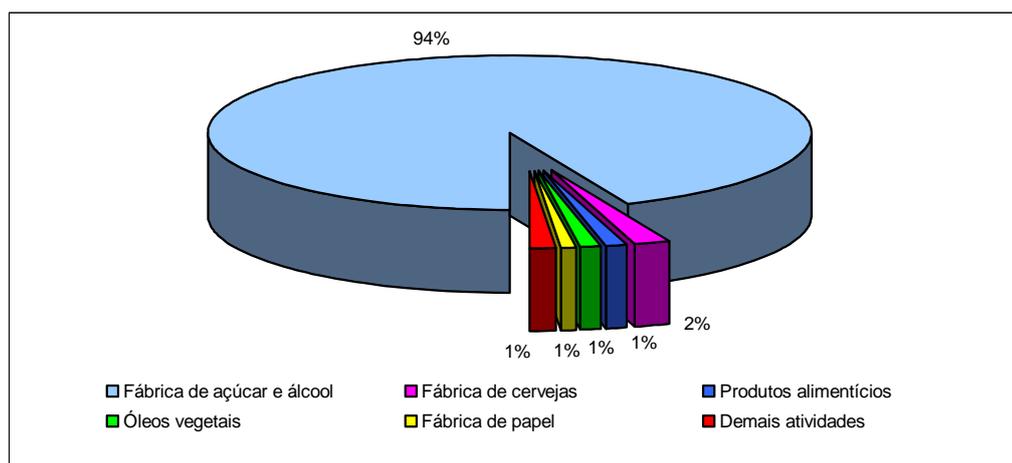
Em relação aos valores de cargas orgânicas e inorgânicas, potenciais ou remanescentes, agrupadas por ramo de atividade, apresenta-se, na TABELA 7.41, o resumo dos dados obtidos. Verifica-se que a grande maioria das cargas orgânicas potenciais são geradas pelas usinas de açúcar e álcool, correspondendo a 94% do total (FIGURA 7.41). Em relação às cargas orgânicas remanescentes as indústrias de açúcar e álcool mantêm-se como as maiores geradoras, correspondendo a 79% do total da UGRHI (FIGURA 7.42).

Em relação às cargas inorgânicas, as análises cadastradas apresentam as indústrias de curtimento de couro como as maiores geradoras tanto de cargas potenciais, correspondendo a 77% do total, quanto as cargas remanescentes, aumentando para 89% do total da UGRHI-TJ.

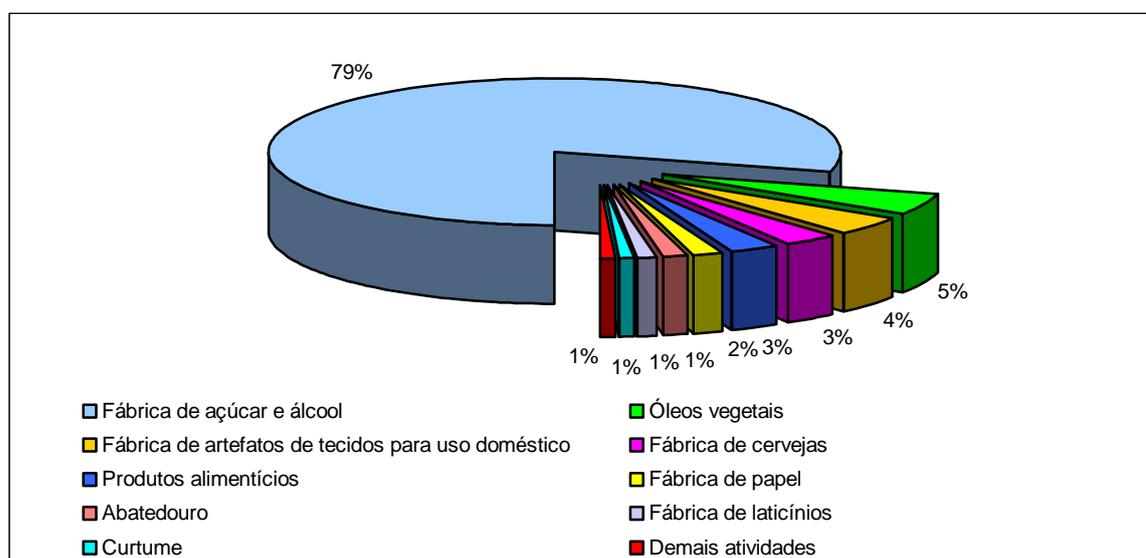
**TABELA 7.41 - Cargas orgânicas e inorgânicas (potenciais e remanescentes) por ramo de atividade.**

Atividade	Cargas Orgânicas (t DBO/ano)			Cargas Inorgânicas (t/ano)		
	Potencial	Remanesc.	Eficiência (%)	Potencial	Remanesc.	Eficiência (%)
Abatedouro	918,53	198,01	78,4	-	-	-
Aglomerados de madeira	488,15	5,65	98,8	-	-	-
Curtume	262,35	110,02	58,1	11,18	11,01	1,5
Fábrica de açúcar e álcool	226.534,67	11.414,94	95,0	-	-	-

Atividade	Cargas Orgânicas (t DBO/ano)			Cargas Inorgânicas (t/ano)		
	Potencial	Remanesc.	Eficiência (%)	Potencial	Remanesc.	Eficiência (%)
Fábrica de artefatos de tecidos	678,60	587,77	13,4	-	-	-
Fábrica de cervejas	4.586,20	429,70	90,6	-	-	-
Produtos alimentícios	2.735,06	422,92	84,5	-	-	-
Fábrica de laticínios	407,78	153,08	62,5	-	-	-
Fábrica de máquinas e equipamentos	48,31	48,31	0,0	2,73	1,09	60,1
Fábrica de material p/ desenhar e pintar	15,31	15,31	0,0	0,08	0,03	60,1
Fábrica de papel	2.206,57	239,15	89,2	-	-	-
Fábrica de saneantes domicitários	0,78	0,08	89,6	-	-	-
Fundição	0,09	0,09	0,0	0,38	0,15	60,0
Mecânica	113,90	16,88	85,2	0,08	0,01	84,3
Metalurgia	0,72	0,72	0,0	0,08	0,03	59,5
Óleos vegetais	2.522,47	703,52	72,1	-	-	-
Serviço de lavanderia	167,81	40,59	75,8	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>241.687,30</b>	<b>14.386,75</b>	<b>94,0</b>	<b>14,53</b>	<b>12,33</b>	<b>15,1</b>



**FIGURA 7.41 - Distribuição das cargas orgânicas potenciais por ramo de atividade industrial.**



**FIGURA 7.42 - Distribuição das cargas orgânicas remanescentes por ramo de atividade industrial.**

### 7.4.1.3 Disposição de resíduos sólidos domésticos

A disposição de resíduos sólidos pode ser considerada como uma fonte potencial importante de contaminação do solo, águas superficiais e subterrâneas. A contaminação das águas superficiais pode ocorrer de forma direta, através de lançamentos de resíduos em cabeceiras ou vales de drenagens, ou ainda pelo despejo de efluentes advindos da decomposição dos resíduos e percolação de águas pluviais (chorume). A contaminação das águas subterrâneas, por sua vez, ocorre de forma indireta, por meio da infiltração de chorume no subsolo.

Neste estudo, os locais de disposição de resíduos serão tratados como fontes potenciais de contaminação pontuais ou fixas, uma vez que, na escala de trabalho adotada (1:250.000), as áreas de disposição não apresentam distribuição espacial significativa.

As informações reunidas sobre os pontos de disposição de resíduos domésticos foram obtidas no Inventário Estadual de Resíduos Domiciliares, elaborado inicialmente pela CETESB, com dados de 1997 (DOE 1998), como parte integrante do Programa Estadual de Resíduos Sólidos, e atualizado com dados de 1998 (DOE, 1999).

O inventário consiste na avaliação e classificação da destinação final e usinas de compostagem de resíduos sólidos domiciliares. Todas as instalações de destinação de resíduos em operação no estado são inspecionadas, sendo aplicado um formulário padronizado, composto por 41 itens com informações sobre as principais características locais, estruturais e operacionais de cada instalação.

As informações obtidas recebem pontuações que, reunidas, compõem o IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos e o IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem. Os índices possuem intervalos de variação de 0 a 10, permitindo o enquadramento do sistema analisado em três condições, conforme a TABELA 7.42.

**TABELA 7.42 - Pontuação e enquadramento dos sistemas analisados.**

IQR/IQC	ENQUADRAMENTO
$0,0 \leq \text{IQR} \leq 6,0$	Condições Inadequadas
$6,1 \leq \text{IQR} \leq 8,0$	Condições Controladas
$8,1 \leq \text{IQR} \leq 10,0$	Condições Adequadas

Adicionalmente, apresenta as quantidades de lixo gerado por município, calculadas aplicando-se índices de produção per capita, obtidos pela CETESB em pesagens realizadas em diversos municípios do Estado. Quanto aos dados demográficos utilizados nas projeções, foram adotados os valores publicados pela Fundação IBGE, no Censo Demográfico de 1996, que é o último dado censitário oficial. A TABELA 7.43 resume os índices utilizados.

Os índices consideram apenas os resíduos de origem domiciliar, ou seja, aqueles gerados nas residências e no pequeno comércio; assim, não são computados os resíduos gerados em indústrias, na limpeza de vias públicas, podas, limpezas de córregos e outros que,

freqüentemente, são enviados para os aterros sob uma classificação única de *resíduos sólidos urbanos*.

**TABELA 7.43 - Valores de coeficiente per capita de produção de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana.**

POPULAÇÃO (mil hab.)	PRODUÇÃO DE LIXO (kg/hab. dia)
Até 100	0,4
100 a 200	0,5
200 a 500	0,6
> 500	0,7

No inventário de 1998 foi acrescentada uma nova planilha de avaliação, especial para aterros sanitários em valas. Tal procedimento decorreu da necessidade da verificação de aspectos específicos, que melhor possibilitassem a avaliação das condições sanitárias desse tipo de aterro. Os índices obtidos foram expressos na forma de IQR, uma vez que também correspondem a avaliações de aterros sanitários.

Outra informação apresentada no inventário de 1998 refere-se à assinatura de um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC, para todos os municípios que apresentaram irregularidades na destinação final em 1997. Os TAC são títulos executivos extrajudiciais, estabelecidos em comum acordo com as administrações municipais, definindo prazos e atividades a serem realizadas por cada município para a regularização ambiental das instalações de destinação de lixo em operação.

A localização das áreas de disposição, constantes no DESENHO 9, foi obtida diretamente nas Prefeituras Municipais, durante as atividades de campo do projeto. A síntese das informações sobre compostagem encontra-se na TABELA 7.44, enquanto que sobre a disposição de resíduos sólidos domésticos pode ser observada na TABELA 7.45.

**TABELA 7.44 - Síntese das informações sobre a compostagem dos resíduos sólidos domiciliares.**

Município	Lixo (t/dia)	IQC/1997	Avaliação/1997	IQC/1998	Avaliação/1997	Assinatura do TAC	Melhora no IQC
Araraquara	80,12	8,9	Adequadas	8,9	Adequadas	*	Igual
Arealva	1,76	3,2	Inadequadas	4,0	Inadequadas	SIM	SIM
Lençóis Paulista	48,54	4,7	Inadequadas	4,7	Inadequadas	SIM	Igual

\* SEM INFORMAÇÃO

Como a referência ao número de habitantes foram mantidos os dados do censo demográfico do IBGE (1996), as populações e as quantidades de resíduos geradas são as mesmas publicadas no Inventário de 1997 e de 1998. Entretanto, em vista dos novos valores de IQR e IQC obtidos em 1998, e a assinatura dos TAC, como resultado do Programa Estadual de Resíduos Sólidos, algumas comparações puderam ser realizadas refletindo a evolução da situação ambiental da UGRHI-TJ.

**TABELA 7.45 - Síntese das informações sobre a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares.**

Município	Quantidade (t/dia)	Inventário 1997			Inventário 1998		TAC Assinado	Melhora IQR
		Destinação	IQR	Avaliação	IQR	Avaliação		
Agudos	12,06	Lixão	2,8	Inadequadas	4,9	Inadequadas	*	SIM
Araraquara	80,12	Aterro	6,3	Controladas	9,3	Adequadas	*	SIM
Arealva	1,76	Lixão	3,9	Inadequadas	6,5	Controladas	SIM	SIM
Areiópolis	3,37	Lixão	4,5	Inadequadas	6,8	Controladas	SIM	SIM
Bariri	9,36	Lixão	6,9	Controladas	7,1	Controladas	SIM	SIM
Barra Bonita	12,64	Lixão	3,1	Inadequadas	3,8	Inadequadas	SIM	SIM
Bauru	172,52	Aterro Sanitário	8,7	Adequadas	8,7	Adequadas	SIM	NÃO
Boa Esperança do Sul	4,21	Aterro em valas	4,5	Inadequadas	7,1	Controladas	SIM	SIM
Bocaina	3,06	Lixão	4,4	Inadequadas	4,7	Inadequadas	SIM	SIM
Boracéia	1,1	Lixão	4,2	Inadequadas	4,7	Inadequadas	*	SIM
Borebi	0,51	Lixão	4,7	Inadequadas	6,6	Controladas	SIM	SIM
Brotas	5,61	Aterro em valas	4,4	Inadequadas	7,3	Controladas	SIM	SIM
Dois Córregos	7,68	Lixão	4,2	Inadequadas	7,3	Controladas	SIM	SIM
Dourado	2,98	Lixão	2,4	Inadequadas	7,1	Controladas	SIM	SIM
Gavião Peixoto	1,71	Lixão	1,8	Inadequadas	3,5	Inadequadas	*	SIM
Iacanga	2,69	Aterro em valas	5,1	Inadequadas	7,3	Controladas	SIM	SIM
Ibaté	8,69	Lixão	1,8	Inadequadas	3,3	Inadequada	SIM	SIM
Ibitinga	15,68	Aterro sanitário	6,7	Controladas	9,1	Adequadas	*	SIM
Igaraçu do Tietê	8,76	Lixão	3,1	Inadequadas	3,8	Inadequadas	*	SIM
Itaju	0,51	Lixão	6,9	Controladas	8,7	Adequadas	SIM	SIM
Itapuí	3,45	Lixão	3,8	Inadequadas	4,2	Inadequadas	*	SIM
Itirapina	3,81	Lixão	2	Inadequadas	6,2	Controladas	SIM	SIM
Jaú	48,54	Lixão	4,2	Inadequadas	4,7	Inadequadas	SIM	SIM
Lençóis Paulista	19,06	Lixão	4,6	Inadequadas	6,5	Controladas	SIM	SIM
Macatuba	5,53	Lixão	6,8	Controladas	8,5	Adequadas	SIM	SIM
Mineiros do Tietê	4,16	Lixão	5,3	Inadequadas	6,7	Controladas	*	SIM
Nova Europa	2,23	Aterro	5,6	Inadequadas	7,7	Controladas	SIM	SIM
Pederneiras	12,15	Lixão	3,6	Inadequadas	8,9	Adequadas	SIM	SIM
Ribeirão Bonito	3,63	Lixão	4,2	Inadequadas	5,2	Inadequadas	SIM	SIM
São Carlos	82,05	Aterro	8,7	Adequadas	9,1	Adequadas	*	SIM
São Manuel	13,58	Lixão	4,4	Inadequadas	5	Inadequadas	SIM	SIM
Tabatinga	3,59	Aterro em valas	3,5	Inadequadas	8	Adequadas	*	SIM
Torrinha	2,59	Lixão	2,9	Inadequadas	4,5	Inadequadas	*	SIM
Trabiju	0,54	Lixão	4,3	Inadequadas	5,5	Inadequadas	SIM	SIM

(\*) Sem informação.

Em 1997, no que se refere ao número de municípios, 80% destinavam seus resíduos em condições inadequadas, 14% em condições controladas e 6% em condições adequadas, enquadrando-se neste último grupo apenas Bauru e São Carlos. Já em 1998, 40% continuavam depositando resíduos em instalações inadequadas, 40% em condições controladas e 20% em condições adequadas (Araraquara, Bauru, Ibitinga, Itaju, Macatuba, São Carlos e Tabatinga) . A FIGURA 7.43 apresenta a distribuição dos municípios por ano de avaliação.

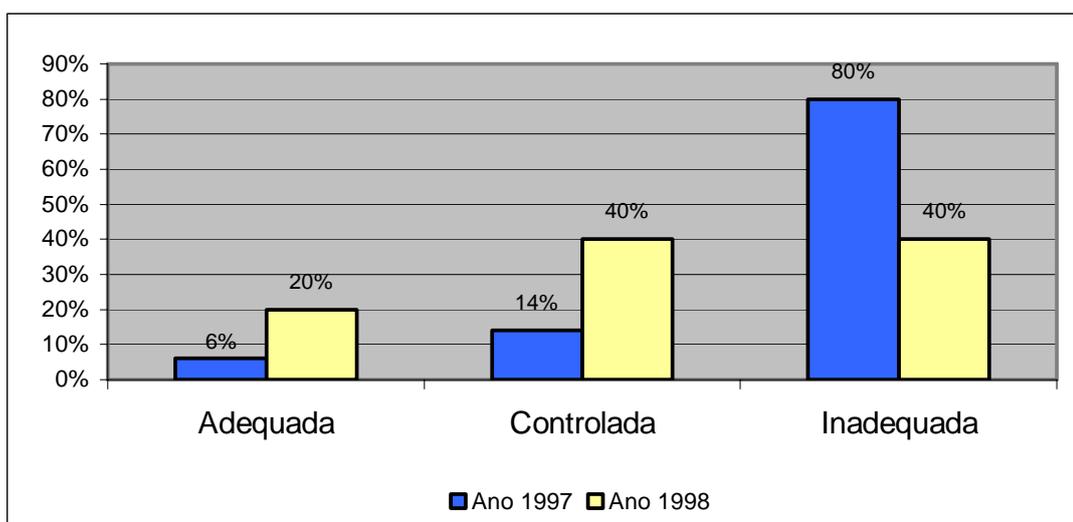
No que se refere às quantidades geradas em 1997, 35% dos resíduos gerados na UGRHI-TJ eram destinados à instalações consideradas inadequadas, 20% consideradas em situação controlada e 45% em situação adequada. A diferença de distribuição em relação ao número de

municípios deve-se à grande quantidade de resíduos dos municípios de Bauru e São Carlos, que dispunham seus resíduos em condições adequadas. Em 1998, 22% continuavam em condições inadequadas, 12% em condições controladas e 66% em condições adequadas (FIGURA 7.44).

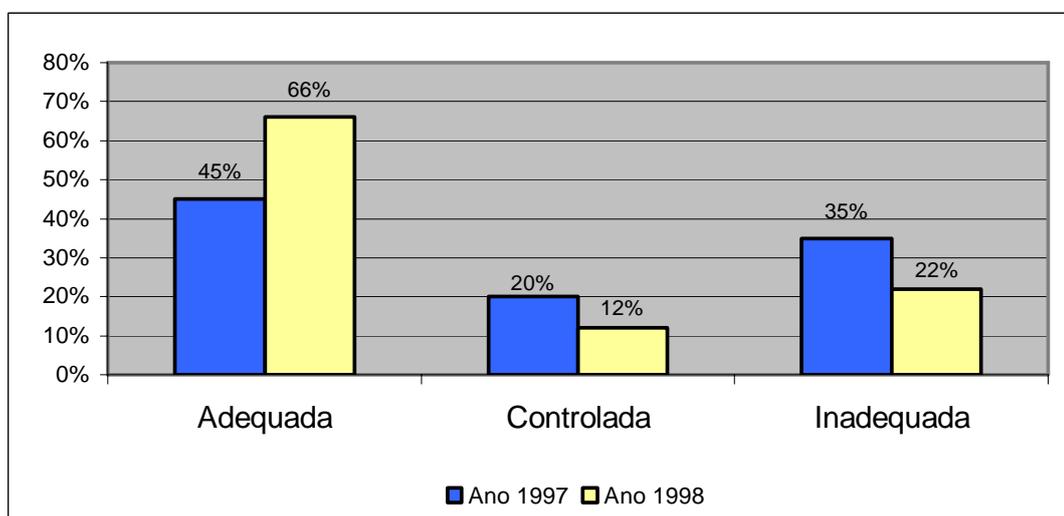
O IQR médio evoluiu de 4,6 em 1997, para 6,5 em 1998, refletindo uma melhora geral de toda a UGRHI, com 33 municípios que melhoraram o IQR e apenas 1 (Bauru) que manteve a mesma avaliação.

Quanto ao TAC, verifica-se que 23 municípios assumiram compromisso com este programa. A TABELA 7.46 apresenta a evolução observada em relação aos municípios que assinaram ou não o TAC.

Em relação às usinas de compostagem, apenas três municípios em toda a UGRHI utilizam esta forma de tratamento de parte de seus resíduos. Em 1997, Araraquara apresentava condições adequadas, enquanto que Arealva e Lençóis Paulista encontravam-se em condições inadequadas. Em 1998, essa situação manteve-se inalterada.



**FIGURA 7.43 - Evolução da avaliação em relação ao número de municípios.**



**FIGURA 7.44 - Evolução da avaliação em relação às quantidades de resíduos geradas.**

**TABELA 7.46 - Evolução do IQR no período de dez/1997 a dez/1998, em relação à assinatura do TAC.**

SITUAÇÃO	MELHOR		MANTIDA		PIOR	
	Nº Mun.	%	Nº Mun.	%	Nº Mun.	%
MUNICÍPIOS QUE ASSINARAM TAC	22	4,7	1	2,9	0	0
MUNICÍPIOS QUE NÃO ASSINARAM TAC	11	2,4	0	0	0	0
TOTAL GERAL DOS MUNICÍPIOS	33	7,1	1	2,9	0	0

#### 7.4.1.4 Disposição de resíduos sólidos industriais

São considerados resíduos sólidos industriais os resíduos em estado sólido e semi-sólido que resultam da atividade industrial, incluindo-se os lodos provenientes das instalações de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água ou exijam, para isto, soluções economicamente inviáveis, em face da melhor tecnologia disponível.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas editou um conjunto de normas para padronizar, a nível nacional, a classificação dos resíduos:

A norma NBR 10004 – “Resíduos Sólidos – Classificação” classifica os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados.

A classificação proposta baseia-se, fundamentalmente, nas características dos resíduos, em listagem de resíduos reconhecidamente perigosos e em listagens de padrões de concentração de poluentes, a saber:

- Listagem 1: Resíduos perigosos de fontes não específicas;
- Listagem 2: Resíduos perigosos de fontes específicas;
- Listagem 3: Constituintes perigosos – base para relação dos resíduos e produtos das listagens 1 e 2;
- Listagem 4: Substâncias que conferem periculosidade aos resíduos;
- Listagem 5: Substâncias agudamente tóxicas;
- Listagem 6: Substâncias tóxicas;
- Listagem 7: Concentração – limite máximo no extrato obtido no teste de lixiviação;
- Listagem 8: Padrões para o teste de solubilização;
- Listagem 9: Concentrações máximas de poluentes na massa bruta de resíduos, utilizados pelo Ministério do Meio Ambiente da França para classificação de Resíduos;
- Listagem 10: Concentração mínima de solventes para caracterizar o resíduo como perigoso.

Segundo a norma NBR 10004 os resíduos são agrupados em três classes:

- Classe I – perigosos: resíduos ou mistura de resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública, provocando ou contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;
- Classe II – Não Inertes: resíduos sólidos ou mistura de resíduos sólidos que não se enquadram na Classe I – perigosos ou na Classe III – inertes;
- Classe III – Inertes: resíduos ou mistura de resíduos sólidos que, submetidos ao teste de solubilização (NBR 10006 “Solubilização de Resíduos – Procedimento”), não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados, em concentrações superiores aos padrões definidos na Listagem 8 – Padrões de solubilização.

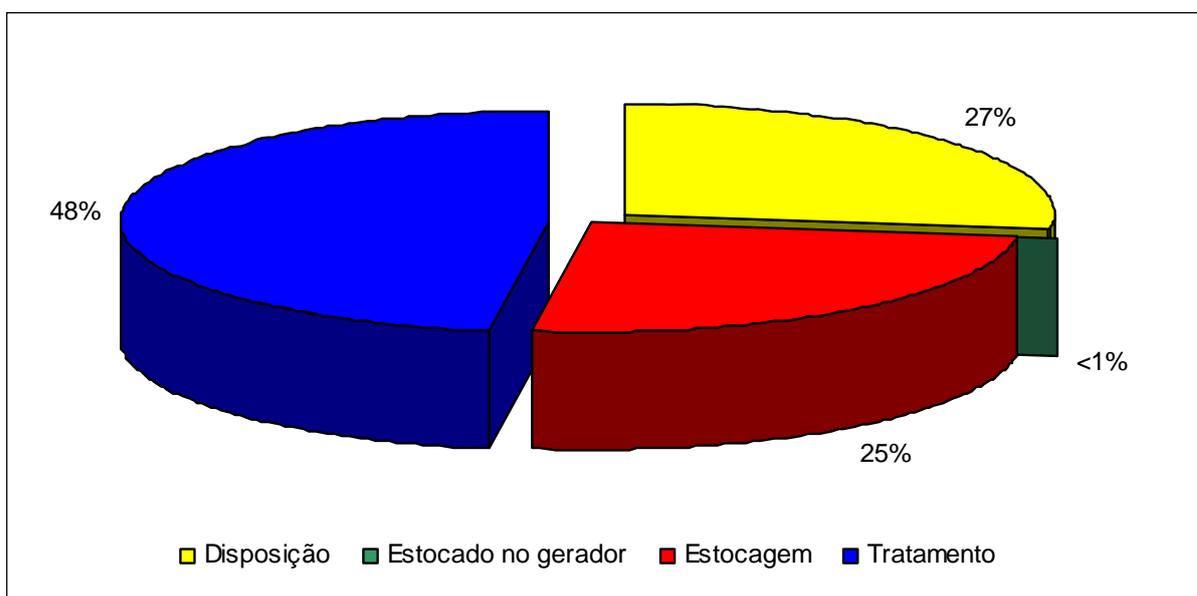
As informações referentes aos resíduos sólidos da UGRHI foram obtidas através do cadastro de indústrias fornecidas pela CETESB, na forma digital.

A partir dessas informações, foi possível fazer a consolidação dos dados de fontes, locais de tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Foram inventariados 121 tipos de resíduos, produzidos por 18 indústrias localizadas nos municípios da UGRHI-13. A produção total aproximada é de 1.355.823,4 t/ano de resíduos sólidos industriais, sendo destinados da seguinte forma: 47,9% tratamento, 27,1% disposição, 25% estocagem e <0,1% estocado no gerador. A TABELA 7.47 e FIGURA 7.45 apresentam a distribuição dos tipos e quantidades de resíduos gerados, de acordo com a forma de destinação final.

**TABELA 7.47 - Destinação final dos resíduos sólidos industriais (t/ano).**

<b>Tipo</b>	<b>Destino</b>	<b>Classe</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Disposição</b>	Alimentação de animais	2	30.182,6
	Alimentação de animais	3	2,0
	Aterro municipal	2	2.284,2
	Infiltração no solo	2	8.640,0
	Lançamentos em esgotos	1	42,0
	Lançamentos em esgotos	2	2.926,1
	Lixão municipal	2	9,3
	Lixão municipal	3	0,8
	Lixão particular	2	29,0
	Outros	3	323.131,3
	<b>Total da disposição</b>		<b>367.247,3</b>
<b>Estocado no gerador</b>	A granel	2	50,0
	Caçambas	1	104,3
	Em tambores	1	8,0
	<b>Total de estocado no gerador</b>		<b>162,3</b>

Tipo	Destino	Classe	Quantidade
Estocagem	A granel	1	0,4
	A granel	2	332.226,7
	Caçambas	1	32,9
	Em tambores	1	62,1
	Outros	6	6.626,7
	Tanques	2	684,9
	<b>Total de estocagem</b>		<b>339.633,7</b>
Tratamento	Caldeira	1	3,5
	Caldeira	2	38.014,2
	Fertirrigação	2	573.741,0
	Fornos industriais	1	5.695,0
	Fornos industriais	3	0,3
	Incinerador	1	100,0
	Intermediários	2	100,0
	Intermediários	3	0,4
	Reprocesso de reciclagem externa	1	13.939,5
	Reprocesso de reciclagem externa	2	17.196,2
<b>Total de tratamento</b>			<b>648.790,1</b>
<b>Total da UGRHI 13</b>			<b>1.355.823,4</b>



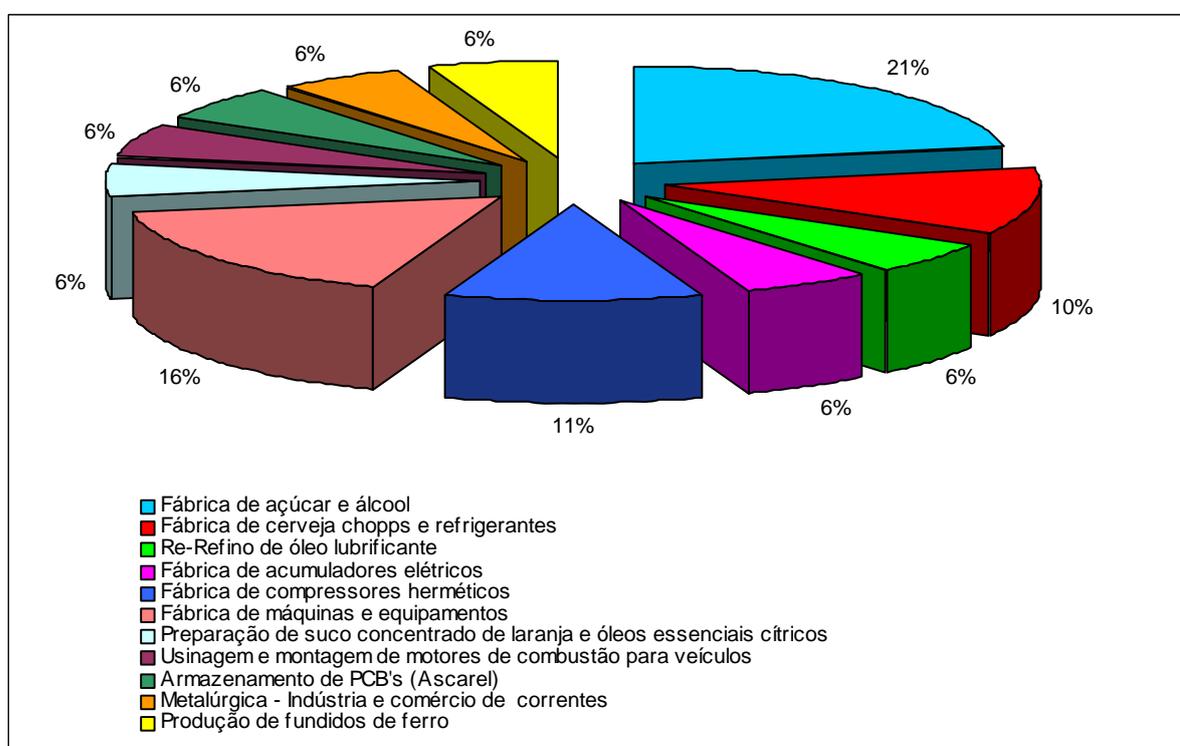
**FIGURA 7.45: Tipos de disposição dos resíduos sólidos industriais.**

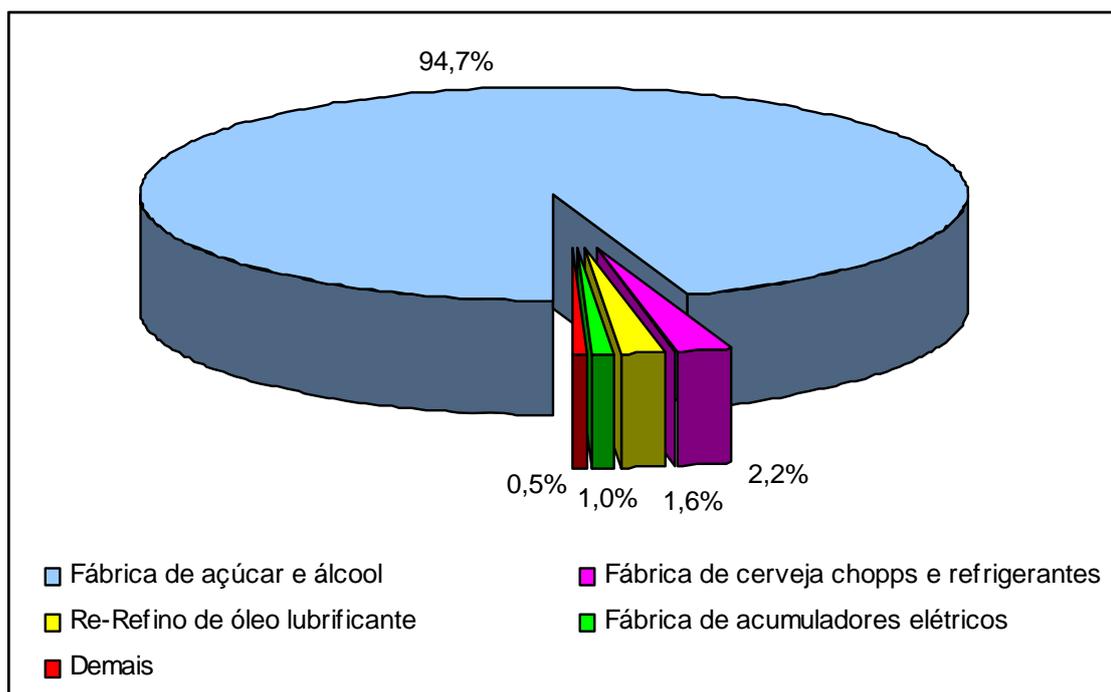
Em relação às atividades industriais cadastradas, verificam-se onze atividades geradoras de resíduos (TABELA 7.48). A distribuição do número de indústrias por ramo de atividade não apresenta concentrações em determinado tipo de indústria (FIGURA 7.46). Entretanto, analisando-se a quantidade de resíduos gerados, apenas as fábricas de açúcar e álcool representam 94,7% do total gerado na UGRHI-TJ (FIGURA 7.47).

**TABELA 7.48 - Relação de atividades geradoras de resíduos sólidos industriais.**

Atividade	Número	Quantidade de resíduos sólidos (t/ano)
Armazenamento de PCB (Ascarel)	1	124,4
Fábrica de açúcar e álcool	4	1.283.844,7
Fábrica de acumuladores elétricos	3	13.714,7
Fábrica de cerveja, chopp e refrigerantes	2	29.336,5
Fábrica de compressores herméticos	2	5.090,0
Fábrica de máquinas e equipamentos	3	736,7
Metalúrgica - Indústria e comércio de correntes	1	6,6
Preparação de suco concentrado de laranja e óleos essenciais cítricos	1	406,0
Produção de fundidos de ferro	1	5,8
Re-Refino de óleo lubrificante	1	22.264,0
Usinagem e montagem de motores de combustão para veículos	1	294,0
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>1.355.823,4</b>

Em relação à localização das indústrias geradoras de resíduos, verifica-se que seis situam-se no município de São Carlos, cinco em Araraquara, duas em Bauru, Ibaté e São Manuel, e uma em Lençóis Paulista.

**FIGURA 7.46 - Distribuição do número de indústrias por ramo de atividade.**



**FIGURA 7.47 - Distribuição das quantidades de resíduos gerados por ramo de atividades.**

#### 7.4.1.5 Outras fontes

As atividades mineradoras podem apresentar sérios riscos de contaminação dos recursos hídricos, a depender de diversos fatores. Por tratar-se de tema de maior abrangência em relação aos impactos potenciais ao meio físico, e não só aos recursos hídricos, este tópico será apresentado especificamente no item 10.4 deste Relatório.

Outra fonte importante de poluição são os aterros e lixões de resíduos sólidos domésticos ou industriais desativados, uma vez que impõem, ao meio ambiente, os mesmos riscos dos locais em atividade, com o agravante de, na maioria dos casos, encontrarem-se em situação de completo abandono ou, até mesmo, com formas de ocupação inadequadas. Entretanto, não foram obtidos dados adicionais para análise. Não se dispõem também de levantamentos sistemáticos em relação a outras fontes potenciais fixas, tais como cemitérios, locais de estocagem de combustíveis, etc.

#### 7.4.2 Fontes Difusas

As fontes difusas de poluição caracterizam-se por apresentar ampla área de contribuição, provindo de atividades que depositam poluentes de forma esparsa, podendo chegar aos corpos d'água apenas de forma intermitente, associado aos períodos de chuvas.

Constituem tema de extrema dificuldade para a caracterização, pois associam-se a grandes áreas, exigindo numerosos pontos de monitoramento, e a poluentes com baixas concentrações, que necessitam, muitas vezes, de cuidadosos métodos de amostragem e técnicas

analíticas sofisticadas e caras. Serão tratados neste relatório as duas principais fontes de poluição difusas, sendo uma relativa às áreas urbanas e a outra relativa às áreas rurais.

#### 7.4.2.1 Saneamento *in situ*

Os núcleos urbanos, sem atendimento por rede de esgoto, podem constituir-se em importante fonte de poluição dispersa, vinculada às alternativas para o saneamento *in situ*, tais como os lançamentos diretos em drenagens ou solo, fossas negras, fossas secas e até mesmo sépticas.

No levantamento da situação atual de saneamento nos municípios realizada na Sabesp e Prefeituras Municipais, registrou-se o índice de não atendimento pela rede coletora de esgotos de apenas 3,2 % da população urbana de toda a UGRHI, correspondendo a um total aproximado de 36.736 habitantes. Adotando-se a média de geração de cargas orgânicas potenciais de 54 g DBO5/hab/dia, obtêm-se um total de 1.983 kg DBO5/dia gerados nas áreas urbanas da UGRHI. O resultado obtido representa apenas cerca de 3,3% do total de cargas orgânicas potenciais geradas na UGRHI (60.008 kg DBO5/dia).

Em estudo realizado no âmbito do projeto de avaliação de riscos de contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo, IG/CETESB/DAEE (1997) determinaram a carga poluidora originada por saneamento *in situ* nos municípios, considerando-se a quantidade de  $\text{N-NO}_3^-$  gerada por habitante durante um ano. O estudo adotou o valor de produção média de 4 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ano/habitante, sendo utilizados os dados do SEADE, de população atendida pela rede de esgotos, referente ao ano de 1987. A classificação das cargas foi obtida de acordo com a quantidade total de nitratos gerada por ano, seguindo-se os seguintes limites:

- carga reduzida: valores inferiores a 20.000 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ano;
- carga moderada: valores entre 20.000 e 50.000 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ano;
- carga elevada: valores superiores a 50.000 kg  $\text{N-NO}_3^-$ /ano.

De acordo com esta classificação, os autores avaliaram 31 municípios da UGRHI-TJ, resultando em apenas dois municípios com cargas elevadas (Araraquara e Bauru), dois com cargas moderadas e os 27 restantes com cargas reduzidas.

Tendo em vista a atualização dos dados referentes à população não atendida pelas redes de esgotos, os valores foram recalculados e classificados adotando-se os mesmos critérios utilizados. Os resultados obtidos por município são apresentados no ANEXO E. Verifica-se que o município de Araraquara passa à condição de gerador de cargas reduzidas, Bauru passa a classificação de gerador de cargas moderadas, enquanto que todos os demais municípios mantêm-se como geradores de cargas reduzidas. Destaca-se que apenas o município de Bauru contribui com, aproximadamente, 37% de toda carga proveniente de sistemas de saneamento *in situ* da UGRHI.

#### 7.4.2.2 Atividades agrícolas

As áreas agrícolas podem apresentar-se como fontes difusas de contaminação, a depender das práticas agrícolas utilizadas. Os principais fatores que interferem na qualidade dos recursos hídricos estão relacionados à preparação do terreno, aplicação de fertilizantes, utilização de defensivos agrícolas e irrigação. A contaminação pode ocorrer por meio de águas de deflúvios superficiais, de infiltração ou pelo material removido por erosão dos solos.

IG/CETESB/DAEE (1997) realizou levantamento para avaliação dos riscos de contaminação das águas subterrâneas no Estado de São Paulo por atividades agrícolas. O levantamento, realizado com base em dados existentes, identificou os principais compostos poluentes associados às áreas com desenvolvimento de atividades agrícolas em cada município. Foram analisados os nitratos, provenientes da aplicação de fertilizantes em culturas de cana-de-açúcar, *citrus* e anuais, além de pesticidas, herbicidas e fungicidas, associados às culturas de algodão, soja, feijão, hortaliças, *citrus*, anuais e cana-de-açúcar.

Os resultados, entretanto, não foram apresentados por município, tendo sido destacadas as principais áreas avaliadas como geradoras de cargas potenciais de contaminação. Na UGRHI-TJ, foram destacados a região leste de Bauru, com emprego de herbicidas em culturas de soja e anuais, e o município de Araraquara, com a utilização de fungicidas e adubos nitrogenados em culturas de *citrus*.

Outra fonte importante de contaminação dos recursos hídricos, devido a práticas agrícolas, é a aplicação de vinhaça de cana-de-açúcar em áreas de sacrifício, ou para fertirrigação das próprias culturas de cana.

HASSUDA (1989) realizou estudo dos impactos nas águas subterrâneas pela aplicação de vinhaça em áreas de sacrifício, sobre sedimentos do Grupo Bauru, no município de Novo Horizonte. O estudo avaliou as atenuações sofridas pelo efluente na zona não saturada e as principais alterações na qualidade das águas do aquífero. Como resultado, foi verificada a modificação nas características físico químicas das águas subterrâneas, com alterações no pH e a elevação nas concentrações de cloreto, ferro, manganês, alumínio e amônio. A maior parte das cargas orgânicas foi atenuada na zona não saturada, concluindo-se que o poluente remanescente de maior preocupação é o amônio, podendo tornar as águas inadequadas para o consumo humano.

Os impactos de fertirrigação nos solos e águas subterrâneas foram estudados por GLOEDEN (1994), em área de ocorrência da Formação Botucatu, no município de Serrana. Os resultados obtidos indicam alterações das concentrações de cloreto, carbono orgânico, amônio e nitrogênio orgânico, nas águas subterrâneas rasas (profundidade entre 2,9 e 4,5 m), logo após a aplicação da vinhaça, porém com reduções bastante significativas ao longo do tempo, até atingir os valores naturais ao final de dois meses. Os estudos concluíram, também,

que os riscos de contaminação do aquífero são remotos, mesmo em solos com baixa capacidade de troca catiônica.

## **7.5 Qualidade das Águas**

### **7.5.1 Águas superficiais**

#### **7.5.1.1 Atual classificação dos corpos d'água**

Para subsidiar o controle da qualidade das águas de superfície no território nacional foi editada a Portaria MINTER nº GM 0013, em 15/01/76, que regulamentou a classificação dos corpos d'água superficiais, de acordo com padrões de qualidade e de emissão para efluentes líquidos.

Na esfera do Estado de São Paulo, a classificação das águas interiores é dada pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08 de setembro de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Nele consta a classificação das águas interiores situadas no território do Estado, segundo os usos preponderantes, e os padrões de emissão de efluentes líquidos de qualquer natureza.

O enquadramento dos corpos d'água do Estado de São Paulo foi estabelecido pelo Decreto nº 10.755 de 22/11/77.

Em 1986, a Portaria GM 0013 foi substituída pela Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, a qual estabelece nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do Território Nacional. São definidas nove classes, segundo os usos preponderantes a que se destinam. As águas doces são distribuídas em cinco classes, com a seguinte redação:

“Art. 1º - São classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional:

#### **ÁGUAS DOCES**

##### **I - Classe Especial - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

##### **II - Classe 1 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

**III - Classe 2 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

**IV - Classe 3 - águas destinadas:**

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

**V - Classe 4 - águas destinadas:**

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.

O fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que apresenta mas, sim, aquela que se busca alcançar ou manter ao longo do tempo.

Os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 são mais restritivos que os fixados pelo Decreto Estadual 8468. Há a necessidade de adequação da legislação estadual à legislação federal, requerendo uma reavaliação do enquadramento dos corpos d'água do Estado frente à classificação estabelecida pela Resolução CONAMA 20/86.

Embora guardando diferenças, as classes consideradas das duas legislações foram correlacionadas pela CETESB (1997), conforme o QUADRO 7.24.

**QUADRO 7.24 - Correlação entre as classes dos corpos d'água (CETESB 1997).**

Decreto 8468/76	CONAMA 20/86
1	Especial (*) e 1
2	2
3	3
4	4

(\*) São considerados os limites estabelecidos para a classe 1, já que a classe especial do CONAMA 20/86 só estabelece a condição de ausência de coliformes fecais.

O Decreto Estadual nº 10.755 enquadrando os corpos d'água nas classes previstas no Decreto nº 8.468/76, com os seguintes enquadramentos na área da UGRHI Tietê/Jacaré:

**“DECRETO Nº 10.755 - DE 22 DE NOVEMBRO DE 1977**

Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. No DESENHO 6 os

corpos de água da UGRHI Tietê-Jacaré são diferenciados, por meio de código de cores, segundo sua classe constante no Decreto Estadual nº 10.755.

**1. Corpos de Água Pertencentes à Classe 1**

**2. Corpos de Água Pertencentes à Classe 2**

Pertencem à Classe 2 todos os corpos de água, exceto os alhures desta bacia aqui classificados.

**3. Corpos de Água Pertencentes à Classe 3**

Pertencem à Classe 3 os seguintes corpos de água, excluídos os respectivos afluentes e fornecedores, salvo quando expressamente indicados nas alíneas abaixo.

- a) Ribeirão Grande, desde a confluência com o Rio Campo Novo até a confluência com o Rio Bauru, no Município de Bauru;
- b) Ribeirão Paraíso, desde a confluência com o Córrego Santo Antônio até a confluência com o Rio Lençóis, no Município de São Manuel;
- c) Rio Bauru, desde a confluência com o Ribeirão Grande até a confluência com o Rio Tietê, no Município de Pederneras;
- d) Rio Chibarro, até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, no Município de Araraquara;
- e) Rio Jaú, desde a confluência com o Ribeirão Pouso Alegre até o Rio Tietê, no Município de Jaú;
- f) Rio Jacaré-Guaçu, desde a confluência com o Rio Monjolinho até sua foz na Represa de Ibitinga, na divisa dos Municípios de Itaju e Ibitinga;
- g) Jacaré-Pepira, desde a confluência com o Ribeirão do Dourado até sua foz na Represa de Ibitinga, no Município de Ibitinga;
- h) Rio Lençóis, a jusante da captação de água de abastecimento para Lençóis Paulista até a confluência com o Rio Tietê, na divisa dos Municípios de Igarapu do Tietê e Barra Bonita.

**4. Corpos de Água Pertencentes à Classe 4**

Pertencem à Classe 4 os seguintes corpos de água, excluídos os respectivos afluentes e formadores, salvo quando expressamente indicados nas alíneas abaixo.

- a) Córrego do Gregório, até a confluência com o Rio Monjolinho, no Município de São Carlos;
- b) Córrego São Joaquim, desde a confluência com o Córrego da Água Quente até a confluência com a Represa de Ibitinga, no Município de Ibitinga;
- c) Ribeirão dos Agudos, até a confluência com o Ribeirão Grande, no Município de Agudos;

- d) Ribeirão Bonito, a jusante da captação de água de abastecimento do Município de Ribeirão Bonito até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, no Município de Ribeirão Bonito;
- e) Ribeirão das Cruzes, a jusante da captação de água de abastecimento do Município de Araraquara até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, no Município de Araraquara;
- f) Ribeirão do Dourado, até a confluência com o Rio Jacaré-Pepira, no Município de Dourado;
- i) Ribeirão Grande, desde a confluência com o Ribeirão dos Agudos até a confluência com o Rio Campo Novo, no Município de Agudos;
- j) Ribeirão do Ouro, até a confluência com o Rio Chibarro, no Município de Araraquara;
- k) Ribeirão Pederneiras, desde a confluência com o Córrego Paciência até a confluência com o Rio Tietê, no Município de Pederneiras;
- l) Ribeirão São João, desde a confluência com o Córrego do Monjolo até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, no Município de Ibitinga;
- m) Rio Bauru, até a confluência com o Ribeirão Grande, no Município de Pederneiras;
- n) Rio Boa Esperança, desde a confluência com o Córrego da Limeira até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, no Município de Boa Esperança do Sul;
- o) Rio Itaquerê, desde a confluência com o Córrego Nova Europa até a confluência com o Rio Jacaré-Guaçu, na divisa dos Municípios de Tabatinga e Nova Europa;
- p) Rio Jaú, desde a confluência com o Córrego do Pires até a confluência com o Ribeirão Pouso Alegre, no Município de Jaú;
- g) Rio Monjolinho, desde a confluência com o Córrego do Gregório até a confluência com o Ribeirão Jacaré-Guaçu, no Município de São Carlos.

#### **7.5.1.2 Rede de monitoramento da Qualidade das Águas**

A Lei Estadual nº 118, promulgada em 29/06/73, que autorizou a constituição da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, em seu Artigo 2º, Inciso VI, dá-lhe a atribuição de manter sistema de informação e divulgar dados de interesse da engenharia sanitária e da poluição das águas, de forma a ensejar o aperfeiçoamento de métodos e processos para estudos e projetos, execução, operação e manutenção de sistemas.

Com este intuito deu-se início, em fins de 1974, à operação da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, com a seleção de 47 pontos de amostragens. Desde então, em busca de melhor representatividade e em atendimento às necessidades inerentes aos programas de controle da poluição das águas desenvolvidos pela CETESB, várias modificações foram introduzidas, tendo-se alterado o número de pontos de amostragem, as frequências das coletas e os parâmetros analisados.

A UGRHI Tietê/Jacaré apresenta sete pontos de amostragem descritos no QUADRO 7.25.

**QUADRO 7.25 - Descrição dos pontos de amostragem.**

PONTO DE AMOSTRAGEM	CORPO DE ÁGUA	LOCALIZAÇÃO
TIET02500	Rio Tietê	Ponte na rodovia SP-255 que liga São Manuel a Jaú, a jusante da barragem do reservatório de Barra Bonita, no limite dos municípios de Barra Bonita e Igarçu do Tietê
TIET02550	Rio Tietê	Margem esquerda, a jusante do canal de fuga da casa de força da Usina Hidrelétrica de Bariri, na divisa dos municípios de Bariri e Boracéia.
JCGU03900	Rio Jaguaré-Guaçu	Ponte na rodovia SP-304, no trecho que liga Ibitinga a Itaju
JPEP03500	Rio Jaguaré-Pepira	Ponte na rodovia SP-255, no trecho que liga Jaú a Boa Esperança do Sul, na divisa dos municípios de Bocaina e Boa Esperança do Sul

**7.5.1.3 Índice de qualidade das águas – IQA**

Atualmente, a Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores Superficiais no Estado de São Paulo, mantida pela CETESB, analisa, com frequência bimestral, 33 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade nos 4 pontos de amostragens presentes na UGRHI Tietê-Jacaré, sendo estes apresentados no QUADRO 7.26.

**QUADRO 7.26 - Parâmetros analisados no monitoramento da qualidade das águas.**

Temperatura da água	Turbidez
Temperatura do ar	Condutividade Específica
PH	Coloração da Água
Oxigênio Dissolvido (OD)	Surfactantes
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Fenol
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Cloreto
Coliformes Totais	Ferro Total
Coliformes Fecais	Manganês
Nitrogênio Total	Bário
Nitrogênio Nitrato	Cádmio
Nitrogênio Nitrito	Chumbo
Nitrogênio Amoniacal	Cobre
Nitrogênio Kjeldahl Total	Cromo Total
Fósforo Total	Níquel
Ortofósforo Solúvel	Mercúrio
Resíduo Total	Zinco
Resíduo Não Filtrável	

Quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios ou em reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outros parâmetros podem vir a ser analisados, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia

contribuinte, atuais ou pretendidos, quanto pela ocorrência de alguma irregularidade ou eventualidade na área em questão.

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, para especialistas ou não, a CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela “National Sanitation Foundation” dos Estados Unidos, adaptou-se e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião feita junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram os parâmetros a serem medidos, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “rating”. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água, inicialmente propostos, foram selecionados 9. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

O IQA é determinado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: Temperatura da Amostra, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20° C), Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Resíduo Total e Turbidez. A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{W_i} \dots\dots\dots (1)$$

Onde:

IQA – Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$  – qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

$w_i$  – peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \dots\dots\dots (2)$$

Onde:

n – número de parâmetros que entram no cálculo.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação apresentada no QUADRO 7.27.

**QUADRO 7.27 - Parâmetros analisados no monitoramento da qualidade das águas.**

<b>IQA</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA</b>
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Aceitável
20 – 36	Ruim
0 - 19	Péssima

#### **7.5.1.3.1 IQA 20%**

No Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, o IQA 20% é definido em função da média aritmética anual do IQA. Desta forma, um IQA 50% representaria que em 50% do ano a qualidade se manteve igual ou superior a esse valor médio. De maneira a se obter um valor mais restritivo para estimar as características populacionais do IQA ao longo do ano, definiu-se o IQA 20%, que representa o limite inferior da qualidade de um corpo d'água, em que durante 80% do tempo a qualidade de suas águas se mantém igual ou superior àquela indicada pelo valor do IQA 20%.

#### **7.5.1.3.2 Significado sanitário dos parâmetros de qualidade de água selecionados**

Segundo CETESB (1996) o significado sanitário dos parâmetros de qualidade de água selecionados podem ser expressos como a seguir:

##### **A - Parâmetros utilizados para cálculo do IQA:**

**Temperatura:** Variações de temperatura são partes do regime climatológico normal, e corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termelétricas.

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30 °C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

**Potencial Hidrogeniônico (pH):** Este, por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, deve ser considerado, pois os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem

acarretar o desaparecimento dos seres presentes na mesma. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do seu sistema de distribuição ocorrendo, com isso, uma possível extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, além de dificultar a descontaminação das águas.

**Oxigênio Dissolvido (OD):** Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Através de medição do teor de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática.

**Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação de 20 °C. É freqüentemente usada e referida como DBO<sub>5,20</sub>.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por dejetos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa eliminação do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido num teste padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico ou inibidor de materiais sobre a atividade microbiana.

**Coliformes:** As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Enwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5 °C e são capazes de fermentar o açúcar.

O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente.

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela

transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

**Nitrogênio Total – (amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio orgânico):** É constituinte essencial da proteína em todos os organismos vivos e está presente em muitos depósitos minerais na forma de Nitrato. O Nitrogênio na matéria orgânica sofre trocas do complexo protéico de aminoácidos para amônia, nitrito e nitrato.

A concentração total de Nitrogênio é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do corpo d'água. Em grandes quantidades o Nitrogênio contribui como causa da metemoglobinemia infantil ("blue baby").

**Fosfato Total:** Altas concentrações de fosfatos na água estão associadas com a eutrofização da mesma, provocando o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas desagradáveis em reservatórios ou águas paradas.

**Resíduo Total:** Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas.

**Turbidez:** Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e reacional de uma água.

#### **B – Parâmetros Tóxicos:**

**Metais:** Ocorrem naturalmente, em condições hídricas, em concentrações baixas, sendo que o aumento das mesmas é provocado, principalmente, por despejos de origem industrial e uso de fertilizantes e praguicidas.

**Bário:** Em geral, ocorre nas águas naturais em concentrações muito baixas, de 0,7 a 900 µg/L. É normalmente utilizado nos processos de produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e praguicidas. A ingestão de bário em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sangüínea, por vasoconstricção, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos e nervos, sendo que até hoje não foi comprovado seu efeito cumulativo.

**Chumbo:** Dissolvido em águas superficiais naturais os seus teores geralmente encontram-se em quantidades baixas. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes, além da sua utilização como aditivo anti-impacto na gasolina. O chumbo e seus compostos também são utilizados em eletrodeposição, metalurgia, materiais de construção, plásticos, tintas, etc.

O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. Uma intoxicação crônica por este metal pode levar a uma doença denominada saturnismo, que ocorre, na maioria das vezes, em

trabalhadores expostos ocupacionalmente. Outros sintomas de exposição contínua ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros.

Quando o efeito ocorre no sistema periférico o sintoma é a deficiência dos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias.

**Cobre:** As concentrações de cobre em águas superficiais são, normalmente, bem menores que 20 µg/L. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, e precipitação atmosférica de fontes industriais. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refinação. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais, e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão. Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara.

A presença de cobre no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde, pode interferir com os usos domésticos.

**Cromo:** As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 µg/L. É comumente utilizado em aplicações industriais e domésticas, como na produção de alumínio anodizado, aço inoxidável, tintas, pigmentos, explosivos e papel fotografia. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças. Na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

**Níquel:** Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 mg/L, embora concentrações de mais de 11,0 mg/L possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é queima de combustíveis fósseis.

Como contribuintes principais temos também os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, temos: fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios.

**Mercúrio:** As concentrações de mercúrio em águas doces não contaminadas estão normalmente em torno de 0,05 µg/L.

Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de

estações de tratamento de esgotos, fabricação de certos produtos odontológicos e farmacêuticos, indústrias de tintas, etc.

O peixe é um dos maiores contribuintes para a carga de mercúrio no corpo humano, sendo que o mercúrio mostra-se mais tóxico na forma de compostos organo-metálicos. A intoxicação aguda pelo mercúrio, no homem, é caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte. Esta intoxicação poderá ser fatal em 10 dias. A intoxicação crônica afeta glândulas salivares, rins e altera as funções psicológicas e psicomotoras.

**Zinco:** Em águas superficiais normalmente as concentrações estão na faixa de < 0,001 a 0,10 mg/L. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais destacam-se a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço e efluentes domésticos. A água com alta concentração de zinco tem uma aparência leitosa e produz sabor metálico ou adstringente quando aquecida. O zinco, por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas.

**Fenóis:** São compostos orgânicos que geralmente não ocorrem naturalmente nos corpos d'água. A presença dos mesmos, nos corpos d'água, se deve principalmente aos despejos de origem industrial. São compostos tóxicos aos organismos aquáticos, em concentrações bastante baixas, e afetam o sabor dos peixes e a aceitabilidade das águas, por conferir sabor e odor extremamente pronunciados, especialmente os derivados do cloro.

Para o homem o fenol é considerado um grande veneno trófico, causando efeitos de cauterização no local em que ele entra em contato através da ingestão. Os resultados de intoxicação são náuseas, vômito, dores na cavidade bucal, na garganta e estômago, entre outros. Inicialmente, há uma excitação seguida de depressão, e queda na pressão arterial, seguida de desenvolvimento de coma, convulsão e epidemia nos pulmões.

#### **C - Demais Parâmetros:**

**Ferro Total:** O ferro, em quantidade adequada, é essencial ao sistema bioquímico das águas podendo, em grandes quantidades, tornar-se nocivo, dando sabor e cor desagradáveis e dureza às águas, tornando-as inadequadas ao uso doméstico e industrial. O ferro aparece, normalmente, associado com manganês.

**Manganês:** Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros.

Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público devido ao seu efeito no sabor, tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição.

**Cloreto:** Um aumento no teor de cloretos na água é indicador de uma possível poluição por esgotos (através de excreção de cloreto pela urina) ou por despejos industriais, e acelera os processos de corrosão em tubulações de aço e de alumínio, além de alterar o sabor da água.

**Demanda Química de Oxigênio:** É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico.

Os valores da DQO normalmente são maiores que os da DBO, sendo o teste realizado num prazo menor (e em primeiro lugar), servindo os resultados de orientação para o teste da DBO. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água deve-se principalmente a despejos de origem industrial.

**Surfactantes:** O principal inconveniente dos detergentes na água relaciona-se aos fatores estéticos, devido à formação de espumas em ambientes aeróbios.

**Nitrogênio Nitrato:** É a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de Nitrogênio Nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, sendo que organismos aquáticos, como algas, florescem na presença destes.

**Nitrogênio Nitrito:** É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença de oxigênio, ocorrendo uma forma intermediária. O íon nitrito pode ser utilizado pelas plantas como fonte de nitrogênio. A presença de nitritos em água indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

**Nitrogênio Amoniacal (amônia):** É uma substância tóxica não persistente e não cumulativa e sua concentração, que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar sufocamento de peixes.

**Nitrogênio Kjeldahl Total:** O Nitrogênio Kjeldahl é a soma dos nitrogênios orgânico e amoniacal. Ambas as formas estão presentes em detritos de nitrogênio orgânico oriundos de atividades biológicas naturais. O Nitrogênio Kjeldahl Total pode contribuir para a completa abundância na água e sua eutrofização. Os nitrogênios amoniacal e orgânico são importantes para avaliar o nitrogênio disponível para as atividades biológicas.

**Ortofosfato Solúvel:** Os ortofosfatos são biodisponíveis, uma vez que são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água. Entretanto, eles não estão disponíveis para absorção biológica até que sejam hidrolizados para ortofosfatos por bactérias.

**Condutividade:** A condutância específica (condutividade) é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A condutividade da água depende de suas concentrações iônicas e da temperatura.

A condutância específica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade específica da água aumenta.

Altos valores podem indicar características corrosivas da água.

**Coloração:** É pouco freqüente a relação entre a cor acentuada e risco sanitário nas águas coradas. O problema maior de coloração na água, em geral, é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores.

#### 7.5.1.3.3 Avaliação das tendências do IQA

Um importante aspecto na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é entender seu comportamento no tempo, ou sua tendência. Entre outras implicações, a caracterização desta tendência possibilitará que medidas preventivas sejam tomadas, no caso desta tendência indicar uma piora na qualidade das águas.

A avaliação das tendências do IQA nos pontos da Rede de Monitoramento vinha sendo feita, a partir das médias anuais desse índice, abrangendo um período de dez anos, através da técnica de Análise de Regressão Linear.

Atualmente, a avaliação é feita por um período mais curto, de cinco anos, dando-se ênfase, dessa forma, às variações mais recentes da série de dados. Dentro desse objetivo, os dados mensais do IQA foram inicialmente analisados através do cálculo da média móvel dos 24 meses anteriores, procedimento este que possibilitou minimizar os efeitos das variações de curto período, dando prioridade ao comportamento mais geral da série.

A validação estatística das tendências foi feita pela aplicação da metodologia de análise de séries temporais de *Box & Jenkins*, através do ajuste de modelos auto-regressivos, que faz uso do teste *t* de *Student* para verificar a significância das tendências. No presente caso, foi adotado um nível de significância de 10%.

Quando o teste resulta significativo, admite-se que existe uma tendência definida na evolução do índice, que poderá ser positiva (o que indicará uma tendência de melhora da qualidade da água) ou negativa (o que indicará uma tendência de piora da qualidade da água). No caso em que o teste resulte não significativo, a tendência é considerada indefinida, mostrando que ocorre uma condição estável ou de pequena variação da qualidade da água.

Através dos procedimentos acima descritos, o resultado do teste das tendências do IQA possibilitou descrever a evolução da qualidade das águas acompanhada pela Rede de

monitoramento em diferentes corpos da UGRHI do Tietê/Jacaré, ou seja, se a tendência é de piora, melhora ou estável nesse período.

São apresentados, para a UGRHI do Tietê/Jacaré, os gráficos com os resultados do IQA nos pontos da Rede no período de 1996, e a correspondente média móvel calculada para o período de 24 meses antecedentes.

Os valores do IQA obtidos ao longo de um ano são utilizados para o cálculo do IQA 20%, que representa o limite inferior da qualidade de um corpo d'água, ou seja, durante 80% do tempo a qualidade das suas águas manteve-se igual ou superior àquela indicada pelo valor do IQA 20%.

No DESENHO 9, por meio de um código de cores, os valores do IQA 20% são apresentados em um mapa de níveis atuais e tendências da qualidade das águas para a UGRHI do Tietê/Jacaré - 1997. As tendências (Melhora, Piora e Indefinida), representadas pelos círculos, que também localizam os pontos de amostragem, foram avaliadas estatisticamente a partir dos dados dos IQA médios dos últimos 5 anos, revelando-se indefinida para todos os pontos.

Na interpretação do IQA devem ser levados em consideração dois fatores importantes:

- a qualidade das águas muda ao longo do ano; em função de fatores meteorológicos e da eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e das vazões. Por esse motivo, o nível de qualidade mostrado corresponde à qualidade realmente observada no rio durante, pelo menos, 80% do tempo em 1997. No resto do tempo, esse trecho do rio pode ter apresentado níveis mais baixos de qualidade que o indicado;

- o ponto do rio onde ocorrem mudanças de qualidade tem sido estimado por interpolação, a partir dos dados da rede de monitoramento complementados com os conhecimentos de campo e outras observações adicionais. Assim, existe um nível de incerteza quanto à real posição de alguns desses limites que correspondem à mudança da taxa de qualidade do rio.

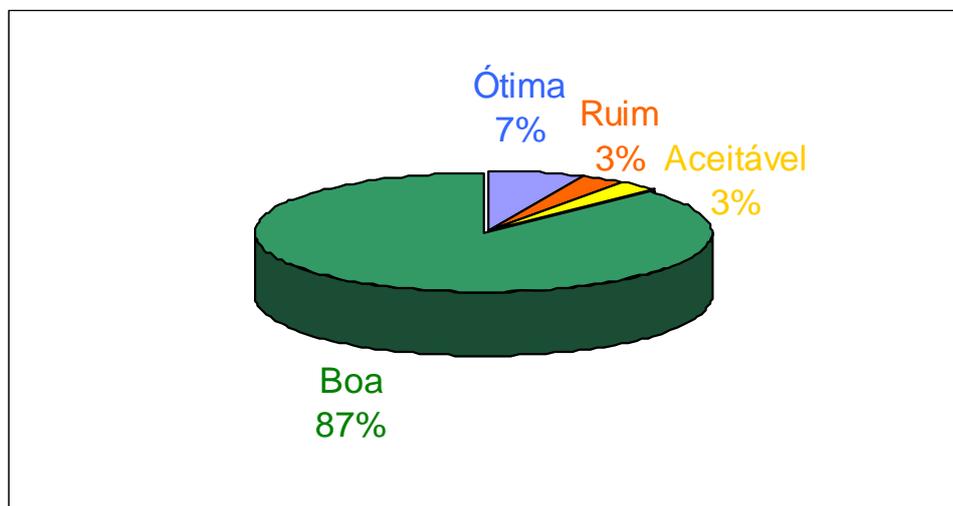
Os valores de IQA de 1997 são apresentados no QUADRO 7.28.

**QUADRO 7.28 - Índice de Qualidade das Águas - IQA – 1997.**

Ponto de amostragem	Corpo de água	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	IQA 20%	Tendência 1993 - 1997
JCGU 03 900	R. Jacaré-Guaçu	Qualidade Aceitável		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		●	Indefinida
JPEP 03 500	R. Jacaré-Pepira	Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		●	Indefinida
TIET 02 500	R. Tietê	Qualidade Boa		Qualidade Boa	Qualidade Boa	Qualidade Boa	Qualidade Boa	Qualidade Ótima	Qualidade Boa	●	Indefinida				
TIET 02 550	R. Tietê	Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		Qualidade Boa		●	Indefinida

Legenda: ■ Qualidade Ótima ■ Qualidade Aceitável ■ Qualidade Péssima  
■ Qualidade Boa ■ Qualidade Ruim

Na FIGURA 7.48, contendo o gráfico da distribuição do IQA na UGRHI-TJ, é possível constatar que há uma predominância da classe Boa sobre as demais, não ocorrendo a classe de qualidade péssima.



**FIGURA 7.48 - Síntese dos resultados de IQA para UGRHI Tietê-Jacaré (CETESB,1997).**

#### 7.5.1.3.4 Teste de toxicidade

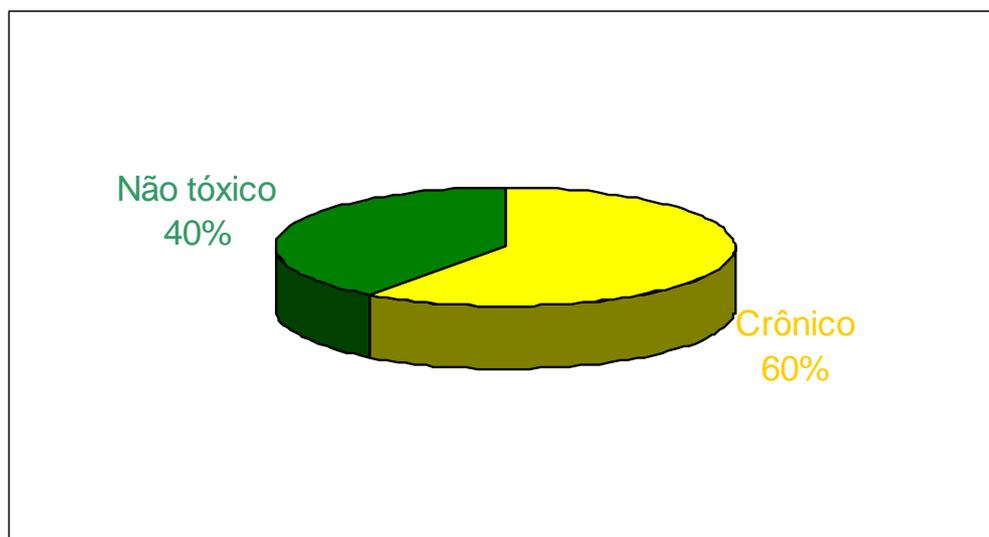
O teste de toxicidade consiste na determinação do potencial tóxico de um agente químico ou de uma mistura complexa sendo mensurados, os efeitos desses poluentes, através da resposta de organismos vivos.

Para a descrição de efeitos deletérios de amostras sobre os organismos aquáticos, utilizam-se os termos “efeito Agudo” e efeito Crônico”.

O efeito Agudo caracteriza-se por uma resposta severa e rápida a um estímulo, a qual se manifesta nos organismos aquáticos, em geral num intervalo de 0 a 96 horas. Usualmente, o efeito observado é a letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, tal como o estado de imobilidade em alguns crustáceos.

O efeito Crônico traduz-se pela resposta a um estímulo que continua por longo tempo, normalmente por períodos que vão de 1/10 do ciclo vital até a totalidade da vida do organismo. Esse efeito geralmente é observado quando concentrações de agentes tóxicos afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, como a reprodução, o crescimento, o comportamento, etc.

A detecção de efeitos agudos ou crônicos através de testes de toxicidade evidencia que os corpos d’água testados não apresentam condições adequadas para a manutenção da vida aquática. Na FIGURA 7.49, tem-se uma síntese dos resultados de toxicidade para a UGRHI do Tietê-Jacaré.



**FIGURA 7.49 - Síntese dos resultados dos testes de toxicidade para UGRHI do Tietê-Jacaré (CETESB,1997).**

#### **7.5.1.4 Avaliação da condição do corpo d'água com relação ao enquadramento na Resolução CONAMA 20/86**

Na TABELA 7.49, são apresentadas as não conformidades dos padrões analisados nos corpos d'água da UGRHI do Tietê-Jacaré.

A não conformidade da qualidade, observada na maior parte dos rios da UGRHI do Tietê-Jacaré com aquela que corresponde à sua classificação, é um fato a ser observado. As ações corretivas necessárias à recuperação da qualidade destes cursos de água requerem a eliminação, nos níveis necessários, das cargas poluidoras de origem urbana.

### **7.5.2 Águas Subterrâneas**

#### **7.5.2.1 Qualidade natural das águas subterrâneas**

Os principais trabalhos que abordam a hidrogeoquímica dos aquíferos do Estado de São Paulo, em âmbito regional, foram realizados por DAEE (1976), REBOUÇAS (1976), DAEE (1984) e CAMPOS (1993). A seguir, serão apresentadas resumidamente as características de cada aquífero presente na UGRHI, bem como os estudos específicos existentes.

##### **7.5.2.1.1 Aquífero Bauru**

As águas do Aquífero Bauru na região de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba foram classificadas por DAEE (1976) em dois grupos hidrogeoquímicos principais: bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas ou sódicas, localizadas nas porções superiores do aquífero, e bicarbonatadas sódicas, secundariamente cálcicas, refletindo a contribuição de águas enriquecidas em sódio dos aquíferos mais profundos.



Estudos posteriores, abrangendo o Aquífero Bauru em todo o Estado de São Paulo (ROCHA *et al.*, 1982; DAEE, 1984; CAMPOS, 1987; CAMPOS 1993) classificam as águas em bicarbonatadas cálcicas e bicarbonatadas cálcico-magnesianas, com baixa concentração salina.

REBOUÇAS (1976) relata valores de pH entre 4,3 e 7,5 e mineralização total inferior a 200 mg/L. De acordo com CAMPOS (1987), as águas bicarbonatadas cálcicas são dominantes em área, com tendência de modificação química no sentido nordeste-sudeste, acompanhando a grosso modo a resultante dos fluxos das águas subterrâneas para a confluência dos rios Paraná e Paranapanema. CAMPOS (1993) caracterizou os sistemas aquíferos Bauru e Caiuá apresentando pH de ácido a básico (4,59 a 9,64) e teores salinos inferiores a 200 mg/L.

#### **7.5.2.1.2 Aquífero Serra Geral**

DAEE (1976) classifica as águas do Aquífero Serra Geral na região de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba em bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas ou sódicas, e bicarbonatadas sódicas, estas últimas refletindo misturas com águas do Aquífero Botucatu. A temperatura varia de 22° a 31,4°C, o pH de 4,8 a 9,7 e o resíduo seco de 35 a 807 mg/L, com valores anômalos acima de 200 mg/L alinhados segundo três eixos principais: Iacanga-Ibirá-Icém-Paulo de Faria, Icém-Riolândia-Água Vermelha e Araçatuba-Santa Fé do Sul. Estes alinhamentos estariam associados a falhas ou fraturas preenchidas por mineralizações hidrotermais ou por misturas com águas dos aquíferos subjacentes.

REBOUÇAS (1976) relata a forte tendência alcalina e mineralização total inferior a 300 mg/L, com altos teores de sílica e ferro.

CAMPOS (1993) caracteriza o Sistema Aquífero Serra Geral com temperaturas que variam de 18,2° a 27,5°C, pH de 5,38 a 9,89 e teores salinos inferiores a 250 mg/L para 96% das amostras analisadas. As águas são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e secundariamente bicarbonatadas cálcico-magnesianas e bicarbonatadas sódicas.

Vários autores estudaram a presença de teores anômalos de flúor nas águas dos aquíferos Serra Geral e Botucatu. PERRONI *et al.* (1985) identificaram teores elevados de flúor associados às maiores concentrações de sódio e sulfato, em todo o domínio de ocorrência do Aquífero. A origem do flúor estaria relacionada a manifestações hidrotermais de eventos magmáticos alcalinos, com condicionante estrutural.

IPT (1986), em estudo sobre os teores anômalos nos aquíferos Serra Geral e Botucatu, indica a origem do flúor associada à circulação de fluidos durante as diversas fases de magmatismo, enriquecidas em flúor contido nos sedimentos paleozóicos ou derivados de magmatismo alcalino. FRAGA (1992) associa os teores anômalos de flúor nas águas do Aquífero Serra Geral à influência do Aquífero Botucatu, resultando em águas bicarbonatadas sódicas e teores de fluoreto entre 0,5 e 2,4 mg/L. As concentrações anômalas de flúor estariam relacionadas às águas alcalinas do Aquífero Botucatu, sob condições de grande confinamento.

### 7.5.2.1.3 Aqüífero Botucatu

DAEE (1976) classifica as águas do Aqüífero Botucatu, em suas porções livres na região de Bauru, em bicarbonatadas cálcicas, com pH ácido e resíduo seco variando de 60 a 190 mg/L.

REBOUÇAS (1976) indica que a mineralização total das águas do Aqüífero Botucatu no Estado de São Paulo é, na maioria dos casos, inferior a 200 mg/L.

TEISSEDRE & BARNER (1981), em estudo do comportamento geotérmico e geoquímico das águas do Botucatu no Estado, apresentam valores de temperatura entre 24,2 e 63 °C para as águas captadas a diferentes profundidades, revelando um gradiente geotérmico de 1 °C/35m. Os valores de resíduo seco não ultrapassam 500 mg/L, sendo classificadas como bicarbonatadas cálcicas nas áreas não confinadas.

SILVA (1983) realizou estudo hidroquímico e isotópico das águas do Aqüífero Botucatu no Estado de São Paulo, com análises em 61 amostras. Os resultados indicam a existência de três fácies transicionais de evolução hidroquímica associadas às condições de ocorrência das águas: porção leste não confinada, área de capeamento basáltico pouco espesso e bastante fraturado, e zona francamente confinada.

Estes estudos indicam que as águas passam de bicarbonatadas magnesianas e cálcico-magnesianas, ácidas e com resíduo seco inferior a 100 mg/L, para bicarbonatadas cálcicas, com resíduo seco às vezes superior a 200 mg/L e pH mais elevado, tornando-se, finalmente, bicarbonatadas sódicas a cloro-sulfatadas sódicas, com pH alcalino e resíduo seco atingindo até 650 mg/L. Verifica-se, portanto, de E-W, o aumento gradativo nas temperaturas, pH e teor de sais.

Estudos regionais posteriores (KIMMELMANN *et al.* 1986, DAEE 1984, DAEE 1988 e CAMPOS 1993) indicaram a mesma tendência de evolução hidrogeoquímica das águas do Botucatu, a partir de sua área de afloramento à leste do Estado de São Paulo.

Teores anômalos de fluoreto foram identificados no Estado de São Paulo e estudados por diversos autores, sendo sua origem assunto controverso ainda hoje. A origem do flúor foi associada a manifestações hidrotermais de eventos magmáticos alcalinos, com condicionante estrutural por PERRONI *et al.* (1985). IPT (1986) indica a origem associada à fluidos enriquecidos em flúor advindo dos sedimentos paleozóicos ou derivados de magmatismos alcalinos, que circularam durante as diversas fases de magmatismo na Bacia do Paraná.

FRAGA (1992) e REBOUÇAS (1994) associam concentrações anômalas de fluoreto (3,6 a 12 mg/L) nas águas do Botucatu e Serra Geral no Estado de São Paulo às águas alcalinas do Sistema Aqüífero Botucatu, sob condições de grande confinamento. A origem do flúor é atribuída à atuação de processos geoquímicos de amplitude regional, sob forte influência morfoclimática, remobilizando compostos de precipitados químicos portadores de flúor da Formação Pirambóia e/ou sedimentos paleozóicos. Nas porções não confinadas do Aqüífero Botucatu não foram relatados teores anômalos significativos.

### 7.5.2.2 Vulnerabilidade natural dos aquíferos

O termo vulnerabilidade natural é aplicado para representar determinadas características intrínsecas ao meio aquífero que condicionam sua maior ou menor suscetibilidade a ser adversamente afetado por uma carga poluidora imposta (FOSTER & HIRATA 1988).

O principal estudo de vulnerabilidade natural dos aquíferos do Estado de São Paulo foi desenvolvido por IG/CETESB/DAEE (1997), utilizando como sistema de avaliação a proposta metodológica de FOSTER & HIRATA (1988). Esse sistema foi aplicado em caráter expedito, utilizando-se dados e levantamentos existentes, de modo a compor o mapa de vulnerabilidade em nível de reconhecimento regional, apresentado na escala 1:1.000.000.

Os critérios para a avaliação selecionados resumiram-se a três:

- tipo de ocorrência de água subterrânea (ou a condição do aquífero);
- características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e tipo litológico;
- profundidade do nível da água.

A aplicação dos critérios foi realizada de forma sucessiva, com pontuações definidas por parâmetro, resultando em um índice de vulnerabilidade para cada aquífero avaliado. Foram definidas zonas de índices relativos de vulnerabilidade natural dos aquíferos, onde a gradação se estendeu de índices Baixo, Médio e Alto, subdivididos em dois subníveis (Alto e Baixo), resultando em seis classes.

A aplicação do método de vulnerabilidade não se estendeu aos domínios dos aquíferos cristalinos (embasamento cristalino Pré-Cambriano e basaltos Serra Geral), devido a baixa densidade de informações e a grande heterogeneidade hidráulica dessas unidades aquíferas. Também não foi avaliado o Aquífero Botucatu em suas porções confinadas. O estudo sugere que a análise de tais aquíferos seja realizada em linhas gerais de proteção, voltadas para o ponto de captação e para as condições geológicas locais das obras.

Conseqüentemente, em relação à UGRHI-13, foram caracterizados apenas os aquíferos Cenozóico, Bauru e Botucatu livre. O QUADRO 7.29 apresenta os parâmetros utilizados e os índices obtidos.

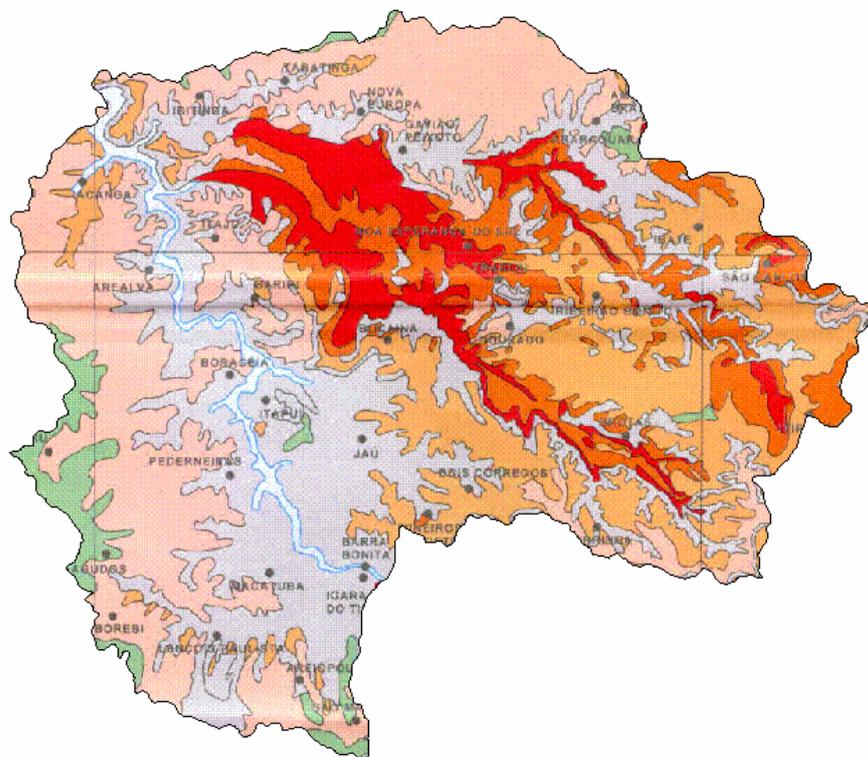
A FIGURA 7.50 apresenta a distribuição espacial dos índices obtidos na UGRHI, variáveis desde a classe Baixo-alto até a classe Alto-alto. Observa-se que as zonas de maior vulnerabilidade (Alto-alto e Alto-baixo) localizam-se ao longo dos rios Jacaré-Pepira, Boa Esperança e Jacaré-Guaçu, enquanto que as zonas de menor vulnerabilidade (Alto-baixo) correspondem aos espigões, a sudoeste e sul da UGRHI.

A FIGURA 7.50 mostra que a classe de vulnerabilidade predominante na área da UGRHI-TJ é a Médio (Médio-baixo e Médio-alto). Registre-se que existem grandes porções de área onde não se definiu o grau de vulnerabilidade, principalmente ao longo dos vales dos rios Tietê (na região de Jaú ocorre a maior área não definida) e Jacaré-Guaçu.

**QUADRO 7.29 - Índices de vulnerabilidade de cada unidade geológica do aquífero e variação dos fatores que os compõem (modificado de IG/CETESB/DAEE, 1997).**

Aquífero	Formação	Prof. N.A. (m)	Aquífero e Litologia	Nível d'água	Índice Vulner.	Classificação
Cenozóicos	Sedimentos aluvionares	10	0,75	0,8	0,60	Alto-alto
		20		0,7	0,53	Médio-alto
		50		0,5	0,45	Médio-alto
		100		0,4	0,38	Médio-baixo
	Itaqueri e sedimentos da Serra de São Carlos	10	0,68	0,8	0,54	Alto-baixo
		20		0,7	0,47	Médio-alto
50		0,6		0,41	Médio-baixo	
Bauru	Marília	10	0,48	0,8	0,38	Médio-baixo
		20		0,7	0,37	Médio-baixo
		50		0,6	0,29	Baixo-alto
		100		0,5	0,24	Baixo-alto
	Adamantina *	10	0,52	0,8	0,42	Médio-alto
		20		0,7	0,36	Médio-baixo
		50		0,6	0,31	Médio-baixo
		100		0,5	0,26	Baixo-alto
Botucatu	Botucatu	10	0,80	0,8	0,64	Alto-alto
		20		0,7	0,56	Alto-baixo
		50		0,6	0,48	Médio-alto
		100		0,5	0,40	Médio-baixo
	Pirambóia	10	0,68	0,8	0,54	Alto-baixo
		20		0,7	0,47	Médio-alto
		50		0,6	0,41	Médio-alto
		100		0,5	0,34	Médio-alto

\* Formação Vale do Rio do Peixe no Mapa Geológico (DESENHO 2)



NÃO DEFINIDO	BAIXO		MÉDIO		ALTO	
	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO	BAIXO	ALTO

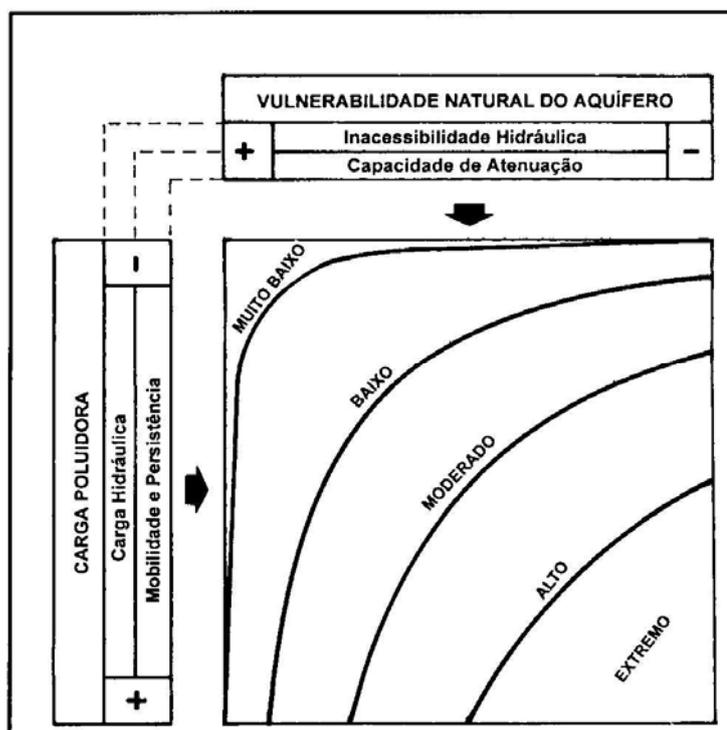
**FIGURA 7.50: Mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos na UGRHI-13 (compilado de IG/CETESB/DAEE, 1997).**

### 7.5.2.3 Risco de contaminação das águas subterrâneas

O termo risco de contaminação pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de alterações na qualidade das águas subterrâneas devido a presença de determinadas cargas poluidoras.

Segundo FOSTER & HIRATA (1988) a caracterização mais apropriada para este termo consiste na associação e interação da vulnerabilidade natural do aquífero com a carga poluidora aplicada no solo ou em subsuperfície (FIGURA 7.51). Desta forma, pode-se configurar uma situação de alta vulnerabilidade, porém, sem risco de contaminação se não existir carga poluidora significativa, ou vice-versa. A carga poluidora pode ser controlada ou modificada; mas o mesmo não ocorre com a vulnerabilidade natural, que é uma propriedade intrínseca do aquífero. Com base nesta caracterização, FOSTER & HIRATA (1988) propõem um roteiro básico de avaliação, em separado, da vulnerabilidade natural do aquífero e da carga poluidora.

O principal estudo de avaliação de risco de contaminação dos aquíferos no Estado de São Paulo é apresentado também por IG/CETESB/DAEE (1997), com base em dados existentes.



**FIGURA 7.51 - Esquema conceitual do risco de contaminação das águas subterrâneas (FOSTER & HIRATA, 1988).**

As três principais classes de vulnerabilidade foram associadas a três níveis de classificação das cargas poluidoras, definidas de acordo com as informações sobre os poluentes envolvidos e as suas concentrações. O QUADRO 7.29 apresenta as nove possibilidades de combinação entre os índices de vulnerabilidade natural e cargas poluidoras, resultando em três níveis de risco de contaminação: alto, moderado e baixo.

Em relação às cargas poluidoras cadastradas, foram considerados consistentes para a avaliação, apenas os dados referentes a duas fontes de poluição (descritas no item 7.4): atividade industrial (fonte pontual) e saneamento *in situ* (fonte difusa). Para a classificação das cargas industriais foram utilizados os critérios apresentados no QUADRO 7.30.

**QUADRO 7.29 - Definição do grau de risco de contaminação das águas subterrâneas a partir da carga poluidora potencial e dos índices de vulnerabilidade (IG/CETESB/DAEE, 1997).**

CARGA POLUIDORA	VULNERABILIDADE NATURAL		
	Baixa	Média	Alta
Reduzida	Risco Baixo III	Risco Baixo III	Risco Moderado II
Moderada	Risco Baixo III	Risco Moderado II	Risco Alto I
Elevada	Risco Alto I	Risco Alto I	Risco Alto I

**QUADRO 7.30 - Critérios para classificação das cargas potenciais poluidoras de fontes pontuais (IG/CETESB/DAEE, 1997).**

Atividades	CARGA POTENCIAL POLUIDORA		
	Elevada	Moderada	Reduzida
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Episódio de contaminação comprovada.</li> <li>- Resíduos ou produtos perigosos &gt; 1 t/d.</li> <li>- Infiltração de efluentes industriais em grande quantidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produto ou resíduos perigosos &lt; 1 t/d.</li> <li>- Infiltração de efluentes em pequenas quantidades.</li> <li>- Infiltração de efluentes domésticos sanitários com mais de 300 trabalhadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efluentes e líquidos domésticos lançados na rede de esgoto.</li> <li>- Infiltração de efluentes domésticos sanitários com menos de 300 trabalhadores.</li> </ul>
Disposição de Resíduos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Episódio de contaminação comprovada.</li> <li>- Uso de produtos ou matéria-prima (*1) perigosos &gt; 1 t/d.</li> <li>- Deposição inadequada de resíduos classe I (*2) &gt; 1t/mês e classe II &gt; 100 t/mês.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de produtos ou matéria-prima perigosos &lt; 1 t/d.</li> <li>- Deposição inadequada de resíduos classe I &lt; 1t/mês e classe II &lt; 100 t/mês.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disposição final apropriada</li> <li>- Resíduos classe III.</li> </ul>
Lagoa de Efluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efluente contendo substâncias perigosas.</li> <li>- Substâncias não perigosas e lagoa &gt; 1 ha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substâncias perigosas ausentes.</li> <li>1 ha &gt; lagoa &gt; 0,1 ha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substâncias perigosas ausentes.</li> <li>- Lagoa &lt; 0,1 ha.</li> </ul>
Mineração	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Efluentes perigosos gerados ou uso de substâncias perigosas em grandes quantidades.</li> <li>- Deposição inadequada</li> <li>- Resíduos não perigosos e no entorno com (*3) geração de poluentes.</li> <li>- área minerada: &gt; 5% da área municipal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração/uso de substâncias perigosas em pequenas quantidades.</li> <li>- Disposição final adequada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material não perigoso</li> <li>- Entorno não sensível à poluição.</li> <li>- Área minerada: &lt; 5% da área municipal.</li> </ul>

(\*1) Associada com planta industrial

(\*2) Norma ABNT 10.004 classe I: perigosos; classe II: não inertes; classe III: inertes

(\*3) Distritos agro-industriais: distritos industriais, possibilidade de recebimento de resíduos

Foram avaliadas 48 indústrias situadas em 16 municípios da UGRHI 13, resultando em nove com cargas elevadas, dez com cargas moderadas e 29 com cargas reduzidas. Em relação ao risco de contaminação, não foram observadas variações de classes em relação à carga poluidora, ou seja, as 10 indústrias com cargas elevadas foram classificadas como de alto risco, 11 com carga moderada correspondem ao risco moderado e 14 com cargas reduzidas correspondem ao risco baixo.

As indústrias consideradas como de alto risco de contaminação são apresentadas no QUADRO 7.31.

Em relação às cargas provenientes dos sistemas de saneamento *in situ*, IG/CETESB/DAEE (1997) avaliaram as cargas poluidoras considerando a produção média de 4 kg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ano/habitante, sendo utilizados os dados de população atendida pela rede de esgotos do SEADE referente ao ano de 1987. A classificação das cargas foi obtida de acordo com a quantidade total de nitratos gerada por ano (QUADRO 7.32).

**QUADRO 7.31 - Indústrias classificadas como de alto risco de contaminação do Aquífero Bauru (segundo IG/CETESB/DAEE, 1997).**

Município	Proprietário	Atividade
Bauru	Baterias CRAL Ltda.	Baterias
Lençóis Paulista	LWart Lubrificantes	Refino de óleo
Araraquara	Ind. Equip. Villares	Metalurgia
Araraquara	Quimatec Prod. Químicos	Química
Araraquara	Cutrale S.A.	Suco cítrico
São Carlos	Cia. Bras. de Tratores	Mecânica
São Carlos	Lápis Johann Faber S.A. – II	Lápis, caneta, pintura.
São Carlos	Curtume Fazzari	Curtume
São Manuel	Curtume São Manuel	Curtume

**QUADRO 7.32 - Critérios para a classificação das cargas potencialmente poluidoras de fontes dispersas – saneamento *in situ* (IG/CETESB/DAEE, 1997).**

FONTE	Carga de saneamento <i>in situ</i> (kg N-NO <sub>3</sub> /ano)		
	Elevada	Moderada	Reduzida
Áreas urbanas sem rede de coleta de esgoto	> 50.000	< 50.000 e > 20.000	< 20.000

Considerando-se a área urbana como local principal de disposição das cargas poluidoras de saneamento *in situ*, pode-se avaliar o risco de contaminação apresentando os resultados por município, apesar do estudo IG/CETESB/DAEE (1997) apresentar um levantamento regional. Na UGRHI-13, avaliaram-se 31 municípios, resultando em apenas dois com cargas elevadas (Araraquara e Bauru), dois com cargas moderadas (Brotas e Jaú) e os 27 restantes com cargas reduzidas.

Conforme destacado por IG/CETESB/DAEE (1997), os resultados obtidos são apenas indicativos dos riscos de contaminação das águas subterrâneas, devendo ser utilizados para a definição de prioridades em programas contínuos de investigação e monitoramento em escala de maior detalhe.

#### 7.5.2.4 Rede de monitoramento

A Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo é operada pela CETESB desde julho de 1990, em atendimento a Lei Estadual 6.134 de 02/06/88, regulamentada pelo Decreto Estadual N° 32.955 de 07/02/91 (CETESB 1998).

A CETESB (1998) apresenta uma avaliação das análises realizadas desde julho de 1990 até setembro de 1997. O monitoramento iniciou-se com poços utilizados para o abastecimento público, priorizando-se os aquíferos considerados mais vulneráveis à contaminação. Posteriormente, foram adotados os seguintes critérios complementares para a seleção dos poços:

- distribuição espacial dos poços no aquífero em estudo, procurando-se evitar a escolha de vários numa mesma região;
- construção adequada do poço e “perfil geológico confiável”, representativo de cada aquífero;
- poços com captação de águas de apenas uma Formação ou “horizonte aquífero”(este critério é particularmente difícil de ser aplicado no Grupo Bauru, porque a grande maioria dos poços captam águas de distintas profundidades);
- poço em funcionamento, durante as campanhas de amostragem.

Atualmente, a rede de monitoramento é composta por 146 poços tubulares profundos em todo o Estado. Deste total, 14 poços localizam-se na UGRHI-TJ. A TABELA 7.50 apresenta a identificação dos poços monitorados pela CETESB.

**TABELA 7.50 - Poços selecionados para o monitoramento das águas subterrâneas nos municípios da UGRHI 13.**

Cód.	Município	Proprietário	Nº do poço no local	Aquífero
-	Agudos	Sabesp	P21	Botucatu confinado
92	Araraquara	DAEE	Poço ouro	Botucatu livre
-	Bauru	DAE	-	Botucatu confinado
291	Boracéia	Sabesp	R. J. Afonso Pena	Serra Geral
303	Dois Córregos	Prefeitura Municipal	P3	Botucatu confinado
307	Dourado	Sabesp	P3	Serra Geral
-	Ibaté	Prefeitura Municipal	P7	Botucatu confinado
524	Itirapina	DER	Pedágio km 216	Botucatu livre
515	Itirapina	Prefeitura	P1	Botucatu livre
-	Macatuba	Sabesp	Matadouro	Botucatu confinado
435	Pederneiras	Sabesp	Distrito de Vanglória	Botucatu confinado
438	Pederneiras	Sabesp	Distrito de Santelmo	Serra Geral
439	Ribeirão Bonito	Prefeitura Municipal	Jd. Centenário	Botucatu livre
463	São Manuel	Sabesp	P2	Botucatu confinado

Considerando-se a quantidade de poços utilizados para o abastecimento público em funcionamento na UGRHI, os poços que compõem a rede de monitoramento correspondem a apenas 7% do total. Destaca-se que 7 poços monitorados na UGRHI correspondem a captações no Aquífero Botucatu, em condições de confinamento, 4 no Aquífero Botucatu livre e, 3 poços, no Aquífero Serra Geral. Verifica-se ainda que a periodicidade das coletas e análises não é fixa, sendo registradas usualmente uma ou duas análises por ano.

A CETESB selecionou como indicadores de qualidade das águas subterrâneas os elementos de maior interesse, em termos de ocorrência natural, e alguns indicadores de efeito antrópico. O QUADRO 7.33 apresenta a lista de parâmetros selecionados, os métodos analíticos utilizados pelos laboratórios da CETESB e os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 36 de 19/01/90, do Ministério da Saúde (CETESB, 1998), os quais foram adotados como valores de referência de qualidade das águas subterrâneas.

Os resultados obtidos com o monitoramento dos poços da UGRHI-TJ são apresentados no ANEXO E. Destaca-se que nenhum poço monitorado na UGRHI apresentou teores anômalos ou indícios de contaminação para os parâmetros analisados.

**QUADRO 7.33 - Parâmetros monitorados, padrões de potabilidade e métodos analíticos utilizados (CETESB, 1998).**

Parâmetros	Padrão <sup>(1)</sup> e Unidade	Método Analítico	
		Laboratório de São Paulo	Laboratórios Regionais do Interior
Temperatura	°C	Termômetro de mercúrio	Termômetro de mercúrio
PH	6.5 – 8.5	PHmetro	PHmetro
Dureza	500 mg/L de CaCO <sub>3</sub>	Titulometria com EDTA	Titulometria com EDTA
Cond. Elétrica a 25 °C	µS/cm	Condutividade de eletrodo	Condutividade de eletrodo
Oxigênio consumido	mg/L de O <sub>2</sub>	Titulometria com permanganato de potássio	Titulometria com permanganato de potássio
Sólidos totais dissolvidos	1000 mg/L	Gravímetro	Gravímetro
Nitrogênio amoniacal	mg/L de N	Colorimétrico – método automático do Fenato	Colorimétrico – método automático do Fenato
Nitrogênio nitrato	10 mg/L de N	Colorimétrico – método do fenoldissulfônico	Colorimétrico – método do fenoldissulfônico
Nitrogênio nitrito	mg/L de N	Colorimétrico – método do n-naftil etilenodiamina	Colorimétrico – método do n-naftil etilenodiamina
Nitrogênio total Kjeldahl	mg/L de N	Colorimétrico – método automático do fenato – após digestão	Colorimétrico – método relativo de Nesler
Potássio	mg/L de K	Absorção atômica	-
Cálcio	mg/L de Ca	Titulometria com EDTA	Absorção atômica
Cloreto	250 mg/L de Cl	Titulometria com Nitrato mercúrio	Titulometria com Nitrato prata
Cromo total	0.05 mg/L de Cr	Absorção atômica	Absorção atômica
Ferro total	0.3 mg/L de Fe	Absorção atômica	Colorimétrico – método ortométrico
Fluoreto	0.6 – 1.7 mg/L de F	Eletrodo íon seletivo	Eletrodo íon seletivo
Cont. Padr. Bact.	Col/mL	Tubos múltiplos membrana filtrante	Tubos múltiplos membrana filtrante
Coliforme total	0 NMP/100mL	Tubos múltiplos membrana filtrante	Tubos múltiplos membrana filtrante
Coliforme fecal	0 NMP/100mL	Tubos múltiplos membrana filtrante	Tubos múltiplos membrana filtrante

**(1) PORT 36 – Ministério da Saúde (19/01/90)**

## SUMÁRIO PARCIAL

7.4	FONTES DE POLUIÇÃO .....	161
7.4.1	<i>Fontes Pontuais ou Fixas</i> .....	161
7.4.1.1	Cargas poluidoras de origem doméstica.....	161
7.4.1.2	Cargas poluidoras de origem industrial.....	166
7.4.1.3	Disposição de resíduos sólidos domésticos .....	170
7.4.1.4	Disposição de resíduos sólidos industriais .....	174
7.4.1.5	Outras fontes.....	178
7.4.2	<i>Fontes Difusas</i> .....	178
7.4.2.1	Saneamento <i>in situ</i> .....	179
7.4.2.2	Atividades agrícolas .....	180
7.5	QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	181
7.5.1	<i>Águas superficiais</i> .....	181
7.5.1.1	Atual classificação dos corpos d'água .....	181
7.5.1.2	Rede de monitoramento da Qualidade das Águas.....	184
7.5.1.3	Índice de qualidade das águas – IQA.....	185
7.5.1.3.1	IQA 20%.....	187
7.5.1.3.2	Significado sanitário dos parâmetros de qualidade de água selecionados.....	187
7.5.1.3.3	Avaliação das tendências do IQA.....	193
7.5.1.3.4	Teste de toxicidade.....	195
7.5.1.4	Avaliação da condição do corpo d'água com relação ao enquadramento na Resolução CONAMA 20/86.....	196
7.5.2	<i>Águas Subterrâneas</i> .....	196
7.5.2.1	Qualidade natural das águas subterrâneas .....	196
7.5.2.1.1	Aqüífero Bauru .....	196
7.5.2.1.2	Aqüífero Serra Geral .....	198
7.5.2.1.3	Aqüífero Botucatu .....	199
7.5.2.2	Vulnerabilidade natural dos aquíferos.....	200
7.5.2.3	Risco de contaminação das águas subterrâneas .....	202
7.5.2.4	Rede de monitoramento.....	205

## QUADROS

QUADRO 7.2.7.2.1 – Alguns indicadores sociais e econômicos associados à Hidrovia Tietê-Paraná .....	172
QUADRO 7.5.1.1.1 - Correlação entre as classes dos corpos d'água (CETESB 1997) .....	205
QUADRO 7.5.1.2.1 - Descrição dos pontos de amostragem .....	208
QUADRO 7.5.1.3.1 - Parâmetros analisados no monitoramento da qualidade das águas .....	209
QUADRO 7.5.1.3.2 - Parâmetros analisados no monitoramento da qualidade das águas .....	211
QUADRO 7.5.1.3.3.1 - Índice de Qualidade das Águas - IQA – 1997 .....	218
QUADRO 7.5.2.4.1 - Definição do grau de risco de contaminação das águas subterrâneas a partir da carga poluidora potencial e dos índices de vulnerabilidade (IG/CETESB/DAEE, 1997) .....	228
QUADRO 7.5.2.4.2 - Critérios para classificação das cargas potenciais poluidoras de fontes pontuais (IG/CETESB/DAEE 1997) .....	228
QUADRO 7.5.2.4.3 - Critérios para a classificação das cargas potencialmente poluidoras de fontes dispersas – saneamento <i>in situ</i> (IG/CETESB/DAEE 1997) .....	229
<b>TABELAS</b>	
TABELA 7.1.2.1 - Resumo das características geométricas e hidrogeológicas dos aquíferos presentes na UGRHI (modificado de IG/CETESB/DAEE, 1997) .....	141
TABELA 7.1.2.2: - Vazões por aquífero dos poços cadastrados .....	142
TABELA 7.1.2.3 - Vazão específica por aquífero nos poços cadastrados .....	143
TABELA 7.1.2.4 - Profundidades por aquífero nos poços cadastrados .....	144
TABELA 7.2.1.1 - Demandas de água para abastecimento público .....	149

TABELA 7.2.1.3 - Número de poços cadastrados e demandas totais por aquífero, utilizados para o abastecimento público .....	151
TABELA 7.2.3.1 - Demandas industriais cadastradas na UGRHI .....	152
TABELA 7.2.4.1- Resumo do cadastro do DAEE de usuários de água para irrigação .....	153
TABELA 7.2.4.2 - Levantamento de áreas irrigadas (CENSO AGROPECUÁRIO – IBGE-95/96) .....	154
TABELA 7.2.4.3 - Equipamentos de irrigação existentes nos municípios parcialmente ou totalmente contidos na UGRHI – TJ .....	154
TABELA 7.2.4.4 - Comparação entre as demandas cadastradas e estimadas por sub-bacia .....	156
TABELA 7.2.5.1 - Sub-bacia 1 – Rio Tietê/Rio Claro .....	157
TABELA 7.2.5.2 - Sub-bacia 2 – Rio Tietê/Rio Lençóis .....	157
TABELA 7.2.5.3 - Sub-bacia 3 – Rio Bauru .....	158
TABELA 7.2.5.4 - Sub-bacia 4 – Baixo Jacaré-Guaçu .....	159
TABELA 7.2.5.5 - Sub-bacia 5 – Médio Jacaré-Guaçu .....	159
TABELA 7.2.5.6 - Sub-bacia 6 – Alto Jacaré-Guaçu .....	160
TABELA 7.2.5.7 - Sub-bacia 7 – Baixo/Médio Jacaré-Pepira .....	161
TABELA 7.2.5.8 - Sub-bacia 8 – Alto Jacaré-Pepira .....	161
TABELA 7.2.5.9 - Sub-bacia 9 – Rio Jaú .....	162
TABELA 7.2.5.10 - Demandas totais por sub-bacias .....	163
7.2.1 TABELA 7.2.6.1 - Lançamentos e captações superficiais cadastrados .....	164
7.2.2 TABELA 7.2.6.2 - Quantidade de poços cadastrados e demanda total por aquífero .....	164
7.2.3 TABELA 7.2.6.3 - Poços tubulares cadastrados por usos .....	165
7.2.4 TABELA 7.2.6.4 - Demandas globais por uso .....	166
7.2.5 TABELA 7.2.7.1.1 - Médias mensais de energia e vazões da UHE Barra Bonita .....	167
7.2.6 TABELA 7.2.7.1.2 - Médias mensais de energia e vazões da UHE Álvaro de Souza Lima (Bariri) .....	168
7.2.7 TABELA 7.2.7.1.3 - Médias mensais de energia e vazões da UHE Ibitinga .....	170
7.2.8 TABELA 7.2.7.1.4 – Pequenas UHE existentes na UGRHI – TJ (Comissão de Serviços Públicos de Energia, 1999) .....	171
7.2.9 TABELA 7.2.7.2.2 - Quantidade de propriedades com atividades de piscicultura e ranicultura (SAA, 1996) .....	174
7.2.10 TABELA 7.2.8.1 - Quantidade de outorgas por tipo e ano .....	175
7.2.11 TABELA 7.3.1 - Disponibilidade e demandas cadastradas para a UGRHI-TJ e sub-bacias ...	177
7.2.12 TABELA 7.3.2 - Disponibilidade e demandas estimadas para a UGRHI-13 e sub-bacias .....	177
7.2.13 TABELA 7.4.1.1.1 - Pontos de lançamentos de cargas orgânicas domésticas por município .....	180
7.2.14 TABELA 7.4.1.1.2 - Dados do inventário CETESB referente a 1994 e dados cadastrados por IPT em 1998 .....	184

7.2.15 TABELA 7.4.1.2.1- Inventário de número de indústrias por município .....	185
7.2.16 TABELA 7.4.1.2.2 - Distribuição das indústrias por ramo de atividades .....	186
7.2.17 TABELA 7.4.1.2.3 - Cargas orgânicas e inorgânicas (potenciais e remanescentes) por ramo de atividade .....	188
TABELA 7.4.1.3.1 - Pontuação e enquadramento dos sistemas analisados .....	190
TABELA 7.4.1.3.2 - Valores de coeficiente per capita de produção de resíduos sólidos domiciliares em função da população urbana .....	190
TABELA 7.4.1.3.3 - Síntese das informações sobre a compostagem dos resíduos sólidos domiciliares .....	191
TABELA 7.4.1.3.4 - Síntese das informações sobre a destinação final dos resíduos sólidos domiciliares .....	192
TABELA 7.4.1.3.5 - Evolução do IQR no período de dez/1997 a dez/1998, em relação à assinatura do TAC .....	196
TABELA 7.4.1.4.1- Destinação final dos resíduos sólidos industriais (t/ano) .....	198
TABELA 7.4.1.4.2 - Relação de atividades geradoras de resíduos sólidos industriais .....	199
TABELA 7.5.1.4.1 - Não conformes com os padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86 e Decreto Estadual 8468 – 1997 .....	222
TABELA 7.5.2.5.1 - Poços selecionados para o monitoramento das águas subterrâneas nos municípios da UGRHI 13 .....	230
<b>FIGURAS</b>	
FIGURA 7.1.2.1 - Vazões obtidas por aquífero .....	142
FIGURA 7.1.2.1 - Vazões obtidas por aquífero .....	143
FIGURA 7.1.2.3 - Profundidades por aquífero .....	144
FIGURA 7.2.5.1- Demandas por uso na sub-bacia 1 – Rio Tietê/Rio Claro .....	157
FIGURA 7.2.5.2: Demandas por uso na sub-bacia 2 – Rio Tietê/Rio Lençóis .....	158
FIGURA 7.2.5.3 - Demandas por uso na sub-bacia 3 – Rio Bauru .....	158
FIGURA 7.2.5.4 - Demandas por uso na sub-bacia 4 – baixo Jacaré-Guaçu .....	159
FIGURA 7.2.5.5 - Demandas por uso na sub-bacia 5 – Médio Jacaré-Guaçu .....	160
FIGURA 7.2.5.7: Demandas por uso na sub-bacia 7 –Baixo/Médio Jacaré-Pepira .....	161
FIGURA 7.2.5.8 - Demandas por uso na sub-bacia 8 – Alto Jacaré-Pepira .....	162
FIGURA 7.2.5.9 - Demandas por uso na sub-bacia 9 – Rio Jaú .....	162
FIGURA 7.2.5.10 - Demandas relativas das sub-bacias .....	163
FIGURA 7.2.6.1 - Demandas totais por aquífero .....	165
FIGURA 7.2.6.2 - Demandas globais por uso .....	166
FIGURA 7.2.7.1.1 - Evolução das vazões turbinadas e regularizadas (m <sup>3</sup> /s) na UHE Barra Bonita .....	167
FIGURA 7.2.7.1.2 - Evolução de energia produzida(MWh) na UHE Barra Bonita .....	168
FIGURA 7.2.7.1.3 - Evolução das vazões turbinadas e regularizadas (m <sup>3</sup> /s) na UHE Álvaro de Souza Lima (Bariri) .....	169
FIGURA 7.2.7.1.4 - Evolução de energia produzida (MWh) na UHE Álvaro de Souza Lima (Bariri) .....	169
FIGURA 7.2.7.1.5 - Evolução das vazões turbinadas e regularizadas (m <sup>3</sup> /s) na UHE Ibitinga .....	170
FIGURA 7.2.8.1 - Quantidade de outorgas emitidas por ano .....	176
FIGURA 7.2.8.1 - Quantidade de outorgas emitidas por ano .....	179
FIGURA 7.4.1.1.2 - Distribuição das cargas orgânicas potenciais e remanescentes nos principais municípios da UGRHI .....	183
FIGURA 7.4.1.2.2 - Distribuição das cargas orgânicas potenciais por ramo de atividade industrial .....	188
FIGURA 7.4.1.2.3 - Distribuição das cargas orgânicas remanescentes por ramo de atividade industrial .....	189

FIGURA 7.4.1.3.1- Evolução da avaliação em relação ao número de municípios .....	195
FIGURA 7.4.1.3.2 - Evolução da avaliação em relação às quantidades de resíduos geradas .....	195
FIGURA 7.4.1.4.1 - Tipos de disposição dos resíduos sólidos industriais .....	199
FIGURA 7.4.1.4.2 - Distribuição do número de indústrias por ramo de atividade .....	200
FIGURA 7.4.1.4.3 - Distribuição das quantidades de resíduos gerados por ramo de atividades .....	200
FIGURA 7.5.1.3.3.1 - Síntese dos resultados de IQA para UGRHI Tietê-Jacaré (CETESB,1997) .....	220
FIGURA 7.5.1.3.4.1 - Síntese dos resultados dos testes de toxicidade para UGRHI do Tietê-Jacaré (CETESB,1997) .....	221
FIGURA 7.5.2.4.1 - Esquema conceitual do risco de contaminação das águas subterrâneas (FOSTER e HIRATA, 1988) .....	228