



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
José Serra
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
Francisco Graziano Neto
Secretário do Meio Ambiente

CETESB Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
Fernando Rei
Diretor-Presidente

São Paulo, Março de 2007



Fernando Rei
Diretor – Presidente

Marcelo de Souza Minelli
Diretor de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental

Otávio Okano
Diretor de Controle de Poluição Ambiental

Edson Tomaz de Lima Fº
Diretor de Gestão Corporativa



Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

RELATÓRIO DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Período 2004 - 2006

**São Paulo
2007**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418r CETESB (São Paulo)

Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo
2004-2006 / CETESB. - - São Paulo : CETESB, 2007.

199 p. : il. ; 30 cm. - - (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio
Ambiente, ISSN 0103-4103)

Publicado anteriormente In: Relatório de qualidade ambiental do estado
de São Paulo.

Publicado simultaneamente em CD ROM.

Disponível também em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

1. Águas subterrâneas – poluição – São Paulo (Est.) 2. Águas subterrâneas –
qualidade – São Paulo (Est.) 3. Aquíferos - São Paulo (Est.) 4. Monitoramento - redes
5. Poços tubulares I. Título. II. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 628.114 816 1

CDU (ed. 99 port.) 556.388 (815.6)

Margot Terada CRB 8.4422

Impresso em março de 2007

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Distribuição: CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345 – Alto de Pinheiros

Tel.: 3133.3000 – CEP 05489-900 – São Paulo – SP

Internet: www.cetesb.sp.gov.br

Ficha Técnica

Diretoria de Engenharia, Tecnologia e Qualidade Ambiental

Eng. Marcelo de Souza Minelli

Depto. de Tecnologia de Solo, Águas Subterrâneas e Resíduos Sólidos

Eng. Giuseppe Giulio Michelino

Divisão de Qualidade de Solo, Água Subterrânea e Vegetação

Supervisão Geral

Biól.Dr^a Dorothy Carmen Pinatti Casarini

Setor de Qualidade de Águas Subterrâneas

Eng.Ms. Agrônomo	Claudio Luiz Dias
Geóloga	Elzira Dea Alves Barbour
Geógrafa Ms	Rosângela Pacini Modesto
Eng. Química Ms	Marcia Sayuri Ohba
Arquiteto Ms	Fabiano Fernandes Toffoli
Química	Maria Thereza de Oliveira Filha
Geólogo	Geraldo Gilson de Camargo
Escriturária	Rita de Cassia Moraes

Setor de Qualidade de Solo e Vegetação

Biol. Ms. Mara Magalhães Gaeta Lemos

Estagiários

Geol. Eduardo Silva Telles Bicudo Valle

Geol. Aranda Calió do Reis

Geog. Diego Emanuel Campos Oliveira

Eng. Amb. Carla Marçal Silva

Eng. Amb Renné Alvin

Biól. Denilson Ezequiel de Mello

Coordenação Técnica

Eng. Agrônomo Claudio Luiz Dias

Geóloga Elzira Dea Alves Barbour

Colaboradores

Tecnólogo	Ives Alcazar Gomes – Divisão de Informações Corporativas
Bióloga	Gisela Umbuzeiro – Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microb. Ambiental
Biólogo	Simone Silva Valente
Química	Giselda Passos Giafferis – Divisão de Produção e Reservação do Departamento de Águas e Esgotos de Bauru – DAE
Engenheiro	Eng. Adalton Gilberto Santini - Diretor Técnico – Departamento de Águas e Esgoto de Ribeirão Preto - DAERP

Coleta de Amostras e Análises Laboratoriais

Agência Ambiental de Ribeirão Preto	Agência Ambiental de Bauru
Agência Ambiental de Pirassununga	Agência Ambiental de Marília
Agência Ambiental de Franca	Agência Ambiental de Presidente Prudente
Agência Ambiental de São J. do Rio Preto	Agência Ambiental de Araçatuba
Agência Ambiental de Barretos	Agência Ambiental de Sorocaba
Agência Ambiental de Araraquara	Agência Ambiental de Itapetininga
Agência Ambiental de Piracicaba	Agência Ambiental de Taubaté
Agência Ambiental de Campinas I	Agência Ambiental de Jacaré
Agência Ambiental de Campinas II	Agência Ambiental de Aparecida
Agência Ambiental de Limeira	Agência Ambiental de Mogi das Cruzes
Agência Ambiental de Americana	
Setor de Amostragem em Ambientes Aquáticos e Ensaio Granulométricos	
Setor de Química Inorgânica e Radioatividade	
Setor de Química Orgânica	
Setor de Microbiologia e Parasitologia	
Setor de Mutagenicidade e Citotoxicidade	
Setor de Laboratório de Ribeirão Preto	
Setor de Laboratório de Campinas	
Setor de Laboratório de Marília	
Setor de Laboratório de Sorocaba	
Setor de Laboratório de Taubaté	

Transporte de Amostras

Setor de Serviços Administrativos e Documentação

Editoração Gráfica

Rita de Cassia Guimarães - ARDT - Setor de Transferência de Conhecimento Ambiental
Capa - SMA/Centro de Editoração

Apresentação

A água subterrânea no Estado de São Paulo tem importante papel no abastecimento público e cada vez mais é utilizada para os usos preponderantes que incluem os usos agrícola, industrial, comercial e residencial, por meio de captações em diferentes aquíferos.

As ações de proteção desse recurso ambiental exigem conhecê-lo, no que se refere à sua ocorrência, quantidade e qualidade, bem como efetuar o correto zoneamento do uso e ocupação do solo. Esta é uma tarefa complexa e que envolve diferentes instituições do poder público e da sociedade civil organizada.

A CETESB realiza, desde 1990, o monitoramento da qualidade da água subterrânea por meio de coletas semestrais em pontos de monitoramento distribuídos nos principais aquíferos do Estado, pelo qual são avaliados mais de 40 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, possibilitando a publicação deste relatório técnico a cada três anos.

O presente relatório, quinto da série, visa à sistematização das informações obtidas no período de 2004 a 2006, no qual foram amostrados 184 pontos de monitoramento. Mais de 30.000 determinações analíticas foram realizadas pelos laboratórios da CETESB, que nos últimos anos investiram em sua atualização tecnológica com significativas melhorias em seus limites de quantificação analítica.

A fim de possibilitar a aplicação dos resultados na gestão dos recursos hídricos subterrâneos, estes são apresentados não somente por aquíferos, mas também regionalizados por Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI's, com o objetivo de contribuir na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos e Relatórios de Situação.

Foi também atualizado, com base no cadastro do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, o mapa de uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo, mostrando que a porcentagem de municípios que se utilizam desse recurso, total ou parcialmente, subiu de 72% em 1997 para 80% em 2006, principalmente em função do abastecimento de pequenas comunidades.

Neste período, a CETESB, o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE e o Centro de Vigilância Sanitária Estadual trabalharam conjuntamente na propositura de procedimentos integrados aplicados à proteção do recurso hídrico subterrâneo e à proteção da saúde humana, principalmente no que se refere às soluções coletivas alternativas de abastecimento, e à declaração de áreas de restrição e controle do uso da água subterrânea, em função de alterações de quantidade ou qualidade da água.

Cumpra ainda informar que a CETESB disponibiliza essas informações à sociedade também pela Internet, no endereço www.cetesb.sp.gov.br/solo/agua_sub/relatorios.asp, em atendimento ao seu papel social de proporcionar uma melhor qualidade de vida para a população do Estado.

Fernando Rei
Diretor-Presidente
CETESB

Índice

LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XIII
RESUMO EXECUTIVO	XV
1 INTRODUÇÃO	1
2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE	5
2.1 A Hidrogeologia do Estado de São Paulo	5
2.2 Síntese dos Resultados Analíticos dos Parâmetros Monitorados por Aquífero	11
2.2.1 Parâmetros Físicos e Químicos	11
2.2.2 Ensaios de Genotoxicidade	21
2.2.3 Monitoramento de Substâncias Orgânicas Voláteis	23
2.2.4 Referência de Qualidade	24
2.3 Síntese dos Resultados do Monitoramento de Qualidade da Água Subterrânea por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI	30
2.3.1 Características Sócio-econômicas das UGRHIs do Estado de São Paulo	30
2.3.2 Qualidade das águas subterrâneas por UGRHI	34
3 ALTERAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA E AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS	125
3.1 Nitrato como indício de alteração da qualidade das águas	125
3.2 Ocorrência de Cromo total em concentrações acima do padrão de potabilidade.	127
3.3 A ocorrência de Fluoreto em concentrações acima do padrão de potabilidade.	129
3.4 A ocorrência de Bário em concentrações acima do valor de intervenção.	130
3.5 Demais parâmetros que apresentaram não conformidade em relação aos valores orientadores de intervenção	131
3.6 Casos de Contaminação da Águas Subterrâneas por Substâncias Orgânicas	132
4 CONCLUSÕES	135
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

Índice

ANEXO 1	Descrição dos pontos de monitoramento da CETESB no período 2004 – 2006	143
ANEXO 2	Resultados das análises das águas subterrâneas nos pontos monitorados pela CETESB no período 2004-2006	155
ANEXO 3	Metodologia do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas.....	167
ANEXO 4	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos subterrâneos	179
ANEXO 5	Monitoramento de Qualidade de Água Subterrânea executado por autarquias municipais responsáveis pelo abastecimento	189
ANEXO 6	Carta de Belo Horizonte – Monitoramento de Águas Subterrâneas	195

Lista de Quadros

Quadro 1	Resumo do monitoramento de qualidade de águas subterrâneas no período de 2004 a 2006	XVII
Quadro 2.1	Substâncias orgânicas cancerígenas que são detectadas pelo teste de Ames	21
Quadro 2.2	Principais características gerais e físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs)	31
Quadro 2.3	Síntese das características sócio econômicas do Estado de São Paulo, por UGRHI	32
Quadro 2.4	Estimativa dos índices de utilização de água subterrânea em relação à reserva explotável, por UGRHI	34

Lista de Tabelas

Tabela 1	Valores de Referência de Qualidade - VRQ, por aquífero, no Estado de São Paulo	XX
Tabela 2.1	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Bauru no período 2004 a 2006	12
Tabela 2.2	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Guarani no período 2004 a 2006	13
Tabela 2.3	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Serra Geral no período 2004 a 2006	14
Tabela 2.4	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Tubarão no período 2004 a 2006	15
Tabela 2.5	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero Taubaté no período 2004 a 2006	16
Tabela 2.6	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero São Paulo no período 2004 a 2006	17
Tabela 2.7	Síntese dos resultados de qualidade das águas subterrâneas para o Aquífero pré-Cambriano no período 2004 a 2006	18
Tabela 2.8	Resultados do 3º Quartil, por Aquífero, nos períodos 1998-2000, 2001-2003 e 2004-2006	19
Tabela 2.9	Resultados obtidos em ensaios de genotoxicidade pelo método de microsuspenção com extração por resina XAD4, com as linhagens TA98 e TA100, por ponto de monitoramento selecionado	23
Tabela 2.10	Valores Orientadores para Solo e Água Subterrânea Estabelecidos para o Estado de São Paulo	25
Tabela 2.11	Valores de Referência de Qualidade (VRQ), por Aquífero	28
Tabela 2.12	Valores de Referência de Qualidade (VRQ), independentes dos aquíferos, para metais-traço, em comparação com valores de intervenção	29
Tabela 2.13	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 2	36
Tabela 2.14	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 4	40
Tabela 2.15	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 5	44
Tabela 2.16	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 5	45
Tabela 2.17	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 5	45
Tabela 2.18	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 6	50
Tabela 2.19	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 6	51
Tabela 2.20	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 6	52

Lista de Tabelas

Tabela 2.21	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 6	52
Tabela 2.22	Alteração de qualidade da água subterrânea por Chumbo total na UGRHI 6.....	52
Tabela 2.23	Alteração de qualidade da água subterrânea por Chumbo total na UGRHI 8.....	55
Tabela 2.24	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 8	56
Tabela 2.25	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 9	60
Tabela 2.26	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 10	64
Tabela 2.27	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 10.....	65
Tabela 2.28	Alteração de qualidade da água subterrânea por Fluoreto total na UGRHI 10.....	65
Tabela 2.29	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 12	69
Tabela 2.30	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 12	70
Tabela 2.31	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 13	74
Tabela 2.32	Alteração de qualidade da água subterrânea por bário total na UGRHI 13 .	75
Tabela 2.33	Pontos com de indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 13	75
Tabela 2.34	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 14	80
Tabela 2.35	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 15	84
Tabela 2.36	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 15.....	85
Tabela 2.37	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 16.....	89
Tabela 2.38	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 16	90
Tabela 2.39	Alteração de qualidade da água subterrânea por bário total na UGRHI 17.	93
Tabela 2.40	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 17	94
Tabela 2.41	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 18	98
Tabela 2.42	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 18.....	99
Tabela 2.43	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 18.....	99
Tabela 2.44	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 19	104
Tabela 2.45	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 19.....	105
Tabela 2.46	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 19 ...	105

Lista de Tabelas

Tabela 2.47	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 20	110
Tabela 2.48	Alteração de qualidade da água subterrânea por Bário total na UGRHI 20	111
Tabela 2.49	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 20	111
Tabela 2.50	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 20	111
Tabela 2.51	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 20	112
Tabela 2.52	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 21	116
Tabela 2.53	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 21	117
Tabela 2.54	Alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 21	117
Tabela 2.55	Indício de alteração de qualidade da água subterrânea por Nitrato na UGRHI 21	117
Tabela 2.56	Alteração de qualidade da água subterrânea por Cromo total na UGRHI 22	121
Tabela 2.57	Concentrações mínimas e máximas, por aquíferos, na UGRHI 22	122

Lista de Figuras

Figura 1	Qualidade de Água Subterrânea e Rede de Monitoramento	XIX
Figura 2	Uso da água subterrânea para abastecimento público no Estado de São Paulo	XXII
Figura 2.1	Seção geológica esquemática de caráter interpretativo e generalizado do Estado de São Paulo	6
Figura 2.2	Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo	7
Figura 2.3	Divisão do Estado em vinte de duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos	30
Figura 2.4	Mapa da UGRHI 2 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade	37
Figura 2.5	Mapa da UGRHI 4 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade	41
Figura 2.6	Mapa da UGRHI 5 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações de parâmetros em não conformidade	47
Figura 2.7	Mapa da UGRHI 6 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	53
Figura 2.8	Mapa da UGRHI 8 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	57

Lista de Figuras

Figura 2.9	Mapa da UGRHI 9 com a localização dos pontos de monitoramento e parâmetros em não conformidade	61
Figura 2.10	Mapa da UGRHI 10 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	67
Figura 2.11	Mapa da UGRHI 12 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	71
Figura 2.12	Mapa da UGRHI 13 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	77
Figura 2.13	Mapa da UGRHI 14 com a localização dos pontos de monitoramento	81
Figura 2.14	Mapa da UGRHI 15 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	87
Figura 2.15	Mapa da UGRHI 16 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	91
Figura 2.16	Mapa da UGRHI 17 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade	95
Figura 2.17	Mapa da UGRHI 18 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	101
Figura 2.18	Mapa da UGRHI 19 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	107
Figura 2.19	Mapa da UGRHI 20 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ...	113
Figura 2.20	Mapa da UGRHI 21 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ...	119
Figura 2.21	Mapa da UGRHI 22 com a localização dos pontos de monitoramento e evolução histórica das concentrações dos parâmetros em não conformidade ..	123
Figura 3.1	Medianas das concentrações de Nitrato ao longo do tempo no Aquífero Bauru	127
Figura 3.2	Concentrações máximas de Nitrato por período de monitoramento	127

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
IG	Instituto Geológico
IPT	Instituto de Pesquisas Técnicas
LQ	Limite de Quantificação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial de Saúde
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SMA	Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo
UFC	Unidade Formadora de Colônias
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USEPA	Environmental Protection Agency of United States
VI	Valor de Intervenção
VMP	Valor Máximo Permitido
VOCs	Compostos Orgânicos Voláteis
VP	Valor de Prevenção
VRQ	Valor de Referência de Qualidade

