

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
MECÂNICA

**UMA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE ALGUNS PROCESSOS  
INDUSTRIAIS NOS MUNICÍPIOS DE PAULÍNIA, AMERICANA,  
LIMEIRA E PIRACICABA**

Autor: Newton Landi Grillo

Orientador: Arsênio Oswaldo Sevá Filho

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**PLANEJAMENTO DE SISTEMA ENERGÉTICOS**

Uma avaliação ambiental de alguns processos industriais nos municípios de  
Paulínia, Americana, Limeira e Piracicaba.

Autor: Newton Landi Grillo

Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho

Curso: Planejamento de Sistema Energéticos

Tese apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica,  
como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas  
Energéticos.

Campinas, setembro de 2003

S.P. – Brasil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Uma avaliação ambiental de alguns processos industriais nos municípios de  
Paulínia, Americana, Limeira e Piracicaba.

Autor: Newton Landi Grillo

Orientador: Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho

---

Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho, Presidente  
Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP

---

Prof. Dr. Arnaldo Cesar da Silva Walter  
Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP

---

Prof. Dr. Edson Tomaz  
Faculdade de Engenharia Química - UNICAMP

---

Prof. Dr. Paulo Jorge Moraes Figueiredo  
Faculdade de Engenharia Mecânica, Arquitetura e Urbanismo - UNIMEP

---

Profa. Dra Rachel Negrão Cavalcanti  
Instituto de Geociências – UNICAMP

Campinas, 26 de setembro de 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G879p Grillo, Newton Landi  
Uma avaliação ambiental de alguns processos industriais nos municípios de Paulínia, Americana, Limeira e Piracicaba / Newton Landi Grillo.--Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Arsênio Oswaldo Sevá Filho.  
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Análise ambiental. 2. Poluição aspectos ambientais. 3. Ar poluição. 4. Água poluição. 5. Risco.  
I. Sevá Filho, Arsênio Oswaldo. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

*Dedico este trabalho, com saudades, aos meus pais.*

*Ofereço para minha mulher, Adriana.*

*Agradecimentos:*

*Meu agradecimento especial ao Prof. Dr. Oswaldo Sevá. Por sua competência, seus princípios, sua dedicação, sua compreensão, seus esforços e sua amizade.*

* UNIMEP,*

*Aos amigos da Mecânica pelo apoio.*

*Sou grato aos funcionários e engenheiros de empresas que me receberam, aos funcionários e engenheiros de prefeituras contactadas, pois muito contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.*

## SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Quadros.....	xi
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Siglas.....	xviii
Resumo.....	xv
Abstract.....	xvi
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO, OBJETIVO, HIPÓTESE, METODOLOGIA, DELIMITAÇÕES E RESUMO	
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Hipótese.....	4
1.4 Metodologia.....	4
1.5 Delimitações.....	6
1.6 Tese em capítulos – resumo.....	8
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>11</b>
2. REVISÃO TEÓRICA	
2.1 Introdução.....	11
2.2 Crise ambiental e contaminação do ar.....	12
2.2.1 Combustíveis fósseis e a poluição do ar.....	14
2.3 O uso das águas e suas contaminações.....	16
2.3.1 A qualidade da água.....	17
2.4 Contaminações.....	18
2.5 Parâmetros de usos de energia e balanço de materiais em indústrias.....	19
2.6 Sobre metodologia de mapeamento dos riscos ambientais.....	22

2.7	Algumas notas sobre históricos da expansão industrial na região.....	26
2.8	Algumas notas sobre a expansão, localização e poder político industrial na globalização.....	27
2.8.1	Algumas notas sobre o “desenvolvimentismo” nacional.....	30
2.9	Conclusões.....	33
<b>Capítulo 3</b>	.....	<b>35</b>
3.	ANÁLISE DE PROCESSOS PRODUTIVOS RELEVANTES NA REGIÃO: Açúcar e Álcool, Celulose e Papel, Refino de Petróleo – parâmetros de fabricação, estimativas dos fluxos de materiais, de eletricidade e água	
	Apresentação.....	35
3.1	Cana-de açúcar – produção.....	37
3.1.1	Alguns aspectos derivados da queima da palha da cana-de-açúcar.....	39
3.1.2	O processo de fabricação de açúcar e álcool em usinas anexas.....	44
3.1.3	Estimativas de cana moídas, produção de açúcar, álcool, subprodutos e vazões referentes a captações e despejos de água.....	49
3.1.3.1	Conseqüências da aplicação de vinhoto no solo.....	49
3.1.3.2	Água captada para o processo industrial e energia elétrica gerada nas usinas da região.....	51
3.2	A indústria de celulose e papel.....	53
3.2.1	Etapas na produção de eucalipto, fabricação de celulose e papel, e pós-uso.....	55
3.2.1.1	Produção de eucalipto na região.....	55
3.2.1.2	Madeira necessária para a fabricação de celulose, transporte de madeira pela Ripasa.....	55
3.2.2	Fabricação da celulose – processo sulfato ou kraft.....	57
3.2.3	Fabricação do papel.....	60
3.2.4	Balanco hídrico na fábrica de celulose e papel, parâmetros de consumo.....	63
3.2.4.1	Água requerida para a fabricação de celulose e papel, fábrica integrada .	64
3.2.4.2	Água requerida para a fabricação de papel.....	64
3.2.5	Energia elétrica requerida na planta, e parâmetros de consumo.....	66
3.2.6	Produção anual, uso de água e consumo de energia elétrica nas usinas da região...	68
3.3	A indústria de refino de petróleo – Replan.....	72

3.3.1 Geração de energia elétrica e vapor.....	74
3.3.2 Riscos, acidentes e ocorrências – alguns registros históricos.....	76
3.4 Conclusões.....	83

**Capítulo 4.....86**

**4. POLUIÇÃO DO AR, RISCOS DECORRENTES DOS FLUXOS DE COMBUSTÍVEIS, E EXPANSÕES INDUSTRIAIS NA REGIÃO GEOECONÔMICA.**

Apresentação .....	86
4.1 O gás natural: participação e usos.....	87
4.1.1 O Gasoduto Bolívia – Brasil.....	89
4.2 Emissões pontuais de alguns compostos em função da queima de combustíveis em fontes industriais da região.....	90
4.2.1 Influência nas emissões com a participação do gás natural.....	101
4.3 Poluição atmosférica: medidas de contaminação do ar na Região Metropolitana de Campinas e em nossa região de estudos.....	101
4.4 Sobre a dispersão de poluentes- implicações relativa a acidez das chuvas.....	110
4.5 Expansões industriais, novos projetos de instalação, e influência ao meio ambiente.....	112
4.6 Transporte de combustíveis por dutos – riscos.....	114
4.6.1 Riscos de rompimentos e áreas afetadas.....	116
4.7 Conclusões.....	118

**Capítulo 5 .....120**

**5. ALGUNS ACIDENTES E CONTAMINAÇÕES DECORRENTES DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS; DESPACHO E ACÚMULO DE RESÍDUOS.**

Apresentação.....	120
5.1 Contaminações provocadas pela Replan, e ações para remediação.....	121
5.1.1 Algumas ocorrências na ETDI.....	121
5.1.2 Relatos de contaminações em áreas da Replan.....	123

5.1.3 Ações do Ministério Público para remediação das contaminações, e ações de descontaminação.....	124
5.2 Contaminações provocadas pela Rhodia, e ações de remediação.....	128
5.2.1 Uso e destino da água.....	130
5.2.2 Uso de combustível.....	130
5.2.3 Geração de vapor e energia elétrica.....	130
5.2.4 Geração de resíduos.....	131
5.2.5 Problemas causados ao meio ambiente que ocasionaram o ajustamento de condutas.....	131
5.3 Bann Química .....	138
5.3.1 Acompanhamento do Termo de Ajustamento de Conduta.....	139
5.3.2 Solo, sub-solo e lençol freático.....	140
5.3.3 Sobre análise de resíduos contidos no solo.....	141
5.3.4 Sobre o lençol freático e o solo.....	141
5.4 Shell Química.....	142
5.5 Despacho de resíduos.....	149
5.6 Os acúmulos.....	153
5.7 Conclusões.....	155
<b>Capítulo 6 .....</b>	<b>157</b>
<b>SITUAÇÃO DO RIO JAGUARI-PIRACICABA E SEUS AFLUENTES.</b>	
Apresentação.....	157
6.1 Bacia do Rio Piracicaba.....	159
6.2 Definição de trechos críticos dos corpos d'água da região em relação à Bacia do Piracicaba, e subdivisões para gerenciamento.....	160
6.3 Transposição de águas inter-bacias.....	164
6.3.1 Barragens do Sistema Cantareira.....	165
6.4 Potenciais dos sistemas aquíferos da bacia do Rio Piracicaba.....	166
6.5 Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas.....	167
6.5.1 Estimativa do número de poços em funcionamento.....	168
6.5.2 Demanda x disponibilidade.....	169

6.6	Captação e despejo dos municípios e geração de esgoto doméstico.....	171
6.6.1	Comparações entre o Plano de Bacia Hidrográfica 2002-2003 e o Relatório Zero.....	176
6.6.2	Carga poluidora urbana.....	176
6.7	Captação e despejo industrial de água .....	178
6.8	Comparação de dados de captação industrial entre o Relatório Zero e outras referências....	183
6.9	Qualidade das águas e níveis de poluição em trechos da região.....	184
6.9.1	Lançamento de amônia pela Replan.....	192
6.9.2	Índices de qualidade de água em 2002.....	194
6.10	Conclusões.....	198
 <b>Capítulo 7</b> .....		200
<b>CONCLUSÕES</b>		
7.1	Conclusões finais.....	200
 <b>Referências Bibliográficas</b> .....		203
 <b>Anexos</b> .....		215

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Empregos e consumo energético em setores de Alimentos e Bebidas, Têxtil, Produtos Químicos, Celulose e Papel, Siderurgia e Ferro-Ligas no Brasil, ano 2000.....	13
Tabela 3.1 Área ocupada pela cana-de-açúcar nos municípios da região estudada e parte da região de Piracaba no ano de 1999.....	37
Tabela 3.2 Quantidade média de cana-de-açúcar moídas, produção média de açúcar, álcool e subprodutos, nas safras 2000/2001/2002, na região.....	49
Tabela 3.3 Vazão de água captada nas usinas de açúcar e álcool na região, por fontes consultadas.....	51
Tabela 3.4 Potência instalada nas usinas da região, e energia elétrica gerada por safra.....	52
Tabela 3.5 Área ocupada pela cultura de eucalipto nos municípios da região no ano de 1999, e indústrias proprietárias de fazendas no municípios.....	55
Tabela 3.6 Vazões específicas, litros de água por kg de celulose e papel, considerando os circuitos aberto e semi-fechado, na fabricação de celulose e papel numa fábrica Kraft....	64
Tabela 3.7 Água e energia requeridas no processo de produção de papel e celulose.....	71
Tabela 3.8 Derivados de petróleo produzidos na Replan em 2000.....	74
Tabela 4.1 Emissões de poluentes das caldeiras utilizando óleo combustível tipo A, e gás natural, condição, atual, cenário 1.....	92
Tabela 4.2 Emissões de poluentes das turbinas operando em ciclo combinado, utilizando gás natural, da UC-Anhanguera – cenário 3 – hipotético.....	92
Tabela 4.3 Balanço das emissões atuais de poluentes das empresas coligadas utilizando óleo combustível nas caldeiras, e as turbinas do projeto utilizando gás natural.....	92
Tabela 4.4 Cenário de referência – Emissões de SO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> de 34 fontes pontuais (F1 a F34), de 9 empresas responsáveis por 95% das emissões aéreas no município de Paulínia.....	94
Tabela 4.5 Total de emissões nos cenários propostos.....	94
Tabela 4.6 Consumo mensal de combustíveis nas 13 empresas analisadas, antes da distribuição do gás natural, em Americana.....	95
Tabela 4.7 Simulação das emissões de NO <sub>x</sub> , CO, CH <sub>4</sub> nas 13 empresas analisadas antes da distribuição do gás natural, em Americana.....	96
Tabela 4.8 Consumo mensal de combustíveis nas 13 empresas analisadas em Americana, consumindo gás natural.....	96

Tabela 4.9 Emissões de NO <sub>x</sub> , CO, CH <sub>4</sub> nas 13 empresas analisadas em Americana, consumindo também gás natural.....	96
Tabela 4.10 Balanço das emissões de poluentes antes e após a utilização do gás natural na matriz Energética de Americana.....	97
Tabela 4.11 Estimativa de emissões de NO <sub>x</sub> e CO em estufas e caldeiras da Goodyear, e secadores e caldeiras da Papirus.....	97
Tabela 4.12 Consumo de combustíveis e estimativas de emanações dos poluentes CO, CH <sub>4</sub> e NO <sub>x</sub> em algumas empresas do município de Limeira no ano de 2002.....	98
Tabela 4.13 Consumo de gás natural e estimativas de emanações dos poluentes CO, CH <sub>4</sub> e NO <sub>x</sub> em algumas empresas do município de Limeira em 2002.....	99
Tabela 4.14 Balanço das emissões de poluentes das empresas de Limeira que utilizavam o gás natural em 2002.....	99
Tabela 4.15 Consumo de combustíveis e estimativas de emanações dos poluentes CO, CH <sub>4</sub> e NO <sub>x</sub> em algumas empresas do município de Piracicaba no ano de 2002.....	100
Tabela 4.16 Consumo de gás natural e estimativa de emanações dos poluentes CO, CH <sub>4</sub> e NO <sub>x</sub> em algumas empresas do município de Piracicaba em 2002.....	100
Tabela 4.17 Balanço das emissões de poluentes das empresas de Piracicaba que se utilizavam do gás natural em 2002.....	100
Tabela 4.18 Estimativa de emissões atmosféricas relativas à queima de combustíveis fósseis nas fontes estacionárias na Região Metropolitana de Campinas.....	103
Tabela 4.19 Concentrações de Partículas Inaláveis (PM <sub>10</sub> ) – parâmetros anuais -.....	105
Tabela 4.20 Concentrações de Monóxido de Carbono (CO) – parâmetros anuais -.....	106
Tabela 4.21 Concentrações de Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) – parâmetros anuais -.....	106
Tabela 4.22 Concentrações de Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) – parâmetros anuais - .....	107
Tabela 4.23 Concentrações de Ozônio (O <sub>3</sub> ) – parâmetros anuais - .....	107
Tabela 4.24 Oleodutos interligados à Replan.....	114
Tabela 5.1 Principais produtos fabricados pela Rhodia em 1999.....	129
Tabela 5.2 Principais matérias-primas utilizadas pela Rhodia em 1999.....	129
Tabela 5.3 Inventário de remoções de nitrobenzeno, anilina e carbono orgânico dissolvidos (COD), dos poços de bombeamento para a Estação de Tratamento de Efluentes.....	142
Tabela 6.1 Disponibilidade de águas superficiais nas sub-bacias do rio Piracicaba.....	170

Tabela 6.2 Demanda de água para abastecimento público, industrial e irrigação, disponibilidades, e comparação entre demanda e disponibilidade nas sub-bacias e total da Bacia do rio Piracicaba.....	170
Tabela 6.3 Vazões de retiradas de água dos municípios no rio Jaguari e afluentes, despejo de esgotos nos rios Atibaia, Piracicaba e afluentes.....	171
Tabela 6.4 Vazões de retiradas de água e recebimento de esgotos dos municípios no rio Atibaia e Afluentes, despejos no rio Piracicaba e afluentes, e rio Capivari e afluentes.....	172
Tabela 6.5 Vazões de retirada de água e recebimento de esgotos dos municípios no rio Piracicaba e afluentes.....	173
Tabela 6.6 População da região dos municípios analisados, atendimento a esgotos, e carga poluidora gerada.....	177
Tabela 6.7 Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias instaladas em municípios da sub-bacia do Atibaia, na região.....	179
Tabela 6.8 Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias instaladas em municípios da sub-bacia do rio Jaguari, na região.....	179
Tabela 6.9 Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias na sub-bacia do rio Corumbataí, na região.....	180
Tabela 6.10 Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias na sub-bacia do Piracicaba, na Região.....	181
Tabela 6.11 Captações hídricas superficiais – comparação entre fontes.....	183
Tabela 6.12 Dados comparativos entre o UTPPESP e o Relatório Zero sobre vazão média de Captação de águas superficiais em algumas indústrias na região.....	184
Tabela 6.13 Valores de DBO e OD obtidos por simulação em sub-trechos do rio Atibaia Considerando transposição e não transposição do Sistema Cantareira.....	189

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Principais poluentes do ar, suas fontes, e seus efeitos respiratórios.....	15
Quadro 5.2	População contaminada por poluentes oriundos da Shell Química.....	148
Quadro 6.1	Toxidade nas amostras de sedimentos em pontos de coleta na Bacia do Rio Piracicaba.....	185
Quadro 6.2	Alguns pontos de monitoramento para avaliação do IQA realizada pela Cetesb, na Bacia do Rio Piracicaba.....	194
Quadro 6.3	Índice de qualidade das águas, classificação de pontos de monitoramento para o ano de 2002.....	197

## LISTA DE FIGURAS

Figura I	Salto do rio Piracicaba, em Piracicaba .....	xvii
Figura II	Localização dos municípios e sub-bacias.....	10
Figura III	Diagrama de fluxos de massa e energia dos processos.....	20
Figura IV	Diagrama de fluxo do processo de fabricação do açúcar e do álcool.....	47
Figura V	Produção de açúcar e álcool/fase agrícola.....	48
Figura VI	Usinas de açúcar e álcool em plena atividade.....	52
Figura VII	Diagrama de fluxo do processo de fabricação de celulose.....	59
Figura VIII	Diagrama de fluxo do processo de fabricação do papel.....	62
Figura IX	Balanço hídrico da fabricação de celulose e papel em circuito aberto.....	63
Figura X	Balanço hídrico da fabricação de celulose e papel em circuito semi-fechado.....	63
Figura XI	Volumes específicos de água para a fabricação de papel e papelão.....	65
Figura XII	Produção de celulose e papel. Fase agrícola e destino final.....	67
Figura XIII	Ciclo Rankine. Componentes básicos de uma planta de geração de potência a Vapor.....	75
Figura XIV	Ciclo Brayton e Rankine. Componentes básicos de uma planta de geração de potência em ciclo combinado.....	76
Figura XV	City Gate no município de Limeira.....	91
Figura XVI	Dutos da Petrobrás que passam pela Replan.....	115
Figura XVII	Foto da ETDI da Replan.....	122
Figura XVIII	Foto de área de despejo de resíduos da Replan.....	124
Figura XIX	A Shell e o Recanto dos Pássaros. Ao fundo, a Replan.....	149
Figura XX	Captação de águas e devolução de esgotos pelos municípios.....	174
Figura XXI	Rio Corumbataí desaguando no rio Piracicaba.....	175
Figura XXII	Captações municipais e localização de algumas indústrias expressivas em relação à captação de água na região.....	182
Figura XXIII	Postos de monitoramento – Cetesb.....	195

## SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AERI	Área de Estocagem de Resíduos Industriais
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BRACELPA	Associação Brasileira de Celulose e Papel
CAFOR	Casa de Força
CBH-PCJ	Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETESB	Companhia de tecnologia de saneamento Ambiental
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CTPP	Companhia Termelétrica do Planalto Paulista
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
ETDI	Estação de Tratamento de Despejos Industriais
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
GASBOL	Gasoduto Bolívia- Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Inquérito Civil
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IQA	Índice de Qualidade da Água
MP	Ministério Público
MPE	Ministério Público Estadual
OC	Óleo Combustível
PB	Poço de Bombeamento
PCS	Poder Calorífico Superior
PM	Poço de Monitoramento
PPIC	Procedimento Preparatório para o Inquérito Civil
RAP	Relatório Ambiental Preliminar

REPLAN	Refinaria do Planalto
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
UC	Usina de Cogeração
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UTPPESP	Usinas termelétricas de pequeno porte do estado de São Paulo

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa é avaliar a situação da região géo-econômica entre os municípios de Paulínia e Piracicaba, ao longo das vias Anhanguera e Luiz de Queiroz, e próxima dos baixos rios Atibaia e Jaguari-Piracicaba. Esta avaliação foi feita com base no levantamento e análise de dados e parâmetros industriais, na elaboração de estimativas próprias sobre fluxos de combustíveis e de poluentes ao ar, os fluxos de água e de descargas nos rios. Espera-se contribuir para a comprovação de que a situação ambiental é crítica, e advertir que o futuro regional para a população e para a atividade econômica terá limitações sérias. Foi feita uma revisão teórica sobre os usos de recursos naturais, usos de energia na sociedade moderna, sobre ameaças e impactos sobre os recursos hídricos e sobre os episódios cumulativos de poluição e os focos de contaminação. Foram apresentados os fluxos de materiais de três setores produtivos importantes na região, com grande influência nos usos dos solos e das águas: a fabricação do açúcar e do álcool de cana, a fabricação de celulose, papel e papelão, e refino de petróleo. Foram analisados os casos graves e próximos entre si de poluição industrial em quatro indústrias de tecnologia química, a Replan, a Rhodia, a Bann e a Shell, e que haviam sido objeto de inquéritos e de termos de compromisso entre as empresas, o MPE e a Cetesb. Foram também quantificados os fluxos de combustíveis usados em indústrias que optaram pelo uso do gás natural, e apresentadas algumas medições da qualidade do ar na região. Foram mencionados os principais fluxos de resíduos sólidos gerados internamente à região, aqui depositados, e que são exportados para incineração em outras regiões do país. É analisada detalhadamente a situação dos três rios principais e de alguns ribeirões, os seus trechos críticos, os usos de água subterrânea e superficial, as descargas de efluentes, e transposição de vazões entre bacias. A tese termina destacando-se a necessidade de correções dos problemas graves atuais, e considerando a existência de limitações reais hoje e prováveis no futuro próximo.

**Palavras chave:** 1. Análise ambiental - 2. Poluição aspectos ambientais - 3. Ar poluição - 4. Água poluição - 5. Riscos.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to evaluate the situation of the geo-economic region between the cities of Paulínia and Piracicaba, alongside of the routes Anhaguera and Luiz de Queiroz and near the lower rivers Atibaia and Jaguari-Piracicaba. Such evaluation was carried out based on surveys and data analysis and industrial parameters, in the preparation of the very estimates about fuel flows and air pollutant flows, on water flows and discharge in the rivers. It expects to contribute in proving that the environmental situation is critical and to warn that the regional future for the population and the economic activities shall have severe limitations. A theoretical review about the uses of natural resources, uses of power in modern society, about the threats and impacts on hydric resources and on cumulative episodes of pollution and contamination focus was carried out. Flows of materials of three important productive sectors in the region were presented with great influence in the uses of the soils and waters: the sugar and sugar alcohol production, cellulose, paper and paperboard and oil refining production. Serious cases and close to each other were analyzed about the industrial pollution in four industries of chemical technology, such as Replan, Rhodia, Bann and Shell, and such cases have been object of inquiries and standstill agreements between the companies, MPE and Cetesb. Fuel flows used in industries, which have chosen to use natural gas were also quantified and some measurements of air quality in the region were presented. Principal flows of solid residues internally produced to the region, here deposited and which are exported for incineration in other regions of the country were mentioned. The situation of the three principal rivers and some streams, their critical distances, the uses of superficial and underground water, the effluents discharge and the in-flows transpositions between the basins is analyzed. The thesis concludes in standing out the necessity of correcting the current severe problems and in considering the existence of real limitations in our days and those, which are probable in the next future.

**Key Words:** 1. Environmental Analysis – 2. Pollution environmental aspects – 3. Air pollution – 4 Water pollution – 5. Risks.

A **Figura I** mostra a escassez de água no salto do rio Piracicaba, em época de estiagem.

**Figura I** Salto do rio Piracicaba, em Piracicaba



Foto: Newton Landi Grillo 2/11/2002

## **CAPÍTULO 1**

### **1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, HIPÓTESE, METODOLOGIA, DELIMITAÇÕES E RESUMO**

#### **1.1 Introdução**

A Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí tem sido estudada por vários autores e instituições. Esta bacia está inserida em uma região do estado de São Paulo que, por razões políticas, econômicas e geográficas, presenciou, a partir dos anos 70, uma grande expansão industrial e demográfica, tendo como uma de suas conseqüências, a forte degradação dos seus recursos naturais e do seu meio ambiente.

No que diz respeito à degradação ambiental, um trecho especial se destaca nesta macro região, de forma que a selecionamos para nosso objeto de estudo: trata-se da região conurbada de Campinas, prolongando-se ao Norte e Noroeste até Piracicaba, passando pelos municípios de Paulínia, Americana e Limeira. Estas cidades abrigam vários complexos industriais energo-intensivos e hidro-intensivos dos setores de papel e celulose, e das indústrias química, petroquímica e sucroalcooleira, além de outras indústrias, que, de forma semelhante, possuem grande potencial poluidor.

A região apresentada caracteriza-se por ser grande consumidora de energia, dispendo de produção local modesta de eletricidade e de combustíveis, com seus riscos inerentes, e transportes em larga escala. Ela apresenta também uma enorme capacidade de produzir resíduos e efluentes, muitos deles tóxicos e perigosos, os quais são depositados em lixões, aterros, jogados nos rios, contaminando o solo, subsolo, as águas superficiais e subterrâneas, ou são despachados para outras regiões do país.

As atividades nesta região produzem muita poluição atmosférica provocada pela queima de combustíveis fósseis na indústria, por veículos automotivos, e pela queima da palha de cana-de-açúcar.

Outros graves problemas somam-se a esses: os pequenos rios que cortam a região têm sua dinâmica natural muito alterada por obras de engenharia, inclusive barragens; o uso intensivo de suas águas provoca o chamado estresse hídrico, prejudicando a população, sem contar a falta de políticas de planejamento que põem em risco também os mananciais subterrâneos.

Para nossas investigações, consideramos alguns aspectos de três processos produtivos relevantes na região: o setor sucroalcooleiro, o de celulose e papel, e o petroquímico.

A fase agrícola do setor sucroalcooleiro abrange parte da região canavieira de Piracicaba, que apresenta baixo potencial de mecanização da colheita; Na fase industrial, investigamos as usinas localizadas nos municípios de Piracicaba, Rio das Pedras, Santa Bárbara d'Oeste e Iracemápolis, inseridos na sub-bacia do Alto Piracicaba, além de outra em Cosmópolis, sub-bacia do Baixo Jaguari.

O setor de celulose e papel compõem-se de uma fábrica de celulose e papel instalada em Limeira, e várias fábricas de papel instaladas em Piracicaba, Limeira, Cordeirópolis, Paulínia, Campinas e Valinhos.

Nossa análise ambiental leva em consideração alguns aspectos decorrentes do processo produtivo da Refinaria do Planalto, Replan, avaliações sobre contaminações no solo, sub-solo e lençol freático, e algumas das remediações envolvendo indústrias instaladas em Paulínia.

As investigações sobre poluentes atmosféricos consideram as emissões industriais localizadas nos municípios de Limeira, Piracicaba, Americana e Paulínia; para a avaliação sobre a poluição atmosférica, tomamos como referência os pontos de monitoramento da Cetesb em Campinas e Paulínia.

Para a investigação sobre os recursos hídricos, foram definidos trechos de sub-bacias, os compartimentos em que são exercidas as maiores pressões no que diz respeito às captações de água, as devoluções de efluentes e esgotos industriais e urbanos, e onde se apresentam os piores índices de qualidade. Esses trechos envolvem doze municípios, e são parte das sub-bacias dos rios Jaguari e Atibaia, próximos à formação do rio Piracicaba, e a chamada sub-bacia Alto Piracicaba, localizada entre sua formação e onde deságua o rio Corumbataí.

A proposta desta tese é contribuir para a compreensão das influências sócio-ambientais e dos riscos decorrentes dos usos intensivos de matérias e energia e suas transformações em uma região complexa, de grande relevância econômica e industrial para o país.

## **1.2 Objetivos**

Neste sentido, o trabalho tem por objetivo investigar a qualidade ambiental atmosférica em áreas de Campinas, Paulínia e Piracicaba, contaminações no solo e subsolo decorrentes de atividades industriais, e as pressões sobre os recursos hídricos entre o Extremo Oeste das sub-bacias dos rios Jaguari e Atibaia e sub-bacia do Alto Piracicaba.

Para atingir tais objetivos a proposta é estudar a região como um sistema aberto, percorrido por fluxos de matérias e combustíveis, parte dos quais provenientes de outras regiões, e parte nela produzidos, transformados e enviados para outros pontos do país e do exterior. Dentre os materiais necessários para a produção industrial, parte se converte em produto final e parte se transforma em resíduo, escória, efluente; desses subprodutos alguma quantidade permanece em valas, lixões ou é carregadas pelas águas, parte é emitida para o ar devido à queima, emanações, e outra será depositada ou utilizada em outras regiões.

Portanto, de acordo com as análises para se atingir tais objetivos, torna-se necessário investigar os potenciais de captações, despejos e a qualidade dos recursos hídricos, pontuando os trechos críticos de poluição, ressaltados pelas alterações na dinâmica fluvial.

### 1.3 Hipótese

A hipótese norteadora de nossa investigação parte do pressuposto que, na região estudada, há uma forte degradação ambiental que pressiona o meio ambiente e exaure os recursos naturais, implicando a necessidade de um planejamento rigoroso, que imponha restrições e atue de forma seletiva, estabelecendo limites para expansões e intervenções de várias ordens.

### 1.4 Metodologia

De acordo com **Santos e Silveira (2001)**, a escolha de um método significa considerar as diversas escalas de manifestação da realidade para encontrar as variáveis explicativas fundamentais, as quais se apresentam como personagens principais do enredo a ser estabelecido levando-se em consideração que o espaço geográfico se define como um conjunto indissolúvel de sistemas de objetos, de ações e técnicas, indicando como o território é usado, onde, por quem, por quê e para quê.

Seu uso define-se pela implantação de infra-estrutura, pelo dinamismo da economia e da sociedade. A configuração do espaço geográfico dá-se em função dos movimentos da população, distribuição da agricultura, da indústria, dos serviços, e do arcabouço normativo.

Nossas análises estão referenciadas na metodologia proposta pelo Prof. Dr. Arsênio Oswaldo Sevá Filho em **“Para combater a poluição – Pense globalmente dentro e fora da fábrica, equacione rigorosamente a matéria e energia” (Sevá Fº, 2000)**, e **“Riscos Técnicos e Coletivos Ambientais na Região de Campinas, S.P.” (Sevá Fº, 1997)**.

Serão utilizadas ferramentas de análise tendo como suporte teórico a interpretação dos processos produtivos e da análise da própria região, através de uma modelagem de seu funcionamento definida em dois volumes de controle: a instalação industrial e a própria região. Para tanto, utilizamo-nos de um princípio fundamental: **A Lei de Conservação de Massa**.

Esse princípio afirma que a soma das matérias que entram no sistema (ou volume de controle) é igual à soma das matérias que saem do sistema, mais os acúmulos que são gerados.

As “portas de entrada” são várias e por elas fluem materiais, combustíveis, eletricidade adquirida, produzida internamente, ar atmosférico (aspirações dos processos de produção), e água.

As “portas de saída” também são várias, por onde saem matérias rejeitadas (lamas, esgotos, rejeitos, sucatas, água), vapores, produtos de combustão, calor, gases residuais e produtos fabricados. Entre os pontos de entrada e saída do volume de controle, situam-se os processamentos, a matéria se transformando, a energia produzindo trabalho, gerando alterações nas condições internas e, ao saírem, matéria e energia transformadas, mudam as condições do meio exterior.

Para análise desses complexos processos, são fundamentais a interpretação e a utilização de ferramentas de análise como as abaixo enumeradas:

### **1. Definição dos processos produtivos sob análise**

- **Indústrias que utilizam matérias-primas decorrentes do uso do solo:**

- Indústrias de fabricação do açúcar e álcool (combustíveis) e fabricação de celulose e papel.

- **Indústrias relacionadas com a divisão internacional do trabalho:**

- A indústria do refino de petróleo, seu suprimento, a fabricação de derivados, estocagem, transporte;
- Indústrias de processamento e tratamento de produtos químicos de base e insumos intermediários (petroquímicos, resinas, polímeros, fertilizantes sintéticos);
- Indústrias de fabricação de celulose e papel.

### **2. Uma vez definidos os processos produtivos, interessa investigar as conseqüências decorrentes das modalidades técnicas em operação, e os territórios atingidos pelo seu funcionamento:**

- No que diz respeito à implicação das modalidades técnicas, é necessário avaliar os fluxos de massa referentes aos processos produtivos, o suprimento de insumos (matéria e energia), os descartes, emanações, os envios e as situações de riscos;

- Os territórios atingidos alteram-se, impondo a necessidade de considerar as influências no solo, subsolo, lençóis freáticos, nas águas superficiais e no ar atmosférico.

### **3. A partir das duas etapas consideradas, interessa-nos também interpretá-las numa óptica tridimensional:**

- Os eixos de suprimento, como rodovias e dutos;
- Pontos de estocagem de resíduos , áreas afetadas por contaminação;
- Fluxos de descarte dos efluentes líquidos gerados nos processos produtivos, as devoluções nos corpos d'água, as emanações atmosféricas;
- Pontos de captações e despejos de águas, regiões afetadas por poluição aérea, circulação atmosférica;
- Cobertura vegetal, uso e ocupação do solo.

#### **1.5 Delimitações – obtenção das informações**

Uma avaliação ambiental como a proposta se constitui numa tarefa árdua pela complexidade do assunto, pelas inúmeras variáveis que se apresentam, e pelos tratamentos requeridos para equacioná-las, às vezes, de difícil solução.

O eixo estrutural da tese é a aplicação da Lei de Conservação de Massa em volumes de controle. Novamente, a complexidade se revela pela amplitude dos objetos em análise, requerendo várias delimitações. Para atingir os objetivos, as informações foram obtidas segundo as etapas descritas abaixo:

Para a análise dos processos produtivos, algumas dificuldades de percurso foram encontradas, sendo a principal delas o acesso às informações das indústrias; vale esclarecer que encontram-se instaladas na região seis usinas de açúcar e álcool, uma indústria de celulose, e doze indústrias de papel e papelão.

Foram realizadas visitas em uma usina sucroalcooleira do Grupo Cosan, porém, não houve visitas em indústrias de celulose e papel. A coleta de informações para compormos os

dados sobre consumo de água, de insumos básicos, produção de rejeitos, subprodutos, geração e consumo de energia elétrica, baseou-se em relatórios patronais, relatórios oficiais, trabalhos acadêmicos e literatura (artigos em revistas e manuais).

Os dados sobre captação de água nas usinas foram obtidos através de dois relatórios: em primeiro lugar, o **Relatório Zero** divulgado em 1999 pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, no qual são disponibilizados dados sobre as Bacias, obtidos de pesquisa no campo e junto a órgãos públicos e privados.

Em segundo lugar, temos o relatório **Usinas termelétricas de pequeno porte no estado de São Paulo (UTPPESP)**, elaborado pela Comissão de Serviços Públicos de Energia, CSPE, editado em 2001, no qual constam dados sobre captação de água para a indústria, e as potências das termelétricas instaladas. Porém, as informações contidas nos dois relatórios são discrepantes em relação a algumas usinas.

Os dois setores têm uma característica em comum: o uso da terra para a obtenção de suas matérias-primas. Para quantificarmos as extensões desses usos, a área rural de cada município, foram contactadas vinte e duas prefeituras e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Quanto ao terceiro processo produtivo em análise, o refino de petróleo, informações sobre o esquema básico de um sistema de produção de derivados de petróleo, quantidades produzidas, e diagramas foram obtidos a partir de trabalhos acadêmicos de graduação de estagiários, de iniciação científica e de especialização. Outras informações sobre acidentes, ocorrências anormais, potencialidades de riscos no processo e em dutos de petróleo e derivados derivam-se de relatórios de sindicatos, relatórios e informes para instruções a inquéritos civis.

Foram investigadas ocorrências anormais que se deram em indústrias pela disposição inadequada de rejeitos, tendo como resultados a contaminação no solo, subsolo, lençol freático, prejuízo à saúde de trabalhadores e populações vizinhas, assim como algumas medidas de remediação, através de termos de Ajustamento de Conduta e Pareceres Técnicos elaborados para os Inquéritos Cíveis.

A investigação realizada sobre a qualidade do ar na região baseou-se em trabalhos acadêmicos, teses, dissertações e monografia, relatórios da Cetesb, informações obtidas junto a sete indústrias através de visitas, Estudos de Impacto Ambiental (EIAs Rima) e Relatório Ambiental Preliminar (RAP).

A avaliação sobre os recursos hídricos na região delimitada baseou-se em trabalhos acadêmicos, teses e dissertações, relatórios elaborados pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, relatórios de qualidade de águas elaborados pela Cetesb, relatórios da Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo, EIAs Rima e TAC. Na **Figura II** estão destacados os municípios abrangidos pelas investigações.

## **1.6 A Tese estruturada: capítulos – resumo –**

O Capítulo 1 constitui-se na apresentação geral do trabalho, seus objetivos, hipótese e metodologia, suas delimitações e o resumo.

O Capítulo 2 constitui-se na revisão teórica baseada em autores através dos quais avaliamos os processos produtivos e a região geoeconômica. Está subdividido em avaliação da atividade produtiva e o meio ambiente, da avaliação dos processos produtivos na indústria moderna, dos autores que interpretam as economias regionais e nacionais através das relações internacionais, financeiras, industriais e culturais, e autores que buscam esclarecer as correlações entre os processos produtivos, o uso dos recursos naturais, energia, degradação da saúde humana, fatores de riscos ambientais e acidentes industriais.

No Capítulo 3 são analisados alguns processos produtivos relevantes na região como os de açúcar e álcool, celulose e papel e refino de petróleo. Nesse capítulo, aplicando a Lei de Conservação de Massa, são destacados os fluxos de produção com o objetivo de se determinar os consumos específicos de água, insumos e energia, a produção de efluentes, rejeitos e emissões atmosféricas.

No Capítulo 4 investiga-se a poluição atmosférica na região, as influências ao meio ambiente provocadas por algumas ampliações ou novas instalações industriais. São descritos os índices de concentração de poluentes, a participação industrial e automotiva, e os efeitos da poluição caracterizada pela queima de combustíveis fósseis e biomassa.

No mesmo Capítulo estão dispostos os balanços de emissões de poluentes devido a queima de gás natural nas indústrias, em relação ao óleo combustível e gás liquefeito de petróleo. O suprimento de óleo cru à Refinaria do Planalto e seu fornecimento de combustíveis e derivados dá-se via tubulações, os quais apresentam riscos de acidentes e contaminações; são descritos alguns desses riscos e os possíveis locais afetados.

O Capítulo 5 descreve fatos de contaminação no solo, subsolo e lençol freático decorrentes de atividades industriais que foram objetos de inquéritos civis, e as ações de descontaminação ou remediação realizadas por duas empresas, através do acompanhamento do Ministério Público. Dentre os atos de descontaminação, de restrição aos descartes de materiais contaminados, encontra-se o envio para a incineração em cimenteiras. No presente Capítulo são descritos alguns desses fluxos e alguns acúmulos de resíduos na região.

O Capítulo 6 indica a criticidade das águas dos rios e seus afluentes na região, em função do uso intensivo e do grau de poluição em que se encontram. Realizou-se um ensaio a respeito do volume de água subterrânea explorada, utilizando a metodologia empregada pelo Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, salientando que esta é uma elaboração apenas formal, e que há descontrole e desconhecimento sobre o número de poços em funcionamento. Foram identificadas as vazões de retiradas e despejos de água e esgotos efetuados pelos municípios e empresas, pontuando também as transposições internas e externas à Bacia.

## Capítulo 7: Conclusões

FIGURA II

MAPA DA BACIA , REGIÃO DOS MUNICÍPIOS

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1 Introdução**

Este capítulo trata de referenciais teóricos, e foi estruturado a partir de textos, obras nacionais e estrangeiras, sob cujos temas articula-se o corpo teórico desta tese.

Face a crise vivida no mundo contemporâneo, expressa entre outras coisas, na degradação do meio ambiente, vários pensadores propõem, para seu enfrentamento, alternativas transformadoras das realidades econômica, social e ambiental, e o fazem na crítica ao “endeusamento do ilimitado”, referenciando-se na intensidade de produção, uso e consumo de energia, nas conseqüências de seus subprodutos, no uso indiscriminado da água e sua contaminação, nos efeitos da poluição atmosférica, na depleção dos recursos naturais, todos afetando a saúde humana por seus efeitos diretos e sobre a natureza.

Embora os assuntos selecionados tratem dos conceitos de ecologia e energia (**Tiezzi, 1988**), água e suas contaminações, geração e uso de energia (**Conti, 1977**), uso da água e gestão de recursos hídricos (**Ramade, 1981**), poluição atmosférica e saúde humana (**Chivian et.al., 1993**), numa visão global ou em análise de situações em alguns países, disporemos as idéias consideradas pertinentes, balizadoras, para a nossa compreensão sobre o meio ambiente, usos dos recursos naturais, da poluição do ar e da água na região em estudo.

Da mesma forma, para avaliarmos os fluxos de massa em processos industriais, nos referenciamos em textos de engenharia que descrevem balanços de massa e energia em indústrias específicas (**Brown, Hamel, Hedman, 1996**), (**Shreve e Brink Jr., 1997**). Para aplicarmos o conceito de fluxo de massas na região, dos riscos decorrentes dos transportes de combustíveis via

tubulações e de riscos de acidentes industriais, nos referenciamos em **Sevá Fº (1998)**, **Sevá et.al.(1997)** e **Freitas (1996)**.

Finalmente, para a nossa compreensão sobre o modelo de desenvolvimento industrial brasileiro, suas implicações ao meio ambiente, assim como a expansão industrial verificada na região, nos referenciamos em **Dean (1996)** e **Santos e Silveira (2001)**.

## **2.2 Crise ambiental e a contaminação do ar**

Segundo **Tiezzi (1988)**, o mundo atual atravessa três crises: a crise ambiental, a crise energética e a crise econômica, as quais interagem entre si. As crises ambiental e energética ocorrem pelas opções equivocadas dos sistemas produtivos e econômicos, principalmente no que diz respeito ao uso de energia não renovável.

Um sistema produtivo baseado nesse tipo de energia provoca reações em cadeia que levam à destruição do meio ambiente, à exaustão dos recursos naturais e, em última instância, à crise econômica. Desperdício de recursos naturais, poluição, crise energética são sinônimos de entropia, a qual representa a dispersão de energia, ou seja, o estado máximo de entropia é o estado em que a energia encontra-se totalmente degradada, não podendo mais fornecer trabalho, tornando-se uma medida de desordem, de dispersão (**Tiezzi, op.cit.**).

Ainda segundo o autor, as teorias econômicas vigentes, fundadas no tempo tecnológico, ignoram o tempo entrópico, sendo os tempos entrópico e tecnológicos inversamente proporcionais. O tempo tecnológico está relacionado com o progresso e com a velocidade com que se produz, ou seja, quanto mais nos servimos dos recursos naturais, mais rápido é o crescimento e o progresso, economizando tempo.

O tempo entrópico significa que, quanto mais rapidamente nos servimos dos recursos naturais, menor será a energia disponível e, conseqüentemente, menor será o tempo em que os recursos estarão disponíveis; portanto, há limites para o crescimento mas não para o desenvolvimento (**Tiezzi, op.cit.**).

Energia pode ser definida fisicamente como a capacidade de um corpo em realizar trabalho, e está disposta na natureza sob várias formas, tendendo a transformar-se; permite, pelo trabalho humano, a utilização dos recursos naturais, tornando-os produtos manufaturados, sendo fundamental no processo produtivo, encontrando-se hoje em destaque na relação produção/emprego e na perspectiva de problemas ambientais (Tiezzi, *op.cit.*).

De acordo com Conti (1977), sua grande importância é saber para que ela serve e em que transformá-la, pois quanto mais elevada for a quantidade empregada por trabalhador, tanto maiores serão as mudanças físico-químicas ocorridas na matéria a ser manufaturada, e quanto maiores forem essas mudanças, maiores serão as probabilidades de que a produção seja poluente.

A relação entre o número de empregos gerados e a energia consumida em setores industriais brasileiros<sup>1</sup> como a indústria de Alimentos e Bebidas, a Têxtil, a de Produtos Químicos, a de Celulose e Papel, a de Siderurgia e Ferro-Ligas está disposta na **Tabela 2.1**, pela qual podemos concluir que, no Brasil, é válida a afirmação de Conti citada acima.

**Tabela 2.1** Empregos e consumo energético em setores de Alimentos e Bebidas, Têxtil, Produtos Químicos, Celulose e Papel, Siderurgia e Ferro-Ligas no Brasil, ano 2000

Setor	Empregos <sup>(1)</sup>	Eletricidade (GWh)	Energia Total (mil tep)	Nº de emprego/GWh	Nº de emprego/mil tep
Alim. e Bebidas	884.901	15.732	15.737	56,2	56,2
Têxtil	264.940	6.442	2.343	41,1	113,1
Prod. Químicos	285.991	17.568	9.904	16,3	28,9
Celulose e Papel	40.610	11.642	8.510	3,5	4,8
Siderurgia	50.365	15.541	17.791	3,2	2,8
Ferro-Ligas	9.359	6.394	2.428	1,5	3,8

(1) Para os setores de Alimentos e Bebidas, Produtos Químicos e Têxtil, os dados de emprego referem-se ao ano de 1999. Adaptado de Bermann (2002)

<sup>1</sup> A pesquisa não discute a relação emprego/energia consumida no processo produtivo, além do mais, a Tabela 2.1 diz respeito a esta relação em nível nacional e não regional, porém, a consideramos importante no sentido em que todos os setores nela dispostas estão incluídos em nossa região em estudo, destacando-se, para nosso interesse, o setor de Celulose e Papel a ser discutido no Capítulo 3.

### 2.2.1 Combustíveis fósseis e poluição do ar

O uso intensivo de fontes energéticas fósseis, que se formaram ao longo de milênios, provocou uma crise ambiental pela intensidade de seu consumo, em um tempo biológico extremamente curto. As atividades humanas, tais como o desmatamento e o uso destas fontes (petróleo, carvão, gás natural) pela queima, que provoca a emissão de gases perigosos, produziram modificações na atmosfera, podendo ocasionar efeitos irreversíveis e reações em cadeia incontroláveis, tais como o efeito estufa e a chuva ácida<sup>2</sup> (**Tiezzi, op.cit.**).

Um desses gases é o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o qual absorve parte da energia radiante do sol e a refletida pela terra ao espaço; o aumento da concentração desse composto induz a uma absorção maior de radiação infravermelha, refletindo-a de volta para a terra. Isto provoca, por seu aquecimento, o efeito estufa, que também é influenciado pelos aerossóis, poeiras, traços de gases, vapor d'água e manchas solares (**Tiezzi, op.cit.**).

Outro gás derivado da queima é o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) que, em contato com as nuvens transforma-se em ácido sulfúrico e ácido nítrico. Ao atingir o solo, as águas precipitadas com baixo pH (potencial de hidrogênio) modificam as composições químicas da terra, o que provoca alterações no substrato de alimentação das plantas, afetando-as. Na seqüência do processo, essas águas agora ácidas, atacam edificações, sendo-lhes também atribuídas as causas de doenças no aparelho respiratório, como asma e bronquite (**Tiezzi, op. cit.**).

O ozônio ( $\text{O}_3$ ) encontra-se, em grande parte, na estratosfera (90%) e tem a função de absorver os raios ultravioleta. Na troposfera, entretanto, ele afeta a saúde humana e os vegetais<sup>3</sup>. É considerado um poluente secundário, podendo ser produzido por complexos ciclos de oxidação de metano ( $\text{CH}_4$ ) e/ou monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), compostos orgânicos voláteis (COVs), dependendo da presença de óxidos de nitrogênio,  $\text{NO}$  e  $\text{NO}_2$ , que atuam como catalisadores, e da luz solar (**Lora, 2000**).

---

<sup>2</sup> Segundo Lara (2000), a ser observado no Capítulo 4, as precipitações na Bacia do Rio Piracicaba, entre os municípios de Bragança Paulista, Campinas, Piracicaba e Santa Maria da Serra têm características ácidas.

<sup>3</sup> Detectou-se várias vezes a ocorrência do ozônio na troposfera, alterando o Padrão Nacional de Qualidade do Ar, resolução CONAMA nº 3, no município de Paulínia nos anos 2001 e 2002, como demonstrado no Capítulo 4.

A solução para esses problemas estaria na redução do consumo energético, principalmente dos combustíveis fósseis, a utilização de combustíveis limpos e/ou renováveis (sol, vento, biomassas), e através de tecnologias para a redução de CO<sub>2</sub> (Tiezzi, op.cit.).

Na queima de combustíveis fósseis, a maior parte do carbono é emitido como CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e, em menor parte, como CO, ou, ainda, como carbono nas cinzas (particulados). A utilização de óleos mais leves, menos viscosos, reduzem a emissão dos particulados (Morais, 2002).

Os veículos automotivos constituem-se em uma importante fonte poluente; a adição de 22% de álcool na gasolina, substituindo o chumbo tetraetila e o MTBE ( Metil terci butil éter) provocou redução sensível (~50%) da emissão de monóxido de carbono (Morais, 2002). O **Quadro 2.1** indica alguns dos poluentes derivados da queima de combustíveis fósseis, suas fontes, e seus efeitos na saúde.

**Quadro 2.1** Principais poluentes do ar, suas fontes, e seus efeitos respiratórios

<b>Poluentes</b>	<b>Fontes</b>	<b>Efeitos na Saúde</b>
Óxidos de Enxofre (SOx), Particulados	Plantas de energia a óleo e a carvão, Refinarias de petróleo, Fundições, Aquecedores a querosene	Bronco-constricção, Bronquite crônica, obstrução e doenças crônicas no pulmão
Monóxido de carbono (CO)	Motores de veículos, combustíveis fósseis	Ocasiona asfixia, danos no coração, no sistema nervoso central, morte
Óxidos de Nitrogênio (NOx)	Emissões automobilísticas, Plantas de energia a combustível fóssil, Refinarias de petróleo	Ferimentos na vias aéreas, edema pulmonar, debilitação das defesas do pulmão
Ozônio (O <sub>3</sub> )	geradores de ozônio, aeronaves	Efeitos similares aos citados imediatamente acima.
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos	Emissões do diesel	Câncer no pulmão

Adaptado de Chivian et.al (1993) Quadro parcial

### 2.3 Usos da água e suas contaminações

Apesar do grande volume de água existente na hidrosfera, somente 2,6% constitui-se de água doce, e 4/5 desta porcentagem encontra-se na forma de gelo, o que impede seu emprego. A água doce superficial representa em torno de 0,02% do total da massa hídrica, ao que se somam os lençóis freáticos. Observa-se, entretanto, que essa água utilizável é limitada, pois sua distribuição (rios e lagos) é muito heterogênea (**Ramade, 1981**).

Segundo **Ramade (op.cit.)**, uma boa gestão hídrica deve levar em consideração que a água não seja extraída dos rios, lagos e aquíferos, em uma quantidade superior ao volume de recarga anual causada pelas precipitações, para que não seja comprometido o capital hidrogeológico regional. Em outras palavras, deve-se levar em consideração apenas as vazões da bacia de captação, levando em conta as vazões em épocas de estiagem, a fim de se precaver contra acidentes meteorológicos como as secas.

A atual cultura tecnológica consome quantidades crescentes de água, seja em função do uso industrial, doméstico ou por irrigação<sup>4</sup>. Assim, o abastecimento tornou-se um problema particularmente agudo devido ao crescente déficit hídrico. Uma das medidas tomadas para a atenuação desse déficit consiste na transposição de águas, de onde as fontes hídricas são excedentárias para as regiões onde há carência das mesmas, entretanto, esta é uma solução que produz impactos ecológicos consideráveis<sup>5</sup> (**Ramade, op.cit.**).

Algumas das soluções para esse problema consistiria em interromper desperdícios, a economizar nos três setores, combatendo as poluições difusas, as industriais e as domésticas e, em casos mais graves, adotar cotas máximas de consumo para a irrigação, indústria e uso doméstico.

---

<sup>4</sup> Em que pese o fato de muitos empreendimentos industriais utilizarem-se das tecnologias de fechamento do circuito de água para reuso no processo, aumento de produção significa aumento no consumo de água. Na agricultura, a adoção do Pivô Central para irrigação provoca grande perda evaporativa; uma das soluções é a utilização da técnica de gotejamento.

<sup>5</sup> Esse é um dos graves problemas no que diz respeito às águas na região em estudo, com o agravamento de que seus recursos hídricos não são excedentários.

### 2.3.1 A qualidade da água

A água é um recurso quantitativamente limitado mas reciclável; entretanto, em termos de qualidade, é necessário fazer sua análise sob outros aspectos (**Conti, op.cit.**).

Para a depuração das águas com poluentes orgânicos, o oxigênio tem importância fundamental de tal forma que:

*“o nível de poluição se mede em “demanda biológica de oxigênio” (DBO), ou seja, o número de miligramas de oxigênio por litro d’água necessários para transformar moléculas complexas em moléculas simples de gás carbônico, água e sais minerais. Existe, além disso, uma “demanda química de oxigênio” (DQO) que exprime a quantidade necessária de oxigênio para estabilizar, oxidando-os, os poluentes químicos”* (**Conti, op.cit. :30**).

A maioria dos despejos urbanos é carregada para os esgotos e desses para os rios e ribeirões, necessitando de muito oxigênio para se decompor, transformando-se em sais (nitratos e fosfatos), o que provoca sua diminuição nos corpos d’água, matando os peixes, e sua decomposição exige maiores demandas de oxigênio. Por outro lado, com o aumento dos nitratos e fosfatos há maior fertilização das águas, facilitando o crescimento das algas. Estas, por sua vez, morrem, retomando o ciclo, num processo de auto-alimentação. É o que se chama de eutrofização (**Conti, op.cit.**).

Entretanto, o conceito de poluição é relativo, pois os seres vivos adaptados ao meio ambiente convivem com uma dada concentração natural de elementos químicos seguindo a lei biológica: “para cada molécula construída há uma enzima que a destrói”. A variação da concentração química é que será considerada poluente (**Conti, op.cit.**).

Quando se introduz na natureza novas moléculas que a biota não reconhece, e para qual não há nenhuma enzima que a decomponha, dá-se a violação da lei biológica (**Conti, op. cit.**).

Com o avanço da química orgânica e a invenção de hidrocarbonetos clorados compostos de moléculas de carbono, hidrocarbonetos, oxigênio e átomos de cloro, tornou-se possível a criação de substâncias como o PVC (cloreto de polivinil), o PCB ( policlorobifenil), substâncias plásticas, o DDT (diclorodifeniltricloroetano) que é um inseticida, e o tricloro fenol utilizado na fabricação de herbicidas e desinfetantes, entre outros. Essas substâncias tóxicas não degradáveis são conservadas pelo meio ambiente, carregadas pelas águas, infiltradas nos solos atingindo os lençóis freáticos, causando a contaminação de pessoas e lugares<sup>6</sup> (**Conti, op.cit.**).

Desta forma, inúmeros são os casos de contaminação por elementos químicos naturais mas dispostos com elevada concentração, assim como os elementos não bio-degradáveis que entram na cadeia alimentar dos seres vivos ou intoxicam pelo contato, mesmo em pequenas doses<sup>7</sup>. Os exemplos mais conhecidos até os anos 70 eram: a intoxicação de pescadores por mercúrio em Minamata, no Japão, em 1953, devido a poluição do mar causada por uma fábrica de polímeros, a poluição dos mares Tirreno e Adriático, a contaminação por dioxina em Seveso na Itália em 1976, e no Vietnã em função da bombas desfolhantes americanas (**Conti, op.cit.**).

## **2.4 Contaminações**

A humanidade encontra-se ameaçada em sua saúde e sobrevivência de maneira similar à de uma guerra nuclear devido à diminuição da camada de ozônio, à destruição dos habitats, extinção das espécies, ao aquecimento global, ao envenenamento do ar, da água e solo pelas substâncias tóxicas e radioativas. Das duas ameaças, guerra nuclear e degradação ambiental, esta última é uma questão mais difícil de se enfrentar, pois demanda mudanças no estilo de vida e na cultura das pessoas tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento (**Chivian, et.al, 1993**).

A melhoria da saúde pública no século XX, em comparação com séculos passados, esteve relacionada com o aprimoramento da qualidade das águas, a higienização dos alimentos, da

---

<sup>6</sup> A Represa de Americana encontra-se bastante eutrofizada. Carmo (2000) detectou a presença de clorofenóis: DCP (diclorofenol), TCP (triclorofenol) e PCP (pentaclorofenol).

<sup>7</sup> A Shell Química instalada quase às margens do rio Atibaia contaminou o solo, subsolo e lençol freático de parte de sua área industrial e áreas circunvizinhas em Paulínia com metais pesados, organoclorados (drins) e óleos minerais. Essa contaminação atingiu dezenas de pessoas moradoras de sua região, constituindo-se em um dos casos mais graves de contaminação ocorrida na região, com repercussões internacionais.

nutrição, etc., porém, com o agravamento na saúde ambiental, principalmente nas últimas décadas. Os efeitos cumulativos decorrentes do crescimento populacional, industrial, da poluição, da depleção dos recursos naturais, da erosão dos solos, da retirada das águas de seu ciclo hidrológico entre outras questões, vêm alterando rapidamente a fisiologia básica do planeta **(Chivian et.al, 1993)**.

O homem, com sua visão egocêntrica, acreditando ser a mais importante das espécies, atua no sentido de exercer o domínio completo sobre a natureza, tratando os recursos naturais como sendo livres e inesgotáveis. Além disso, baseando-se nas maravilhas tecnológicas, considera que qualquer dano possa ser reparado. Para ele, o meio ambiente tem capacidade próxima ao infinito para assimilar qualquer descarga tóxica ou desperdício; é baseado nessa crença que se adotam estratégias de controle de poluição, enviando-a para lugares distantes **(Chivian et.al, 1993)**.

De acordo com os autores, o mundo todo encontra-se frente a uma crise de poluição atmosférica que revela-se sob vários aspectos. Emissões de óxidos de enxofre, de nitrogênio, monóxido de carbono, particulados, metais como o cádmio e o chumbo, poluem cidades e aldeias de todo o planeta. Essa poluição tem atingido níveis ameaçadores não somente à saúde, mas também à sobrevivência de populações inteiras e as iniciativas regulatórias nacionais não têm conseguido controlar a poluição em termos gerais, pois este é um problema mundial, a ser resolvido somente por iniciativas globais **(Chivian et.al, 1993)**.

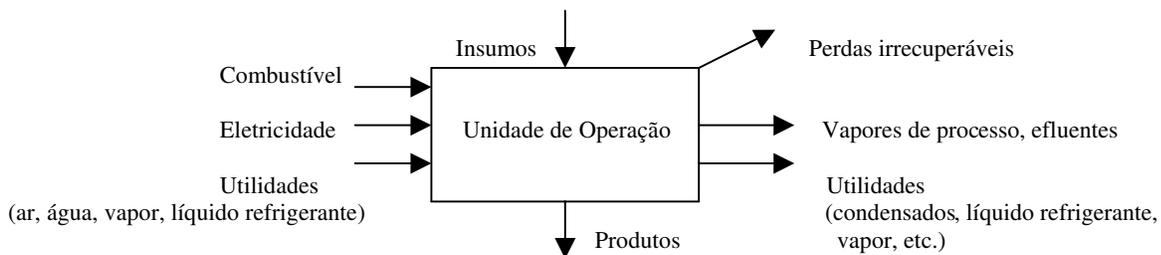
## **2.5 Parâmetros de usos de energia e os balanços de materiais nas indústrias**

As três referências metodológicas que se seguem serão utilizadas na construção dos Capítulos 3 e 4. No capítulo 3, serão analisados três importantes processos produtivos da região onde a indústria será considerada um volume de controle por onde fluem materiais, água e energia, e no Capítulo 4, o volume de controle será a própria região.

O relatório intitulado “Energy Analysis of 108 Industrial Processes”, de **Brown, Hamel, Hedman (1996)**, descreve o fluxo de produção de 108 processos industriais levando em consideração os balanços de massa e energia em cada etapa do processo. Em cada caso, o

diagrama de fluxos é apresentado seguindo-se tabelas nas quais as operações são listadas e caracterizadas por temperatura, fluxo de massa e energia.

O relatório foi elaborado nos anos 80, referenciando-se na análise de indústrias manufatureiras americanas; os diagramas de fluxos dos processos, a elaboração dos balanços e os dados apresentados constituem-se como base para o entendimento dos processos industriais, e sua metodologia permite a incorporação de mudanças que ocorrem nesses processos. De forma generalizada, a **Figura III** representa o diagrama de fluxos:



**Figura III.** Diagrama de fluxos de massa e energia dos processos.

Adaptado de: **Brown, Hamel, Hedman (1996)**

A obra **Indústrias de Processos Químicos** de **Shreve e Brink Jr., (1997)** é muito utilizada por profissionais da área e versa sobre a transformação química de matérias em produtos, alguns tornados bens de consumo e outros transformados em produtos intermediários ou químicos destinados à manufatura de bens de consumo.

O texto trata das conversões químicas em 40 tipos de indústrias e inclui a química fundamental de cada reação particular, apresentando o equipamento em que ocorre a reação e a operação do processo. Os autores consideram a necessidade do custo competitivo e eficiente para a obtenção do lucro, além de apresentar diagramas de fluxo de processos; em muitos casos, o balanço de massas, combustíveis, energia elétrica e mão de obra necessários.

**“Para combater a poluição – Pense globalmente dentro e fora da fábrica, equacione rigorosamente a matéria e a energia” (Sevá Fº 2000)**, trata-se de uma metodologia de análise e equacionamento de prevenção e controle da poluição decorrente do funcionamento das indústrias. Para enfrentar a poluição gerada no ambiente de grandes ou pequenas indústrias,

unidades produtivas grandes ou pequenas, é necessário uma visão de conjunto do problema levando-se em consideração que:

- Elaborar um modelo industrial compilando o maior número possível de eventos simultâneos ou sucessivos que raramente se materializa, mas pode acontecer.
- Pode-se representar uma instalação industrial como uma “máquina termodinâmica”, localizada em alguma região, com a finalidade de transformar ou converter trabalho humano, matérias e energia, em matérias e energia.
- Por esta “máquina” os fluxos passam por várias “portas”, fluindo no sentido exterior, interior, exterior, e deverão ser cadastrados, mapeados, equacionados, respeitando a Lei de Conservação de Massa e a Lei da Conservação de Energia.

Para o funcionamento de uma unidade produtiva, além do trabalho humano, são requeridos matérias primas, combustíveis, eletricidade adquirida ou produzida internamente, ar atmosférico e água bruta e tratada. Os fluxos de matéria e energia são transformados pelos equipamentos, por sistemas de conversão energética, sofrem reações químicas e/ou biológicas modificando-se e obtendo-se o produto final (**Sevá Fº, 2000**).

No processo de fabricação ou transformação, as energias são dissipadas na forma de perdas mecânicas, térmicas e eletromagnéticas; parte do calor sai junto com os produtos da chaminé dos fornos, das caldeiras, reatores, etc., junto com materiais quentes (cinzas, peças, etc.), fluído refrigerante, nas torres de condensação, aquecimento de bornes e cabos devido a perdas eletromagnéticas (**Sevá Fº, 2000**).

As matérias rejeitadas saem pelas chaminés como vapores, fumos, poluentes vários, gases, etc. Gases residuais de combustíveis são queimados, as águas perdem-se por evaporação e vazamentos, outras são canalizadas para estações de tratamento de onde se extraem borras e lamas. Saem dos processos fluidos refrigerantes, óleos, solventes em geral, descartes de laboratório, cinzas, poeiras, escórias, aparas, sucatas em geral, restos de alimentação; alguns materiais são aproveitados, outros, depositados em aterros ou lixões (**Sevá Fº, 2000**).

Pela Lei da Conservação de Massa, a soma de todos os materiais que entram deve ser equivalente à soma de todos os materiais que saem; se algo não saiu é porque se acumulou disseminando-se em estoques.

Pela Lei de Conservação de Energia, a soma da energia contida nos combustíveis, pelo vapor e eletricidade fornecidos às instalações, e o reaproveitamento de gases quentes, residuais, deve ser equivalente a todas as perdas de calor, mecânicas e eletromagnéticas, mais as parcelas da força motriz, eletricidade ou calor efetivamente aplicados na fabricação dos produtos (Sevá Fº, 2000).

## **2.6 Sobre a metodologia de mapeamento dos riscos ambientais**

A pesquisa intitulada “**Riscos Técnicos e Coletivos na Região de Campinas**” (Sevá Fº et. al, 1997) realiza um mapeamento dos riscos ambientais na região de Campinas, S.P. Ao tratar a região, leva em consideração que esta não pode ser definida objetivamente devido à complexa diversidade existente, pois é percebida sob a óptica de cada indivíduo, grupo de cidadãos, etc. O trabalho elaborado procura mostrar um quadro de entendimento da região.

Fisicamente a região faz parte dos eixos de expansão da Grande São Paulo, com ligações contínuas e históricas com as regiões vizinhas: o maciço da Mantiqueira, a sudoeste de Minas Gerais, o Vale do Paraíba do Sul, as bacias dos rios Moji Guaçú e Pardo e, a oeste, as regiões de Sorocaba e Botucatu.

Foram investigados, na referência, os riscos decorrentes das atividades industriais têxteis, metalúrgicas, de montagens mecânicas, eletromecânicas e eletroeletrônicas, de produtos alimentícios e de rações, usinas de açúcar e álcool, sucos e bebidas, de produtos não-metálicos, vidros, refratários e abrasivos, indústrias de petróleo e derivados, de processos químicos, farmacêuticos, fertilizantes minerais e borrachas e indústrias de celulose, papel e papelão, levando em consideração os fatores de risco: emissões atmosféricas, efluentes líquidos e lamas, resíduos sólidos, trajetos de risco, armazenamento de insumos e produtos, e riscos para a saúde no ambiente de trabalho e vizinhanças.

Além dos riscos derivados das atividades industriais, o trabalho aponta os riscos decorrentes do uso dos solos, na agricultura e mineração, como também o problema resultante da ocupação urbana recente de bairros pobres e áreas nobres. Foram mapeados problemas como os recursos hídricos superficiais, levando em consideração o sistema de captação, tratamento e distribuição de água, do sistema de coleta e destinação dos esgotos urbanos do município de Campinas, identificando a situação de outros municípios no que diz respeito à captação de águas e a devolução de efluentes nos cursos d'água, e o estado de preservação de sua qualidade.

Das avaliações de riscos o trabalho aponta os setores que mais afetam a saúde do trabalhador, e a população residente. As situações mais críticas que ocorrem nas indústrias, nos transportes e na construção civil, estão relacionadas com acidentes fatais no ambiente de trabalho, nos trajetos entre residência e trabalho, além das doenças decorrentes do ambiente de trabalho.

Por fim, foram descritos os riscos decorrentes dos resíduos sólidos gerados, a situação do lixo doméstico, do lixo industrial e perigoso, e sua disseminação. Verificou-se a situação dos lixões na região de Campinas e, no que diz respeito ao lixo industrial, seu encaminhamento ao próprio terreno da indústria, em depósitos mistos de lixo e resíduo, depósito em valas em municípios vizinhos como Paulínia, Jundiaí, Indaiatuba, Capivari, Salto, Monte Mor e Campo Limpo, envio para queima em incineradores no Estado de São Paulo e envio para queima em indústrias de outros Estados.

**Sevá Fº (1998)** discute os riscos na indústria petrolífera no Brasil. As atividades dessa indústria apresentam, em todas as suas etapas, riscos intrínsecos e variados resultantes da estreita correlação e potencialização entre os fatores técnicos, as condições humanas, e as variações do ambiente natural.

O autor relata os procedimentos para a extração do óleo em plataformas marítimas, as transferências para as bases terrestres e terminais marítimos de recepção, e os despachos para as

unidades de processamento de gás natural e o parque de refinarias. Todas essas etapas estão sujeitas a riscos pois os hidrocarbonetos são voláteis, inflamáveis e tóxicos<sup>8</sup>.

Além dos riscos apresentados pelos hidrocarbonetos, o texto descreve as situações de risco identificadas nas gírias dos trabalhadores para os estados de atenção, anormalidades, alertas e perigo pois são eles, os trabalhadores e operadores, que sabem, antes dos demais, sobre os disparos de alarmes, efeitos de instrumentos e sensores descalibrados, eventos ou mecanismos de riscos como emergências, descontrole de máquinas, desbalanceamentos de sistemas, qualidade técnica e estado de degradação de equipamentos, etc. São citados vários acidentes, incêndios ocorridos em terminais marítimos, refinarias, dutos, reservatórios, transporte de derivados, contaminações de efluentes, explosões e vazamentos.

*“ Justamente por serem sistemas complexos, materializações de tecnologias de alto risco, sabe-se que a ocorrência ou não de acidentes e a sua gravidade dependem diretamente dos seus padrões reais de funcionamento e do preparo de seus trabalhadores, além do estágio preciso de depreciação técnica. E justamente por serem ‘intrínsecos’, tais eventos de risco são ‘probabilísticos’ e sempre acontecem em alguma instalação. Deviam estar sendo previstos e combatidos sem trégua e não tolerados, muito menos induzidos pelas próprias empresas, que deveriam ser responsáveis pela totalidade dos efeitos de seus empreendimentos. Também chega-se até esta situação por causa das relações sociais e hierárquicas de produção, que excluem os operadores e mantenedores do equipamento de uma participação efetiva nas fases de concepção e projeto de equipamentos e sistemas. Essas mesmas relações os constroem ou os obrigam a executar instruções operacionais claramente equivocadas ou bastante arriscadas.*

---

<sup>8</sup> Os dutos de distribuição de gás natural em Piracicaba atravessam a parte leste da cidade. Um dos pontos de redução da pressão do gás canalizado que é enviado à fábrica de papel Votorantim, situa-se na calçada ao lado da Escola de Agronomia; neste ponto, é possível sentir seu odor devido às emissões fugitivas das válvulas, o que constitui em um risco para a população. Registro também importante diz respeito à morte de dois trabalhadores no City Gate ao lado da rodovia Piracicaba/Limeira em 2001, asfixiados durante a inertização da linha (N<sub>2</sub>).

*Infelizmente chegou-se até esse ponto de menosprezar e até favorecer a eclosão dos riscos. Depois das ocorrências, dos prejuízos e das vítimas, sempre se pode dizer que a causa foi por alguma negligência real ou aparente de alguém, até mesmo das próprias vítimas. Os riscos são cada vez mais ‘coletivos’ porque se ampliam os efeitos acidentais, poluidores e patológicos da atividade, atingindo não somente os trabalhadores diretos, mas por vezes também os administrativos, a população vizinha e os transeuntes. Além disso, nas regiões próximas vão se acumulando seqüelas; e, em todo País, são afetados de alguma forma todos os usuários de combustíveis derivados do petróleo e de gás natural” (Sevá Fº, 1998: 177-178).*

Segundo **Freitas (1996)**, nas operações de sistemas tecnológicos complexos (indústrias químicas de transformação, petroquímicas, etc.), para que a produção ocorra nos prazos e volumes programados, muitas vezes as operações dão-se diferentemente das prescritas nos projetos originais: o automático transforma-se em manual, a produção contínua sofre interrupções tornando-se intermitente, com isso, o controle sobre o processo torna-se inadequado e as condições de trabalho perigosas, devido à banalização das falhas, as quais passam a serem consideradas menores e “normais”.

Em cada etapa de identificação de perigos e as estimativas de suas probabilidades, seus limites e incertezas, não têm implicações apenas na compreensão das causas dos acidentes, mas também nas estimativas de suas conseqüências (**Freitas, 1996**).

Os limites e incertezas nas análises das conseqüências de acidentes químicos devem levar em consideração seu agravamento diante de um contexto ambiental caracterizado por altos índices de poluição crônica em locais de precárias condições de vida da população, pois acidentes químicos ampliados<sup>9</sup>,

*“mesmo que não envolvam substâncias tóxicas, contribuem para agravar danos do dia a dia em um quadro que por si só já é grave” (Freitas, 1996: 125).*

---

<sup>9</sup> “eventos agudos como explosões, incêndios e emissões, isolados ou continuados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos, sociais, ambientais, e à saúde física e mental dos seres humanos” (Freitas, 1996: 26).

Emissões contínuas de poluentes industriais como partículas em suspensão (P.S.), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e outros, contribuem para o quadro crônico de doenças respiratórias particularmente em populações vulneráveis e que convivem com precárias condições de vida. Qualquer variação de emissões químicas que signifique sobrecarga além do “normal” dessas populações, poderá provocar os mesmos efeitos que, em países da Europa ou EUA só se manifestariam em casos de acidentes químicos ampliados (Freitas, 1996).

## **2.7 Algumas notas sobre históricos da expansão industrial na região**

Nos idos anos do século XVIII, desde a fundação de Piracicaba em 1767, a região era dedicada à policultura, inclusive cana e café em pequena parcela, já em 1816 havia 18 engenhos operando e 12 em construção. A opção pela indústria açucareira ao lado do cultivo do café revelou-se pelo receio dos grandes fazendeiros de enveredarem-se na super produção cafeeira, ao lado da modernização da produção de açúcar com a instalação dos Engenhos Centrais de Piracicaba, de Monte Alegre, e de Vila Raffard em Capivari com capitais estrangeiros, delineando assim o perfil açucareiro do município e região (Terci, 1991).

Para enfrentar as sucessivas crises de abastecimento de cana, os Engenhos Centrais passaram à aquisição e arrendamento de terras tais que, em 1900, a Societé Sucrerie Bresiliene (Engenho Central), possuía 3750 hectares de terras próprias e arrendava 883 hectares, ao lado da instalação da linha ferroviária Ituana num primeiro momento e, posteriormente, empreendeu a construção de sistema ferroviário próprio (Terci, 1991).

Na região de Campinas, as ferrovias também desempenharam papel crucial na expansão capitalista agrária, ocasionando o desmatamento de terras virgens. A Mogiana, a Paulista e a Sorocabana facilitaram a expansão cafeeira, atingindo Campinas em 1872, Itu em 1873, Mogi Mirim e Amparo em 1875, e Rio Claro em 1876.

*“Há pouco mais de um século, foi desarticulado o escravagismo dos cafezais e dos canaviais, e se iniciava a era do assalariamento. Durante meio século as ferrovias inglesas continuaram a encompridar seus trilhos e definir cidades e bairros industriais, e*

*na maioria delas, os trilhos de bondes. A era da eletricidade, aqui, em simultâneo com o mundo: as usina hidrelétricas se multiplicavam nas vertentes do Maçico da Mantiqueira, e das Serras de São Pedro e São Carlos, depois aproveitando o salto de Piracicaba e vários outros degraus dos rios Jundiá, Atibaia, Jaguari, Corumbataí, e de seus principais afluentes que sulcam a depressão periférica do Planalto Paulista. Inicialmente o progresso elétrico foi capitaneado por empresários locais e brasileiros das capitais, logo foram assediados e depois deslocados pelos norte-americanos da Amforp, rebatizada Companhia Paulista de Força e Luz. Na área mais montanhosa, o café resistia às crises mas ainda era poderoso; nas campinas e nos planaltinhos, foi a vez do algodão e da cana-de-açúcar. Na segunda metade do século XX, a já importante Campinas e suas vizinhas Americana, Limeira, Piracicaba, Indaiatuba, Valinhos, Mogi Guaçu hospedaram empresas típicas dos anos dourados, e depois, as dos anos negros, do “milagre econômico” (Sevá, 2002: 9).*

## **2.8 Algumas notas sobre a expansão, localização e poder político industrial na globalização**

O crescimento industrial brasileiro, por razões históricas e econômicas, deu-se com maior ênfase em São Paulo, mais especificamente na região metropolitana. A excessiva concentração industrial e populacional apresentou problemas no que se refere a questões sociais (habitação, violência, transportes, etc.), a questões ambientais (poluição, destruição de mananciais, etc.), e de ganhos de capital (restrições a expansão, etc.) (Negri, 1996).

Entre os meados dos anos 70 e anos 80, a indústria expandiu-se para o interior, fluindo pelos eixos viários e, no que toca à Bacia, são fundamentais a Via Anhanguera (SP-330), a construção da Bandeirantes (SP-348), a Fernão Dias (BR-381) e de grande importância a duplicação das rodovias D. Pedro I (SP-065), Ademar de Barros (SP-340), Luis de Queiroz (SP-304), Miltom Tavares, assim como a Rodovia do Açúcar (SP-308).

Campinas e região passaram então a vivenciar alguns dos mesmos problemas da metrópole paulista. Problemas no que diz respeito ao adensamento populacional, falta de planejamento urbano, degradação ambiental revelada pelos níveis de poluição aérea, resíduos

industriais e urbanos, esgotamento e poluição dos mananciais hídricos devido às atividades urbanas, industriais e rurais.

Muitas prefeituras do interior, a partir da década de 80, passaram a oferecer uma série de incentivos visando a atração de estabelecimentos industriais. As “políticas de atração industrial” consistiam e consistem na isenção de impostos e taxas municipais, terrenos, ressarcimento de gastos com a infraestrutura e o estabelecimento de distritos industriais, muitos dos quais criados através de empréstimos, acarretando o endividamento aos municípios. “*Essas prefeituras gastaram o que tinham e não tinham para subsidiar a vinda de capital produtivo*” (Lecioni, 1994: 201).

Segundo Marcondes (1999), em meados da década de 80, o Brasil urbano atravessou uma grande crise pelos efeitos recessivos da economia; é nessa época que na RMSP a oferta de serviços sofisticou-se, alterando sua estrutura produtiva e ajustando sua base econômica em direção ao setor terciário, passando

*“a exercer um papel cada vez mais importante, à medida que os novos padrões tecnológicos e de cooperação faziam ruir as relações de produção baseadas no fordismo e no taylorismo”* Marcondes (op. cit.: 127).

Santos e Silveira (2001) consideram que, embora a cidade de São Paulo direcione-se para o setor terciário, ainda mantém sua posição na hierarquia econômica nacional dado o aumento de seu papel de regulação expresso na concentração de informações, serviços e tomadas de decisões.

Para se ler e compreender as atuais localizações das empresas, os autores ressaltam o papel da globalização no estabelecimento das regras prescritas. Se em um dado momento o Estado atuou com um projeto de desenvolvimento estabelecendo normas e exercendo um papel regulador referente a tarifas, impostos, financiamentos, créditos, salários, etc., as instalações industriais buscavam vantagens comparativas no que diz respeito aos recursos naturais, infraestrutura, etc., porém, adaptadas ao papel de regulação do Estado.

Com a globalização, o chamado “mercado global” confunde-se com a lógica individual de empresas ao se instalar num determinado país; com isso, o discurso do “mercado global” efetiva-se por intermédio das empresas com poder e força suficientes a induzirem o Estado a adotar comportamentos que respondam aos seus interesses privativos. A partir de tais regras, as empresas buscam localizações convenientes que podem estar disponíveis ou ser preparadas **(Santos e Silveira, 2001)**.

*“Nas condições atuais, e de um modo geral, estamos assistindo à não política, isto é, à política feita pelas empresas sobretudo as maiores. Quando uma grande empresa se instala, chega com suas normas, quase todas extremamente rígidas. Como essas normas rígidas são associadas ao uso considerado adequado das técnicas correspondentes, o mundo das normas se adensa porque as técnicas em si mesmas também são normas. Pelo fato que as técnicas atuais são solidárias, quando uma se impõe cria-se a necessidade de trazer outras, sem as quais aquela não funciona bem. Cada técnica propõe uma maneira particular de comportamento, envolve suas próprias regulamentações e, por conseguinte, traz para os lugares novas formas de relacionamento. O mesmo se dá com empresas. É assim que também se alteram as relações sociais dentro de cada comunidade. Muda a estrutura do emprego, assim como as outras relações econômicas, sociais, culturais e morais dentro de cada lugar, afetando igualmente o orçamento público, tanto na rubrica da receita quanto no capítulo da despesa. Um pequeno número de grandes empresas que se instala acarreta para a sociedade como um todo um pesado processo de desequilíbrio.*

*Todavia, mediante o discurso oficial, tais empresas são apresentadas como salvadoras dos lugares e são apontadas como credoras de reconhecimento pelos seus aportes de emprego e modernidade. Daí a crença de sua indispensabilidade, fator da presente guerra entre lugares e, em muitos casos, de sua atitude de chantagem frente ao poder público, ameaçando ir embora quando não atendidas em seus reclamos. Assim, o poder público passa a ser subordinado, compelido, arrastado. À medida que se impõe esse nexos das grandes empresas, instala-se a semente da ingovernabilidade, já fortemente implantada no Brasil, ainda que sua dimensão não tenha sido adequadamente avaliada”* **(Santos, 2000: 67-68)**.

### 2.8.1 Algumas notas sobre o “desenvolvimentismo” nacional

Conforme a análise do historiador Warren Dean (1996), no Brasil, a idéia de desenvolvimento imbuído de valores positivos de independência e auto-realização poria fim ao atraso, com a modernização ocupando o lugar do tradicionalismo, encerrando, assim, a pobreza. Desenvolvimento econômico, mais que política governamental, significava um abrangente programa social justificando, na consciência coletiva ou imaginário popular, a exploração indiscriminada da natureza. Entretanto, o desenvolvimento nunca se concretizou: a estratégia perseguia o crescimento econômico ao invés de buscar a redistribuição da riqueza.

Os investimentos estatais e multinacionais que ocorreram entre os anos 50 e 70 concentraram-se entre São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, expandindo-se aceleradamente na produção de veículos automotivos, navios, produtos petroquímicos, farmacêuticos, papel e celulose, produtos elétrico-eletrônicos, etc., representativos de “modernização” (Dean, 1996).

Ocorreram ao mesmo tempo o rápido crescimento populacional urbano e o extermínio das últimas faixas de florestas, convertidas em fazendas e pastagens produzindo café, algodão, soja, e outros gêneros alimentícios e matérias primas, suprindo a demanda urbana e atendendo a demanda mundial por esses produtos (Dean, op.cit.).

Durante a década de 70, os projetos desenvolvimentistas do governo militar resultaram em crises econômicas e desastres ambientais. O “milagre econômico”, iniciado em 68, uma extensão do que havia sido adotado na década de 50, buscando atrair capital estrangeiro em um mercado interno fechado, se abala ao final de 1973 com a “crise do petróleo” pela quaduplicação de seu preço. A resposta foi lançar projetos de desenvolvimento ainda mais agressivos ao meio ambiente, e muito descuidados em seu aspecto social (Dean, op.cit.).

As políticas de ajuste que foram adotadas para fazer frente à crise estabelecida em 73 aprofundaram a industrialização energético intensiva, enquanto o Primeiro Mundo adotava políticas poupadoras de energia em função de novos paradigmas tecnológicos. Políticas de subsídio tarifário e custos de produção crescente inviabilizam o crescimento econômico baseado na atual

trajetória industrial energo intensiva adotada, afetando negativamente o meio ambiente, numa trajetória insustentável (**Furtado, 1998**).

Segundo **Torres (1996)**, o Brasil sofreu mudanças em sua estrutura industrial a partir do segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) lançado em 1974, tornando predominantes as indústrias intermediárias (borracha, couro, peles, matéria plástica, metalurgia, minerais não metálicos, madeira, papel e celulose). Essas indústrias caracterizam-se por serem intensivas em recursos naturais (mineral e vegetal), com baixo custo de transportes, intensivas em energia e altamente poluidoras.

A sustentação econômica dos projetos desenvolvimentistas pós “milagre” baseou-se nos créditos abundantes do Sistema Financeiro Internacional, ávido em reciclar os fundos do cartel petrolífero, os quais foram investidos na expansão da exportação para pagar a conta do petróleo importado e em um programa diversificado para alcançar a auto suficiência energética: *“sondagem de petróleo na plataforma marítima, conversão da cana-de-açúcar em álcool combustível, e uma enorme expansão hidrelétrica”* (**Dean, 1996: 309**).

A maioria desses projetos foi executada nas regiões onde havia Mata Atlântica remanescente e podemos citar dois casos representativos do descuido ambiental e social: a expansão hidrelétrica e o proálcool (**Dean, op.cit.**).

Na expansão de hidrelétricas, a usina de Itaipú, com 185 metros de altura, alagou 1.529 km<sup>2</sup> no lado brasileiro e 2.260 km<sup>2</sup> do lado paraguaio, além de submergir Sete Quedas. Vale observar ainda que foi necessário remover do lado brasileiro 42 mil moradores que produziam 600 mil toneladas de alimentos ao ano. A barragem de Rosana, no Pontal do Paranapanema, alagou 30 km<sup>2</sup> da última reserva remanescente da região, a reserva Morro do Diabo, além de desapropriar centenas de famílias pequenas produtoras (**Dean, op.cit.**).

A produção de álcool combustível está baseada no cultivo da cana-de-açúcar, exigindo grandes extensões de terras, e sua produção, colheita e transporte, utiliza muito combustível fóssil, o óleo diesel. A expansão da monocultura implica a concentração de terras, expropriando pequenos e médios produtores, e substituindo culturas tradicionais de subsistência. Segundo

**Dean, (op.cit.)**, entre 1962 e 1984, a cana-de açúcar foi responsável pela perda de quase metade de floresta primária na região de Ribeirão Preto/SP.

## 2.9 Conclusões

O Capítulo demonstra que o mundo contemporâneo, marcado pelo desenvolvimento tecnológico, convive com várias crises, dentre elas, a ambiental. Esta revela-se no uso intensivo de energia, principalmente aquela obtida de combustíveis fósseis cujos subprodutos, os compostos químicos, provocam poluição e alterações na atmosfera. Uma outra face refere-se ao uso indiscriminado dos recursos hídricos, causando sua depleção e contaminação.

A região analisada convive com a crise ambiental, reproduzindo situações encontradas em muitos locais industrializados do planeta, expressa nesses dois vetores: o uso intensivo de combustíveis fósseis e a escassez hídrica.

Será demonstrado que, em função da grande densidade populacional e industrial, fazendo usos crescentes de combustíveis, aliados à queima de muita biomassa, uma energia renovável, há problemas sérios de poluição atmosférica, afetando a saúde humana e o meio ambiente.

O uso igualmente intensivo e indiscriminado dos recursos hídricos, que revelam baixos índices de qualidade provoca, na região, um estresse em seus corpos d'água, vinculado com as alterações e principalmente com a diminuição de suas vazões, acentuadas com a transposição de suas águas para outras bacias, o que contraria, segundo **Ramade (op.cit.)**, o bom gerenciamento.

No presente Capítulo foram descritas algumas situações de riscos de acidentes em sistemas tecnológicos complexos. Os acidentes, os riscos, as probabilidades de ocorrência e suas conseqüências, estão igualmente presentes em nossas investigações através de análises em empresas tecnologicamente complexas.

Segundo **Freitas (1996)**, a poluição crônica e os acidentes, mesmo que não envolvam substâncias tóxicas, contribuem para agravar doenças em populações vulneráveis, que vivem em precárias condições.

Nesse sentido, a ser descrito no capítulo 3, as crianças e idosos do município de Piracicaba constituem a faixa de população mais afetada pela poluição crônica, e será

apresentado um caso grave de contaminação ocorrida em Paulínia, atingindo dezenas de pessoas vulneráveis.

Estão descritas no presente capítulo algumas notas sobre o crescimento industrial brasileiro, a opção nacional pela industrialização energo-intensiva e hidro-intensiva, características de um capitalismo dependente, e a expansão de atividades e empreitadas em áreas remanescentes de florestas.

Registraram-se algumas notas sobre a expansão industrial sentido capital paulista - interior, provocando agravamentos sociais e ambientais. Vale lembrar que, no mundo atual, as empresas modernas, instrumentos da globalização, alteram o sentido histórico da política. A nova política, ou não política, é a regida por suas normas, de tal forma que, o atendimento aos seus interesses revela a salvação do lugar e a expressão da modernidade.

O crescimento regional realizado sem planejamento urbano, industrial e ambiental, permite expansões, novas instalações industriais e outras atividades que pressionam o meio ambiente: os recursos hídricos, a atmosfera, o solo, o subsolo, e a saúde humana, havendo a necessidade da discussão política, realizada por agentes políticos, para definir as possíveis vocações regionais de desenvolvimento.

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISE DE PROCESSOS PRODUTIVOS RELEVANTES NA REGIÃO: Açúcar e Álcool, Celulose e Papel e Refino de Petróleo – parâmetros de fabricação, estimativas dos fluxos de materiais, de eletricidade e de água.**

#### **Apresentação**

O polo representado por Campinas apresenta uma importante base produtiva com plantas intensivas em capital e tecnologia, algumas especializações como petroquímica em Paulínia, equipamentos e implementos agrícolas em Piracicaba e Indaiatuba, tecidos, borracha, mecânica e química em Americana e Nova Odessa, agroindústria de açúcar e álcool em Piracicaba e suco concentrado de laranja em Limeira. (CBH-PCJ, 1999). Destaca-se também a indústria de papel e papelão e o polo de cerâmica de revestimento em Santa Gertrudes.

Dentre os diversos ramos de produção industrial na região, selecionamos o de Açúcar e Álcool, Celulose e Papel e Indústria Petroquímica, os quais apresentam expressiva participação na produção nacional.

A indústria sucroalcooleira encontra-se instalada de longa data na região de Piracicaba, e seu funcionamento afeta o território onde se instala pois, seu insumo básico, a cana-de-açúcar, ocupa grandes áreas. Uma prática comum na sua colheita é o uso da queima da palha para facilitar o corte manual. Isto provoca emissões de poluentes levando ao agravamento da qualidade do ar, o que afeta a saúde humana, além de representar um desperdício de energia.

A aprovação do Projeto de Lei 11.421, o qual restringe progressivamente essa prática até o ano 2031, e com o avanço da mecanização nessa cultura, atinge o atual modelo econômico

baseado na agroindústria canavieira da região. A nova lei forçará a agroindústria a adotar novas práticas econômicas, pois grande parte de sua área de plantio é inapta ao corte mecanizado. Essas duas novas realidades pressionam no sentido de levar ao desemprego, seja regional seja estadual.

Embora a fase industrial seja autoprodutora de energia em função da queima do bagaço, por outro lado faz uso de grandes quantidades de água com muitas perdas evaporativas. Um subproduto, o vinhoto, é produzido em larga escala, e a prática eficaz de sua eliminação é aplicá-lo na lavoura; se, por um lado, a fertiliza, por outro acarreta contaminações no solo e água subterrânea, embora pesquisa elaborada por **Vieira (1985)** indique reversibilidade.

A indústria de celulose e papel caracteriza-se por ser energo intensiva e hidro intensiva e seu insumo básico, o eucalipto, também é derivado do uso da terra. A região em estudo não se caracteriza por ser grande produtora desse insumo, embora por suas rodovias trafegam caminhões transportando eucaliptos, muitos servindo a única fábrica de pasta celulósica nela instalada, a Ripasa, localizada em Limeira, às margens do rio Piracicaba, vizinha ao município de Americana.

Neste capítulo descrevemos as rotas das fazendas até a Ripasa, com valores de cargas transportadas no ano de 1996. Tomando como referências valores industriais, trabalhos acadêmicos e literatura pertinente, estimamos os valores específicos de água captada e descartada, a energia requerida nas indústrias de celulose e papel instaladas na região, a produção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e AOX (Compostos Orgânicos Clorados) produzidos ao dia na Ripasa.

Nossa análise da indústria petroquímica descreve aspectos gerais do processo produtivo, potência instalada, captação e descarte de água da Replan, a maior refinaria de petróleo do país. Essa indústria processa petróleo para a obtenção de derivados, os quais, por suas características inerentes, apresentam riscos de acidentes como incêndios, explosões, e de seus processamentos derivam contaminações das águas, do solo e poluição do ar.

Neste capítulo registramos historicamente alguns acidentes, ocorrências anormais e incêndios ocorridos na refinaria. A importância dos registros revela-se na compreensão de que esta é uma empresa que se utiliza, em suas operações, de sistemas tecnológicos complexos, nos

quais os eventos de riscos são probabilísticos. No caso de ocorrerem, os trabalhadores podem ser atingidos, como já aconteceu e, tal como demonstraremos no capítulo 5, em decorrência deles, sucedem contaminações das águas, do solo, do subsolo e poluição do ar.

### 3.1 Cana-de Açúcar, produção

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar gerando, em 1999, 333.848 mil toneladas em uma área de 4.899 mil hectares, e a produção no Estado de São Paulo foi de 197.144 mil toneladas, ocupando uma área de 2.555 mil hectares. Para o ano de 2001, a produção nacional foi de 345.941 mil toneladas em uma área de 4.973,3 mil hectares. O Estado de São Paulo produziu nesse mesmo ano 198.932 mil toneladas, ocupando uma área de 2.567 mil hectares (Agrianual, 2003).

O espaço geográfico da região em estudo é marcado por essa monocultura, quantificado pela **Tabela 3.1** abaixo. Note-se que, dos 19 municípios, a monocultura ocupa, em 8 deles, acima de 50% da área rural.

**Tabela 3.1.** Área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar nos municípios da região estudada e parte da região de Piracicaba no ano de 1999

Municípios	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Área rural do município (km <sup>2</sup> )	Área ocupada pela cana-de-açúcar		% da área rural ocupada
			km <sup>2</sup>	ha	
Hortolândia	62,0	5,0	4,89	498,0	97,8
Iracemápolis	105,0	98,3	84,21	8.421,0	85,6
Sta Bárbara d'Oeste	270,0	210	173,5	17.350,0	82,6
Rio das Pedras	227,0	207,6	143,56	14.356,0	69,1
Santa Gertrudes	97,7	92,7	61,47	6.147,0	66,3
Charqueada	176,0	164,7	99,26	9.926,0	60,2
Cordeirópolis	137,0	116,0	67,48	6.748,0	58,2
Paulínia	154,0	56,0	30,38	3.038,0	54,2
Piracicaba	1.368,4	1.203,0	509,81	50.981,0	42,4
Nova Odessa	84,0	54,6	21,45	2.145,0	39,2
Cosmópolis	166,0	156,0	59,12	5.912,0	37,9
Americana	134,0	27,5	9,8	980,0	35,6
Limeira	579,0	470,0	141,91	14.191,0	30,3
Ipeúna	190,5	182,5	50,73	5.073	27,8
Rio Claro	498,7	448,2	115,78	11.578,0	25,8
Sta Maria da Serra	256,5	254,5	59,62	5.962,0	23,4
São Pedro	618,2	605,5	126,75	12.675,0	20,9
Sumaré	164,0	153,0	21,24	2.124,0	13,9
Campinas	796,0	402,1	25,38	2.538,0	6,3
<b>Total</b>	6.084,0,0	4.907,2	1.806,34	180.634,0	36,8

Adaptado de: Relatório Zero, IBGE censo 2000, Seade, Leis Municipais de Perímetros Urbanos

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade mecanizada, baseada no uso intensivo de máquinas e implementos agrícolas, dependente de combustíveis fósseis, basicamente o diesel. As operações convencionais baseiam-se na limpeza do solo, calagem, uso de grade pesada para a eliminação de soqueiras, operações de conservação do solo, aração e gradagens pesada, média e leve de pré-plantio, operações estas que afetam a estrutura do solo (**Luca, 2002**).

A colheita pode ser feita manualmente após a queima da cana, e o carregamento feito por máquinas, ou então a colheita mecanizada, em que se pica a cana e se carrega a mesma simultaneamente. Podemos ter uma 3ª alternativa, em que se colhe sem picar e o carregamento é feito por outra máquina. Além das operações de colheita, há a operação de transporte, realizada por caminhões e os tratos de soqueira, que compõem-se de alheiramento de palha, aplicação de torta de filtro, aplicação de adubos, inseticidas e herbicidas (**Luca, 2002**).

**Ferreira (1992)** estimou o consumo de diesel na lavoura canavieira; para os dados da safra de 89/90 no Estado de São Paulo. De todo o combustível utilizado, o maquinário na fase da colheita consumiu 55,1%, da reforma 23,2%, de tratos de soqueira 21,7%. Nessas atividades, os caminhões consumiram 60,8%, os tratores 24,2%, as colhedoras e carregadeiras 14,0%, e os motores estacionários 1,0%. Foram colhidas 124.600 mil toneladas em uma área de 1.661,3 mil ha, exigindo o consumo de 406.200 m<sup>3</sup> de óleo diesel.

A queima do canavial é realizada para facilitar as operações de corte, carregamento e transporte da matéria prima, mas esse procedimento implica um grande desperdício de biomassa (palhas e ponteiros), provocando a emissão de particulados e gases poluentes na atmosfera. Após a colheita, o solo fica descoberto tornando-se mais susceptível à erosão, sofre maior perda de água por evaporação e propicia o desenvolvimento de ervas daninhas (**Luca, 2002**).

A queima prévia dos canaviais também apresenta inconvenientes, como o risco do descontrole do fogo, danos às redes de transmissão elétrica, perdas de sacarose devido a exsudação dos colmos, desperdício de massa vegetal que poderia ser incorporada ao solo melhorando suas propriedades físico-químicas, ou aproveitada como fonte de energia, além da dificuldade de implantação de controle biológico das pragas, pois o fogo destrói a microflora e a microfauna do solo (**Almeida Fº, 1995**).

A implantação do manejo da cana-de-açúcar sem queima depende da aptidão das terras à colheita mecanizada. Na Região de Piracicaba<sup>1</sup>, segundo Oliveira<sup>2</sup>, somente em 30% da área de plantio é possível a utilização de colheitadeira mecânica, dado que 70% é constituída de declive superior a 12%. Levando em consideração critérios como relevo, pedregosidade, encharcamento e erodibilidade, 52% das terras do município de Piracicaba são inaptas para o corte mecanizado, e 31% delas são consideradas aptas, dos quais 76% já estão ocupados pela cultura (Luca, 2002).

Cortar cana manualmente sem queima é uma tarefa árdua. Recentemente, em 19 de setembro de 2002, a Assembléia Legislativa de São Paulo aprovou o Projeto de Lei 11.421 no qual prorroga-se em porcentagens decrescentes o uso da queimada até o ano 2031. Por essa lei, a eliminação da queimada será gradativa com porcentagens variando ao longo dos quinquênios.

Para áreas mecanizáveis em 2021 será eliminada 100% da queima, e em áreas não mecanizáveis, 100% será eliminada em 2031, não se efetuando queimadas a 1 km do limite do perímetro de área urbana, a 100 metros do limite de áreas de domínio de subestações de energia elétrica, e 50 metros ao redor de limites de estação ecológica.

Queimada de cana-de-açúcar é um tema em discussão que inclui aspectos sócio-econômicos, ambientais, energéticos, agronômicos e de saúde humana.

### **3.1.1 Alguns aspectos derivados da queima da palha da cana-de-açúcar**

#### **a) Alguns aspectos sócio-econômicos:**

De acordo com Gonçalves (2001), a inaptidão de significativa área de plantio de cana-de-açúcar na região de Piracicaba, restringindo a mecanização dessa cultura, está provocando um deslocamento da produção para outras regiões, havendo o interesse de usinas em abandonar o município.

---

<sup>1</sup> Municípios de Águas de São Pedro, Americana, Capivari, Cerquillo, Charqueada, Jumirim, Mombuca, Nova Odessa, Piracicaba, Rafard, Rio das Pedras, Saltinho, Sta Bárbara d'Oeste, Sta Maria da Serra, São Pedro e Tietê.

<sup>2</sup> <http://www.unicamp.br> Unicamp Hoje – Pautas – (turbulência na cana-de-açúcar) captado em 04/4/03.

Atualmente, além da mecanização da colheita, há uma forte tendência para que o plantio também seja mecanizado, reduzindo ainda mais a força de trabalho empregada. O impacto da proibição da queima sobre a demanda da força de trabalho na lavoura canavieira é grande, podendo significar, no estado de São Paulo, desemprego entre 18,8% e 64,9% dessa mão de obra, e redução estimada de 10,7% a 29,3% da demanda de trabalho global no meio rural, com pouca possibilidade de reinserção dessa mão de obra desqualificada (**Gonçalves, 2001**).

Em 1999, a área colhida de cana-de-açúcar nas regiões de Campinas e Piracicaba correspondeu a 13% da área colhida no estado de São Paulo, e a demanda por mão de obra correspondeu a 16% dos 219.406 trabalhadores dessa atividade agrícola no estado. Na região canavieira de Piracicaba, o tipo de trabalhador rural é o migrante e o local, e na região canavieira de Limeira, em torno de 70% é migrante e 30% é local (**Gonçalves, 2001**).

Além do problema do desemprego gerado pelo avanço da mecanização, o cortador de cana convive com a má qualidade do emprego. Boa parte desses trabalhadores atuam como “volantes” ou “diaristas”, tipo de trabalho característico da sazonalidade de contratação, sendo que o contrato de trabalho é feito por empreiteiros chamados “gatos” que se apropriam de parte de seu pagamento (**Gonçalves, 2001**).

O empreiteiro (gato) é responsável pelo alojamento dos trabalhadores migrantes, pelo transporte até o local de colheita, e negociam os contratos de trabalho com as usinas e fazendas, as quais assumem o registro em carteira. Existem firmas especializadas na contratação dessa mão de obra, que ficam geralmente com 35% de seus pagamentos. A luta sindical, hoje, é pela manutenção do emprego, postura diferente dos tempos em que se lutava por melhores salários (**Gonçalves, 2001**).

Em termos futuros, imagina-se na região canavieira de Piracicaba segundo **Gonçalves (2001)**, a consolidação de um sistema misto de colheita de cana crua com uso intensivo de tecnologia, ao lado de áreas colhendo manualmente a cana queimada, em torno de um ótimo ponto econômico a ser definido pelas empresas. Outras alternativas, segundo o autor, colocam-se

desde a substituição da cana-de-açúcar pelo cultivo de eucalipto para a fabricação de celulose e papel, até a exploração do potencial agroturístico.

#### **b) Alguns aspectos sobre a saúde humana:**

**Bohm (1998)** cita trabalho que relata a detecção de substâncias cancerígenas na fumaça das plantações em chamas, evidenciando que a queima da cana afeta a saúde da população urbana.

**Silva e Froes (1998)** também citam a presença de substâncias cancerígenas, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), encontrados como subprodutos de combustão incompleta de materiais orgânicos. Os autores desenvolveram teste de mutagenicidade e investigaram aberrações cromossômicas em nível molecular em urina de trabalhadores cortadores de cana expostos a material particulado atmosférico e inalável, e material particulado sedimentável atmosférico e inalável.

**Cançado (2003)** estimou os efeitos de materiais particulados  $PM_{10}$  (partículas inaláveis de diâmetro menor que  $10 \mu m$ ),  $PM_{2,5}$  (partículas inaláveis de diâmetro menor que  $2,5 \mu m$ ), “black carbon”, carvão negro, (composto carbonáceo, produto de combustão incompleta) e oligoelementos do  $PM_{2,5}$ : alumínio (Al), silício (Si), enxofre (S), potássio (K), manganês (Mn) e ferro (Fe), provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar, sobre doenças respiratórias na população, na região canavieira de Piracicaba.

Foram observados aumentos no número de internações hospitalares no período da queima da cana (maio a outubro de 1997), em relação ao resto do período, ou seja, de novembro de 1997 a março de 1998. Além disso, observou-se que o aumento de internações por doenças respiratórias tanto em crianças e adolescentes (faixa etária de 0 a 13 anos) quanto em idosos (acima de 65 anos), foi bem maior que as internações por doenças não respiratórias no mesmo período.

Através de modelos de regressão aplicados para internações hospitalares de crianças e adolescentes atendidas pelo SUS (Serviço Único de Saúde) em hospitais de Piracicaba, observou-

se que as internações apresentavam associação positiva com o  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ , carvão negro e os oligoelementos principais.

Observou-se, nos períodos de queima da palha da cana-de-açúcar, aumento significativo (3,5 vezes maior) do Risco Relativo (RR) de internação hospitalar relacionada com a variação de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , dos oligoelementos do  $PM_{2,5}$  e do carvão negro que no período de não queima. O aumento de  $10,2\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{2,5}$  está relacionado a um aumento de 21,4% nas admissões hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes.

Com relação aos idosos, houve associação positiva entre internações por doenças respiratórias e todos os poluentes considerados, porém, ela foi mais significativa com o potássio (K), o carvão negro, e, em menor grau, com o  $PM_{10}$ , substâncias que incidem no aumento do Risco Relativo das admissões hospitalares por doenças respiratórias em idosos.

As internações por doenças respiratórias, segundo o autor, representam uma pequena parcela do total de doenças causadas pela poluição atmosférica. A população exposta durante 6 meses todo ano a esse tipo de poluição deve apresentar também casos menos graves de irritação ocular e das vias aéreas, com tosse, infecções pulmonares, exacerbação de asma, bronquite e outras.

### **c) Alguns aspectos ambientais:**

Em sua pesquisa, **Cançado (2003)** utilizou dados de poluentes do ar na Região de Piracicaba, fornecidos pelo Centro de Energia Nuclear na Agronomia, da Universidade de São Paulo (CENA/USP), os quais quantificaram o material particulado grosso ( $PM_{10}$ ), o material particulado fino ( $PM_{2,5}$ ), sua composição elementar e a concentração de carvão negro.

Observou-se, no período compreendido entre maio de 1997 a março de 1998, a média de concentração de  $PM_{10}$  entre  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $238,2\mu\text{g}/\text{m}^3$ , variações que estiveram relacionadas às condições meteorológicas e aos períodos de queima e de não queima da palha de cana-de-açúcar. A média no período foi de  $56,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ , acima do permitido pela Cetesb ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). No período de

queima a média foi de  $87,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , enquanto que no período de não queima a média foi de  $28,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Observou-se também que, se nos grandes centros urbanos os níveis de  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e carvão negro aumentam no período diurno, principalmente na parte da manhã, devido à queima de óleo combustível e das emissões industriais, em Piracicaba os máximos de  $\text{PM}_{10}$  e carvão negro ocorrem após às 17 horas, horário em que habitualmente se iniciam as queimadas dos canaviais.

Em Piracicaba, o fator associado à queima de biomassa e à ressuspensão de material erodido do solo foi o responsável por 80,4% da massa de material fino, ( $\text{PM}_{2,5}$ ). As emissões industriais foram responsáveis por 10,9%, e a queima de óleo combustível por 8,7%.

Demonstrou-se que 81,2 % do carvão negro contido no material fino são provenientes da queima de biomassa e ressuspensão de material erodido do solo, enquanto que 11,2% eram oriundos de emissões industriais, e 7,6% da queima de óleo combustível.

Finalmente, constatou-se que os elementos Al, Si, Mn, S, característicos do aerossol proveniente da ressuspensão do solo, aumentaram 3 a 4 vezes no período da seca (maio a outubro de 1997) em relação ao período chuvoso, com participação porcentual de 73,6% do particulado grosso. As emissões industriais contribuíram com 19,5% e a queima de óleo combustível com 6,9%.

### **c) Alguns aspectos sob o ponto de vista energético:**

De toda a massa da cana, a quantidade de pontas e folhas situa-se em torno de 25 a 30%, valor que depende da variedade, idade da cana, e das práticas agrícolas adotadas. Seu poder calorífico é semelhante ao do bagaço e, segundo **Walter (1993)**, para 1 tonelada de cana limpa, obtém-se 250 kg de pontas e folhas com potencial energético de 2.230 MJ, e 250 kg de bagaço com 50% de umidade e potencial energético de 2.340 MJ.

A produtividade média de cana-de-açúcar na região é de 80 t/ha, e pela análise da **Tabela 3.1** é possível deduzir que a produção de cana-de-açúcar para o ano de 1999 foi de aproximadamente 14,45 milhões de toneladas, o que correspondeu a 7,33% da produção do Estado de São Paulo. A região de Piracicaba abrange dezesseis municípios, mas nossas análises referem-se a oito deles: Santa Bárbara d'Oeste, Rio das Pedras, Charqueada, Piracicaba, Nova Odessa, Americana, Santa Maria da Serra e São Pedro.

A área rural desses municípios soma 2.727,4 km<sup>2</sup> ou 272.740 hectares, e a área ocupada pela cana-de-açúcar foi de 114.370 há, correspondendo a 42% de ocupação. Considerando a produtividade em torno de 80 t/ha, que 70% da plantação seja queimada, e que do total, 25% constitui-se de pontas e folhas, teremos:

6.404.720 toneladas de cana queimada,

1.601.180 toneladas de pontas e folhas queimadas, o que corresponde ao potencial energético de 14,3 PJ dissipados.

### **3.1.2 O Processo de fabricação do açúcar e do álcool em usinas anexas<sup>3</sup>**

**Corte da cana e transporte:** após o corte, a cana é transportada da lavoura até a indústria por caminhões com grande capacidade de transporte.

**Preparo:** Ao chegar à unidade industrial, a cana é processada o mais rápido possível, pois está sujeita a contaminações e deterioração. Na recepção são retiradas amostras para determinação do Pol, Brix e fibras, após o que é realizada a lavagem (procedimento que tende ao desuso) para se retirar a terra, e então cana é picada e enviada à moagem.

**Moagem:** O caldo é extraído na moagem através do equipamento de rolos chamado tandem de moendas, que é composto de ternos de moendas; para aumentar a eficiência da extração adiciona-se água (água de embebição) numa porcentagem de 30% da tonelagem de cana moída. O caldo segue para o processo de tratamento e o bagaço, com 50% de umidade, segue para as caldeiras.

---

<sup>3</sup> [http:// www.usinaester.com.br](http://www.usinaester.com.br) (captado em 04/4/2003)

**Geração de vapor e energia elétrica:** O bagaço é queimado em caldeiras para gerar o vapor necessário ao acionamento de máquinas, para a geração de energia elétrica e uso no processo de fabricação do açúcar. Parte do vapor gerado é enviado a turbogeradores que produzirão energia elétrica para os acionamentos e a iluminação.

### *Fabricação do açúcar*

**Tratamento do caldo:** O caldo extraído da moenda é chamado caldo misto, por ser impuro, e passa pelo processo de clarificação a 107° C para a retirada de sólidos em suspensão. Ele então recebe enxofre e cal (dosagem), elementos facilitadores de floculação e precipitação de materiais que são retirados na forma de lodo, o qual irá ser filtrado, e o caldo clarificado será evaporado.

**Filtração do lodo:** O lodo ainda rico em sacarose é filtrado em filtros rotativos a vácuo retirando o caldo remanescente, que sofrerá nova clarificação, e o material retido nas telas é denominado “torta de filtro” que é enviado à lavoura.

**Evaporação:** O caldo clarificado com aproximadamente 15° Brix é enviado a evaporadores de múltiplo efeito (EME) para a retirada da maior parte da água, concentrando-o até cerca de 65° Brix, tomando a consistência de um xarope, que é bombeado para os tachos de cozimento para a cristalização do açúcar.

**Cozimento e centrifugação:** Os tachos de cozimento são equipamentos que continuam o processo de evaporação do xarope, concentrando-o. Do cozimento obtém-se dois tipos de massa: massa A, que é uma mistura de cristais de açúcar e o denominado mel A (mel rico) que serão centrifugados; o açúcar é enviado ao secador e o mel A retorna ao cozimento. A massa B é um produto que contém cristais de açúcar e melaço (mel pobre), que serão centrifugados; Os cristais são enviados ao cozimento e o melaço, para a fabricação do álcool.

**Secagem do açúcar:** O açúcar é secado para a retirada da umidade contida nos cristais e enviado ao ensacamento.

**Ensacamento:** O açúcar é ensacado em sacos de 50 kg ou em contêineres (“big-bag”) de 1.000 kg.

### ***Fabricação do álcool***

**Tratamento do caldo:** Parte do caldo é desviado para o tratamento específico para a fabricação do álcool. O caldo é aquecido à temperatura de 105° C, sem a adição de produtos químicos, e irá decantar. Após decantado e clarificado, sofrerá uma pré-evaporação e o lodo resultante será filtrado.

**Pré-evaporação:** Nessa etapa, o caldo é aquecido a 115° C e concentrado a 20° Brix, o que favorece a fermentação por eliminar bactérias e leveduras indesejáveis.

**Preparo do mosto:** O mosto é um material fermentável composto de caldo clarificado, melaço e água, e seu preparo define as condições para a fermentação.

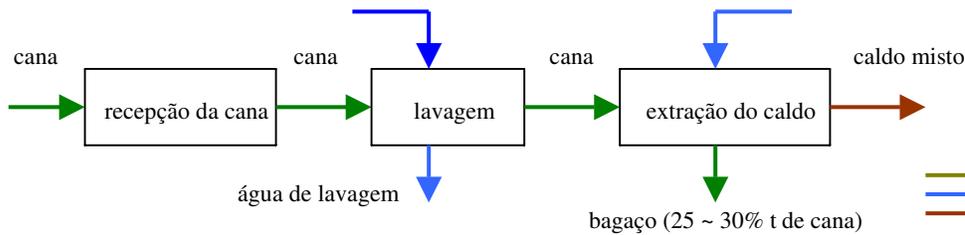
**Fermentação:** A fermentação é um processo contínuo, composto de estágios em dornas fechadas onde se recuperam o álcool do gás carbônico. Nesta fase é que ocorre a transformação do açúcar em etanol (álcool). O produto da fermentação, mosto fermentado, é chamado vinho e sofrerá centrifugação para separá-lo do fermento que será tratado, e o vinho delevurado será destilado.

**Destilação:** O vinho com 9,5% de álcool será destilado, obtendo-se o álcool e o subproduto vinhaça a ser utilizada na lavoura como fertirrigação. A **Figura IV** é um diagrama de fluxo do processo de fabricação de açúcar e álcool, e os valores numéricos representam estimativas. A **Figura V** descreve algumas etapas da fase agrícola.

### RECEPÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E EXTRAÇÃO DO CALDO

água de lavagem (~ 0 a 6 t água/ t cana)

água de embebição (~ 25% a 32% t cana)



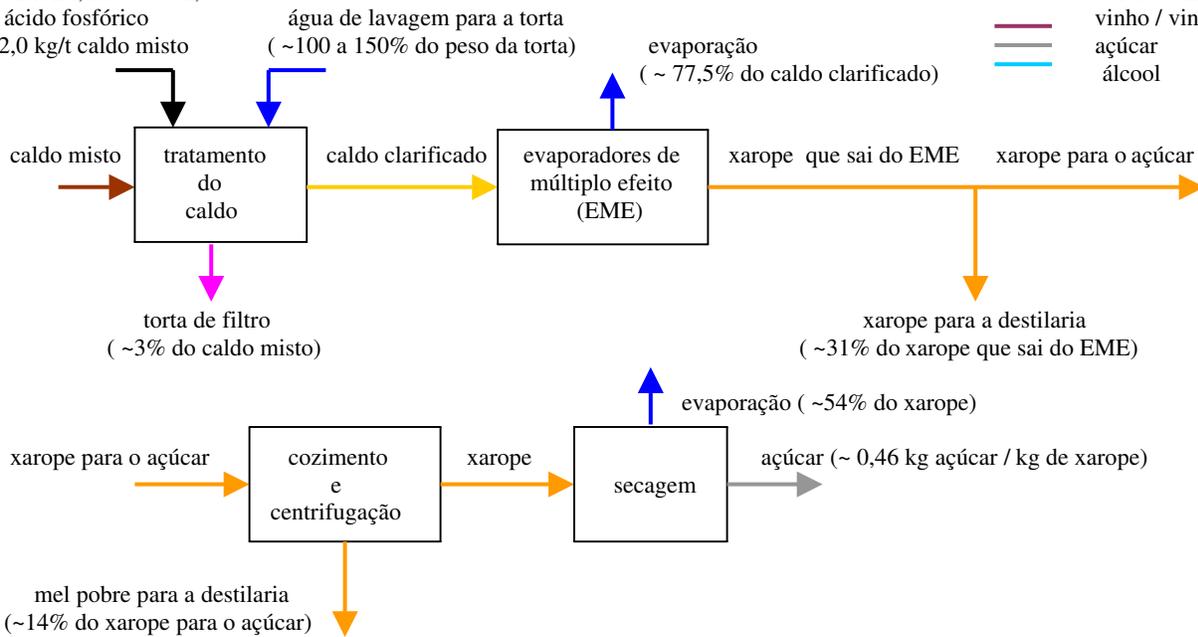
#### LEGENDA

- cana / bagaço
- água / vapor
- caldo misto
- insumos
- caldo clarificado
- xarope / mosto
- torta de filtro
- vinho / vinhaça
- açúcar
- álcool

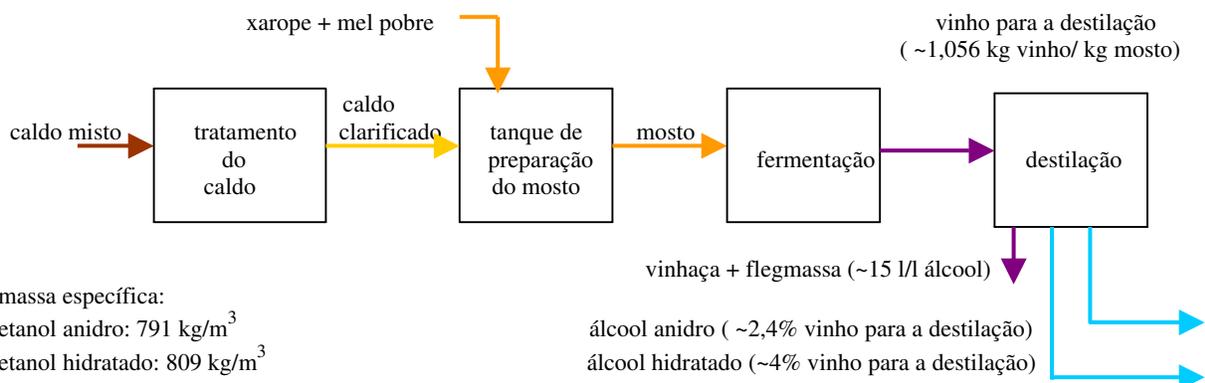
### FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR

Insumos

enxofre, leite de cal,  
ácido fosfórico  
2,0 kg/t caldo misto



### FABRICAÇÃO DO ÁLCOOL



massa específica:

etanol anidro: 791 kg/m<sup>3</sup>

etanol hidratado: 809 kg/m<sup>3</sup>

**Figura IV** Diagrama de fluxo do processo de fabricação do açúcar e do álcool

Adaptado de: Conservação de energia na indústria do açúcar e do álcool: manual de recomendações. (IPT, 1990)

**FIGURA V- ETAPAS DA PRODUÇÃO DE ACÚCAR E ÁLCOOL**

### 3.1.3 Estimativas de cana-de-açúcar moída, produção de açúcar, álcool, subprodutos e vazões referentes a captações de despejos de água.

Na **Tabela A1** do **Anexo I**, estão dispostas as quantidades de cana moída, açúcar e álcool fabricado, volume específico de água captada e descartada do processo industrial, e potência instalada em cada usina. Os dados de colheita e produção reportam-se às safras 2000/2001/2002, e as **Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4** expressam médias com relação a totalidade de cana moída, produções de açúcar e álcool, consumo de água, e os subprodutos bagaço, torta de filtro e vinhoto.

A produção média de bagaço com 50% de umidade, é de aproximadamente 25% do peso da cana moída; A torta de filtro produzida é de aproximadamente 3,56% da cana moída e a produção de vinhoto (vinhaça) corresponde a 13 litros por litro de álcool produzido. (**Borrero, 2000**).

**Tabela 3.2** Quantidade média de cana-de-açúcar moída, produção média de açúcar, álcool e subprodutos, nas safras 2000/2001/2002 nas usinas da região

Usina – Safra	Costa Pinto 2001/2002	São José 2001/2002	Sta Helena 2002	Furlan 2000	Iracema 2000	Ester 2001/2002	Total
Cana moída (t)	3.838.000	800.000	1.520.000	1.500.000	2.700.000	1.132.480	11.490.480
Açúcar (t)	240.000	73.860	128.000	110.000	180.000	69.750	810.610
Álcool (m <sup>3</sup> )	224.000	9.107	64.000	44.000	106.000	49.488	496.595
Bagaço (t)	959.500	200.000	380.000	375.000	675.000	283.120	2.872.620
Torta de filtro (kg)	136.633	28.480	54.112	53.400	96.120	40.316	409.061
Vinhoto m <sup>3</sup>	2.912.000	118.391	832.000	572.000	1.378.000	643.344	6.455.735

Extraídos de: UTPPESP (2001), Usina Costa Pinto, Usina São José, sítios eletrônicos Cosan e Usina Ester, 2002. Adaptado de IPT (1990), Borrero (2000)

#### 3.1.3.1 Conseqüências da aplicação de vinhoto no solo

O vinhoto ou vinhaça é o subproduto de maior quantidade e de maior potencial poluente na fabricação do álcool, sendo produzido na proporção de 13 a 15 litros por litro de álcool destilado. Embora seja poluente e corrosivo, é rico em potássio e matéria orgânica, e sua aplicação na lavoura tem sido a forma mais econômica e eficaz de se eliminar esse efluente (**Vieira, 1985**).

Pesquisa realizada por **Vieira (1985)**, em áreas da Usina Iracema, no município de Iracemápolis, procurou detectar em até 2,0 metros de profundidade a influência do vinhoto na

água do subsolo, nas safras de 1981/82 e 1982/83. O vinhoto foi diluído em águas residuárias do processo industrial na proporção de 1 parte de vinhoto para 6 partes de água, e o solo foi irrigado por aspersão, empregando canhão hidráulico.

Nas áreas de pesquisa, o experimento constou de três tratamentos: aplicação com Dose Completa (100% de fertirrigação), Meia Dose (50% de fertirrigação) e Dose Nula (sem fertirrigação) e, na água retirada do solo, foram determinados o pH, sólidos solúveis, teor de sílica, dureza, fosfato e DQO.

As análises dos resultados indicaram que o pH sofreu pequenas variações nos três tratamentos em ambas as safras, não alterando as condições da água do subsolo. O vinhoto apresentou resultado positivo na detecção do açúcar, mas a água retirada do solo nos três tratamentos apresentou resultados negativos devido à ação da microflora que se alimenta desses açúcares.

O resultado de dureza da água demonstrou diferenças acentuadas entre os tratamentos, com valores maiores no tratamento Dose Completa em ambas as safras, evidenciando a influência da aplicação do vinhoto, mas não chegando a atingir níveis que tornam a água imprópria para o consumo humano.

Os valores de DQO variaram aleatoriamente na safra 81/82 não tendo sido detectado o motivo. Porém, na safra 82/83 notou-se redução de DQO após a última fertirrigação, sendo que no tratamento Dose Completa os valores foram maiores, indicando sua influência.

O teor de sólidos dissolvidos manteve-se homogêneo em ambas as safras. No tratamento Dose Completa, os valores obtidos foram bem maiores, indicando a influência da fertirrigação, mas não atingindo o índice de 500 ppm (partes por milhão), limite para que a água subterrânea seja considerada inconveniente do ponto de vista sanitário.

O teor de cloreto determinado na safra 82/83 foi superior no tratamento Dose Completa e semelhante nos tratamentos meia Dose e Dose Nula. Teor de cloreto inferior a 150 ppm na água não apresenta problemas ao consumo humano, acima de 250 ppm é questionável, e acima de 350

ppm é contra-indicado para a irrigação e usos industriais. O pico máximo obtido nos resultados foi de 320 ppm indicando a influência da fertirrigação, porém, após sua interrupção e a ocorrência de chuvas, houve redução sensível desse teor.

O teor de potássio mostrou pequenas diferenças entre os três tratamentos, e pouca variação dos dados ao longo da safra, indicando que o potássio oriundo da fertirrigação foi aproveitado pelas plantas. Com relação ao teor de fosfato, também houve pouca variação entre os tratamentos. Notou-se a redução dos teores ao longo das safras, com maior incidência no tratamento com Dose Completa, provavelmente devido à maior absorção dos nutrientes pelas plantas.

A pesquisa conclui que a aplicação de vinhoto diluído com águas residuárias na proporção de 1:6, realizada através de irrigação por aspersão, e de acordo com a capacidade de retenção da água pelo solo, não causa alterações químicas que possam comprometer a qualidade da água subterrânea.

### 3.1.3.2 Água captada para o processo industrial e energia elétrica gerada nas usinas da região

O volume de água captada para o processo de fabricação nas usinas apresenta grande variação, dependendo da fonte utilizada. Note-se que há uma discrepância do Relatório Zero em relação à Usina Ester. A partir da **Tabela A1, Anexo I**, elaboramos a **Tabela 3.3**.

**Tabela 3.3** Vazão de água captada nas usinas de açúcar e álcool da região, por fontes consultadas

Usina/Fonte/Vazão	Costa Pinto	São José	Sta Helena	Furlan	Iracema	Ester
Usina [m <sup>3</sup> /h]	560,0	nd	nd	nd	nd	nd
Relatório Zero [m <sup>3</sup> /h]	1.000,8	180,0	2.000,0	971,0	1.372,0	13.718,5
UTPPESP [m <sup>3</sup> /h]	nd	500,0	2.000,0	400,0	1.620,0	1.700,0

Extraído de: Usina Costa Pinto, 2002, Relatório Zero, 1999, UTPPESP, 2001

Todas as usinas utilizam-se da queima do bagaço em fornalhas de caldeiras que produzem vapor para as turbinas de preparo e moagem, para as turbo bombas e para a geração de energia elétrica (UTPPESP, 2001). O Manual de Recomendações do IPT (IPT, 1990) estabelece em

média 12 kWh/tonelada de cana moída para a energia necessária a ser utilizada no período de safra para a produção de açúcar e álcool.

Na Região de Piracicaba<sup>4</sup>, a safra tem início em maio e seu término se dá em meados ou final de novembro. Com relação às usinas, todas são auto-suficientes em energia elétrica neste período. Considerando o período médio da safra como sendo 195 dias, podemos estimar a energia gerada pelas usinas através da potência instalada, disposta na **Tabela A1, Anexo 1**. A **Tabela 3.4** discrimina a potência instalada na usinas e a energia gerada por safra:

**Tabela 3.4.** Potência instalada nas usinas da região, e energia elétrica gerada por safra

Usina	Costa Pinto	São José	Santa Helena	Furlan	Iracema	Ester	Total
Potência instalada (kW)	9.360	2.400	4.350	2.400	14.000	7.600	40.110
Energia elétrica gerada (kWh/t)	11,4	14,1	13,4	7,5*	24,2**	31,4	102,0

Adaptado de: UTPPESP (2001)

(\*) Embora o IPT (1990) considere como média de 12 kWh/t a energia necessária para a produção de açúcar e álcool, o relatório UTPPESP (2001) indica que a produção de energia é praticamente garantida por geração própria

(\*\*) A usina fabrica, além de açúcar e álcool, ácido ribonucléico (RNA).

**Figura VI** Usinas de açúcar e álcool em plena atividade



Usina Furlan: Rodovia Luiz de Queiroz



Usina Santa Helena: Estrada Rio das Pedras/Piracicaba.

Fotos Newton Landi Grillo 17/7/2003

<sup>4</sup> Informações obtidas junto à Associação dos Plantadores de Cana de Piracicaba

### 3.2 A Indústria de Celulose e Papel

A fabricação de celulose e papel inclui-se dentre as mais eletro-intensivas do setor industrial. As indústrias de celulose, assim como as integradas (celulose e papel), que se utilizam do processo “kraft” geram grande parte da energia consumida (50 a 60%) em seus processos produtivos a partir de sua própria lixívia e biomassa (resíduos de madeira). Por outro lado, as indústrias de papel produzem apenas 10% da eletricidade necessária ao processo por não produzir seu próprio combustível, comprando o restante das concessionárias (**Velázquez, 2000**).

As etapas de produção de celulose e papel mais sujeitas às pressões ambientais, segundo **Hilgemberg (2000)**, são a etapa florestal, o branqueamento, e a destinação de resíduos.

No Brasil, a matéria-prima da celulose provém de florestas plantadas, o que provoca a perda da biodiversidade (flora e fauna) causada pela monocultura, exaustão do solo, invasão de pragas, uso de pesticidas e a conseqüente contaminação do solo.

Ainda segundo **Hilgemberg (2000)**, na etapa de branqueamento da celulose, há pressões ambientais crescentes devido ao uso do cloro. Em meados dos anos 80, iniciou-se uma campanha internacional contra a presença de cloro em papéis devido a descoberta de traços de dioxina em produtos como embalagens de leite, papel higiênico, filtros de café, fraldas descartáveis, etc., fazendo surgir novos processos de branqueamento como o de polpa livre de cloro total (TCF) e o livre de cloro elementar (ECF).

Os parâmetros utilizados na avaliação dos poluentes no efluente são: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que indica a quantidade de oxigênio necessária para a biodecomposição de matéria orgânica presente na água; a Demanda Química de Oxigênio (DQO), que permite a mensuração rápida de material redutor orgânico e inorgânico presente no efluente; o Total de Sólidos em Suspensão (TSS), que é obtido na evaporação de uma amostra de efluente, e os Compostos Orgânicos Clorados (AOX), que designam a presença de cloro e substâncias orgânicas responsáveis pelos organoclorados (**Hilgemberg, 2000**).

Os problemas da poluição do ar são principalmente as emissões de compostos reduzidos de enxofre causadores de mau-cheiro, constituindo um problema de bem-estar e não de saúde pública (**Hilgemberg, 2000**).

Além de energia-intensiva e geradora de poluentes, a indústria de celulose e papel é também hidro-intensiva, dado que esta indústria utiliza-se de grandes quantidades de água. De acordo com **Gonçalves (1995)**, as operações de captação, tratamento, bombeamento para a utilização da água, assim como o tratamento de efluentes para a recuperação de fibras, sais e reagentes utilizados tornam o processo caro, fazendo com que a recuperação interna das águas seja uma opção mais atrativa. Assim, dentre as técnicas utilizadas para reduzir o consumo, o descarte de água e a recuperação de fibras, está o fechamento do circuito de água, substituindo a água fresca pela reciclagem da água branca ou clarificada.

Segundo **Ribeiro (1998)**, todas as fábricas de celulose do setor são verticalizadas, embora nem todas tenham suas atividades integradas até a produção de papel. A autora as classifica segundo o grau de verticalização, chamando de tipo 1 as empresas verticalizadas desde a produção da madeira até a celulose, tais como: Aracruz, Cenibra (Grupo Suzano), Jari e Riocell (Grupo Klabin), consideradas as principais fornecedoras do produto “celulose de mercado”.

Empresas do tipo 2 são verticalizadas desde a etapa florestal até a produção de papel ou cartão, casos da Klabin, Champion, Ripasa, Suzano e Bahia Sul, e as dos tipos 3 e 4, empresas que compram celulose e papel, respectivamente, para a confecção de seus produtos havendo inúmeras distribuídas pelo país. As maiores fábricas nacionais de papel são integradas verticalmente com fábricas de celulose, havendo, por outro lado, inúmeras fábricas não integradas.

A fabricação de celulose, segundo **Ribeiro (1998)**, é caracterizada por dois tipos de fibras: as fibras longas (1,5 a 5 mm), que produzem celulose do tipo “linha marrom”, obtida de coníferas (principalmente a *Pinus spp*). Esta celulose permite a fabricação de papéis de elevada resistência à tração, rasgo e perfuração, empregados na confecção de embalagens, caixas de papelão ondulado e sacos multifolhados.

As fibras curtas (0,7 a 1,4 mm), obtidas do *Eucalyptus spp*, produzem a celulose chamada de “linha branca”, apta para a confecção de papéis de baixa resistência, como aqueles usados para imprimir, escrever, papéis para cartões e os sanitários. A maior parte da celulose produzida no Brasil pertence à linha branca.

### 3.2.1 Etapas na Produção de Eucalipto, Fabricação de Celulose e Papel, e Pós-Uso

#### 3.2.1.1 Produção de eucalipto na região

As plantações de eucalipto na região não se caracterizam necessariamente para fins industriais. Essa cultura é muito utilizada em hortos florestais, como o instalado em Tupi, distrito de Piracicaba, em Águas de São Pedro, município que não possui área rural, e outros. As plantações mais expressivas na região em função da área ocupada estão dispostas **Tabela 3.5**

**Tabela 3.5.** Área ocupada pela cultura de eucalipto nos municípios da região ano de 1999, e indústrias proprietárias de fazendas nos municípios

Municípios	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Área rural do município (km <sup>2</sup> )	Área ocupada pelo eucalipto		% da área rural ocupada	Proprietárias de fazendas
			km <sup>2</sup>	ha		
Campinas	796	402,1	38,95	3.895	9,68	Int. Paper, Rip.
Rio Claro	498,7	448,2	34,92	3.492	7,79	nd
Corumbataí	278,1	275,0	18,76	1.876	6,82	Ripasa
Piracicaba	1.368,4	1.203,0	14,94	1.494	1,24	nd
São Pedro	618,2	605,5	14,12	1.412	2,33	Ripasa
Sta Maria da Serra	256,5	245,5	12,60	1.260	5,13	nd
Pedreira	109,7	90,0	7,31	731	8,12	Ripasa
Rio das Pedras	227,0	207,6	6,91	691	3,33	nd
Monte Mor	240,8	nd	3,69	369	nd	Ripasa
Limeira	579,0	470,0	2,56	256	0,54	Ripasa
Cordeirópolis	137,0	116,0	2,44	244	2,10	nd
Ipeúna	190,5	182,5	1,84	184	1,01	Ripasa
<b>Total*</b>	5.300,0	4.285,4*	159,04	15904,0	3,71*	

\*Excluindo área rural de Monte Mor

Adaptado de: Relatório Zero, IBGE censo 2000, Seade, Leis Municipais de Perímetros Urbanos, Sousa, 2000.

#### 3.2.1.2 Madeira necessária para a fabricação de celulose, transporte de madeira pela Ripasa

**Sousa (2000)** descreve a produção e o transporte de madeiras com a finalidade de suprir 6 indústrias do segmento de celulose e papel no estado de São Paulo no ano de 1996, dentre as quais a Ripasa. Segundo o autor, para sua pesquisa, o ano em que foram feitas as análises não era um ponto de relevância uma vez que, de um ano para outro, o que se altera são apenas os

povoamentos das mesmas fazendas fornecedoras, modificando apenas as quantidades fornecidas, e alterando muito pouco no que diz respeito ao traçado de rotas dentro de uma mesma rede rodoviária. Para o ano de referência (1996), a oferta de madeira das 8 fazendas da Ripasa foi de 814.879,7 toneladas, e estabelecemos a rota de caminhões até Limeira tomando como base o **Guia 4 Rodas (2001)**:

1. Fazenda no município de São Simão. Oferta: 35.451,5 t/ano. Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
2. Fazenda no município de Ibaté. Oferta: 100.076,2 t/ano. Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
3. Fazenda no município de Campinas. Oferta: 53.099,0 t/ano. Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
4. Fazenda no município de Itirapina. Oferta: 84.358,9 t/ano. Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
5. Fazenda no município de Boa Esperança do Sul. Oferta: 96.035,2 t/ano. Rodovia SP 226 até Araraquara, Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
6. Fazenda no município de Avaré. Oferta 128.235,6 t/ano. Rodovia SP 225 até Rodovia Castelo Branco (SP 280), Rodovia Adhemar de Barros (SP 340) até Campinas, Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
7. Fazenda no município de Lençóis Paulista. Oferta: 116.890,2 t/ano. Rodovia Marechal Rondon (SP 300), Rodovia Castelo Branco (SP 280), Rodovia Adhemar de Barros (SP 340) até Campinas, Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira,
8. Fazenda no município de Itararé. Oferta: 200.733,0 t/ano. Rodovia Francisco Alves Negrão (SP 258) até Itapetininga, Rodovia Raposo Tavares (SP 270) até Sorocaba, Rodovia Adhemar de Barros (SP 340) até Campinas, Rodovia Anhanguera (SP 330) até Limeira.

A produção de pasta celulósica da Ripasa I no ano de 1995 foi de 266.400 toneladas, e a oferta de suas fazendas no ano de 1996 foi de 814.879,7 toneladas (t). Considerando não haver grandes alterações de produção, isso nos dá uma média de 3 t de madeira necessárias para a fabricação de 1 tonelada de pasta. Para o ano 2003, a Ripasa está produzindo 445.153 t de celulose o que significa, em média, a utilização de 1.365.459 toneladas de madeira.

Com base nos dados acima não é possível indicar se as fazendas suprem a demanda, ou se a empresa adquiriu novas fazendas ou se há compras de outras localidades. Neste caso, seria necessário acrescentar novas rotas além das novas ofertas. Observamos porém, que estas seriam rotas básicas, as rotas de acesso a Limeira, ao que acrescentaríamos a Rodovia Luiz de Queiróz (SP 304).

### **3.2.2 Fabricação da Celulose – Processo Sulfato ou Kraft**

#### **a) Etapa de polpação e produção de licores**

As toras de madeira provenientes da floresta são descascadas, picadas, transformadas em cavacos e transportadas aos digestores, onde serão cozidas e transformadas em polpa, e os rejeitos são destinados à caldeira. Dos processos para a obtenção da polpa (mecânico, químico e semiquímico), o processo químico-sulfato é o mais utilizado no Brasil, pois se presta bem para a obtenção da polpa no uso do eucalipto (**Gonçalves, 1995**).

O cozimento dá-se em um vaso de pressão (digestor) que recebe o licor de cozimento (licor branco) formado de hidróxido e sulfeto de sódio. Na descarga do digestor os cavacos são lançados em um tanque (tanque de descarga) onde se desmancham em fibras devido a uma violenta queda de pressão. A solução residual do digestor (lixívia) é utilizada como combustível na caldeira de recuperação (**Gonçalves, 1995**).

A massa cozida proveniente do vaso de pressão sofre uma lavagem com o objetivo de separá-la dos agentes químicos e do licor negro fraco (material celulósico não dissolvido) contendo 15% de soda, que é enviado a evaporadores de múltiplo efeito para se obter o licor negro concentrado. Este, por sua vez, é enviado à caldeira de recuperação, onde os compostos são queimados, formando o carbonato de cálcio por calcinação e reduzindo o sulfato a sulfeto de sódio. O calor resultante desta queima é aproveitado para gerar vapor a alta pressão a ser utilizado no processo (**Gonçalves, 1995**).

Os sais gerados da queima são dissolvidos em um tanque formando o licor verde, o qual é tratado com hidróxido de cálcio, caustificando o carbonato em hidróxido de sódio. Este é

misturado com o sulfeto de sódio produzindo o licor branco utilizado no cozimento, completando o ciclo de recuperação. Embora o processo “kraft” seja também conhecido como processo sulfato, os agentes ativos de cozimento são o hidróxido de sódio e o sulfeto de sódio e não o sulfato (Gonçalves, 1995).

Após a lavagem, a pasta (celulose) é depurada sob a ação de peneiramento e, livre de impurezas, é submetida ao processo de branqueamento.

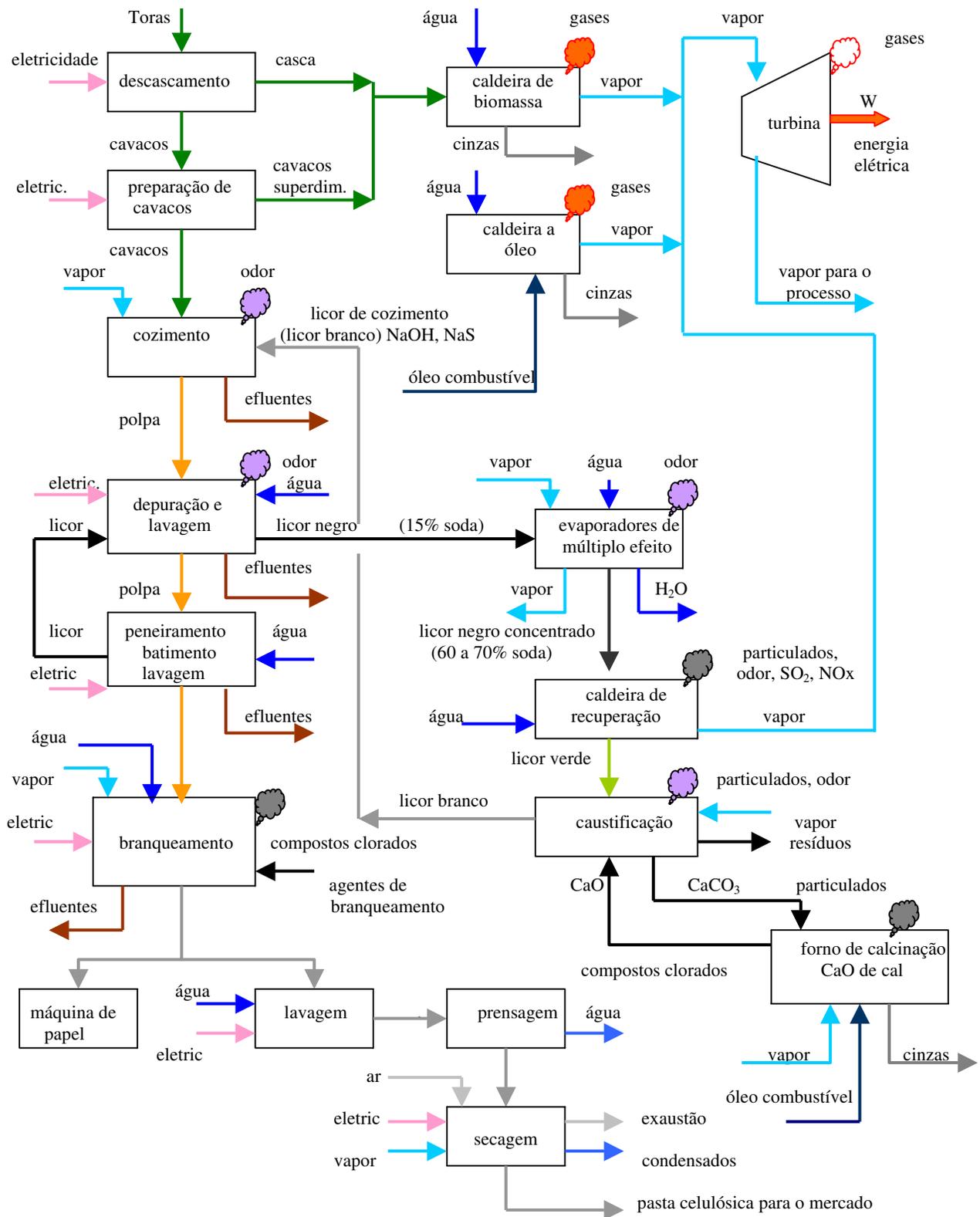
### **b) Etapa de branqueamento**

O branqueamento é um processo que define o tipo e a qualidade do papel ou cartão a ser produzido. Essa etapa visa a remoção das impurezas da pasta, tais como íons metálicos, resinas, e grande parte da lignina remanescente. Os tratamentos da pasta são realizados em dois estágios:

Primeiramente um tratamento com oxigênio denominado “pré O<sub>2</sub>”, seguido de cloração (30% de cloro elementar, Cl<sub>2</sub>, e 70% de dióxido de cloro, ClO<sub>2</sub>). Os produtos clorados são removidos por uma extração alcalina primária, seguido por um tratamento primário com dióxido e uma extração alcalina secundária. Dependendo do tipo de papel, há um tratamento secundário com dióxido; por fim, é realizada a lavagem da pasta, normalmente feita em filtros rotativos (Gonçalves, 1995).

### **c) Etapa da secagem da pasta**

Após o branqueamento, a pasta é depurada novamente e enviada para a secagem, e, a partir daí, percorre dois caminhos: na fábrica integrada é enviada à máquina de papel, passando pelo processo de desaguamento, secagem e manufatura do papel; outro caminho consiste no envio da pasta para a secagem, sendo desaguada em prensas e seca em torres de ventiladores ou ao ar livre. A seguir, a pasta seca (celulose) é enviada ao enfardamento e destinada ao mercado (Gonçalves, 1995). A **Figura VII** mostra o diagrama de fluxo do processo de fabricação da celulose.



**Figura VII** Diagrama de fluxo do processo de fabricação da celulose  
Adaptado de Velásquez, 2000

### **3.2.3 Fabricação do Papel**

#### **a) Fabricação da massa**

A celulose e reciclados são desagregados e sofrem polpação, após o que, as fibras são refinadas por corte, esmagamento e fibrilação, processos que propiciam flexibilidade das fibras, entrelaçamento e uniformidade maior na fabricação do papel.

Após o refino, a pasta é enviada a um tanque de mistura recebendo cargas químicas, aditivos, correção de pH, que farão parte da receita do papel. A partir do tanque, a massa será depurada em depuradores, os quais se constituem de uma carcaça cilíndrica vertical em cujo interior existe uma peneira que retém os bolos de massa, fibras enroladas e corpos estranhos, deixando passar o restante da massa. Essa massa, uma suspensão de fibras com cargas, produtos químicos, etc., é enviada à máquina de papel.

#### **b) Formação da folha**

A máquina de papel consiste de uma caixa de entrada onde se situa a tela formadora da folha de papel. A massa diluída em água (96 a 99% de H<sub>2</sub>O) é lançada na forma de um jato fino e uniforme sobre a tela rotativa, sendo a água (água clarificada) drenada progressivamente, formando a folha em uma mesa plana, sobre a qual corre a tela.

Ao sair da mesa, a folha, já formada, porém, com 80 a 85% de água, é dirigida à prensa constituída por dois rolos cilíndricos para desaguamento. Após a prensagem, a folha é seca em inúmeros rolos secadores, atingindo a umidade entre 3 a 8% ao final do processo

#### **c) Acabamento**

A folha passa por calandras, utilizadas para definir a espessura e aspereza do papel, após o que a folha é bobinada.

#### **d) Pós uso**

O Brasil é grande produtor e exportador de celulose e papel. Em 2001, foram exportadas 3.338.267 toneladas de celulose e 1.367.752 toneladas de papel (**Bracelpa, 2002**). Pressões internacionais exigem porcentagens de fibras secundárias, obtidas pelo reciclo, o que influi na disposição de compra desses produtos em diversos países, obrigando as empresas a investirem na reciclagem.

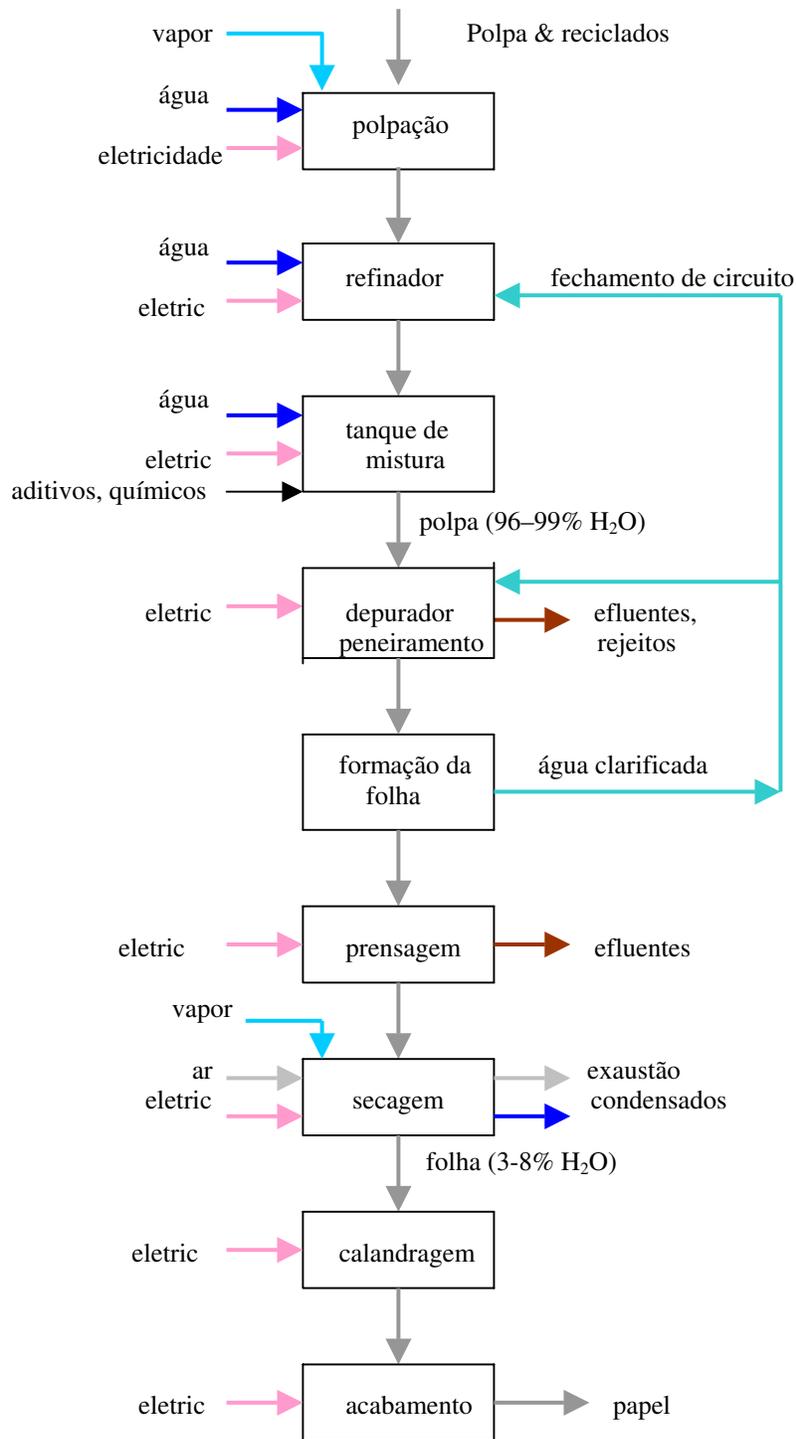
O encarecimento de terras próximas aos grandes centros consumidores, a busca por matéria-prima mais barata e economia em água e energia (**Bajay et al, 2000, in: Ensinas, 2001**) imprimem na reciclagem uma alternativa interessante do ponto de vista empresarial.

Em 2001, a produção de papéis utilizando reciclados (aparas e papéis usados) correspondeu a 37,3% do total produzido (**Bracelpa, 2001**). Considera-se que a maior parte da produção de papel reciclado limita-se ao papelão e papel-cartão devido à falta de tecnologia de destintamento no país (**Bajay et al, 2000, in: Ensinas, 2001**).

Representando em média 24,5% do lixo domiciliar nas grandes cidades brasileiras, apenas 10% do papel utilizado na reciclagem é oriundo das residências. Observamos que este tipo de papel apresenta impurezas e contaminações perdendo valor comercial para a indústria recicladora, aliado ao fato de não haver coleta seletiva em muitos municípios. O comércio e a indústria são responsáveis por 86% deste mercado (**Bajay et al, 2000, in: Ensinas, 2001**).

Políticas de Estado direcionadas para a concentração de rendas e exclusão social criaram recentemente uma nova categoria de trabalhadores: os catadores de papel e outros materiais. Esses homens, mulheres e crianças, empurrando seus carrinhos pelos centros e periferias das cidades, contribuem com altos índices de reciclagem, o que significa serem pessoas importantes nesta cadeia produtiva.

A **Figura VIII** mostra o diagrama de fluxo da fabricação do papel



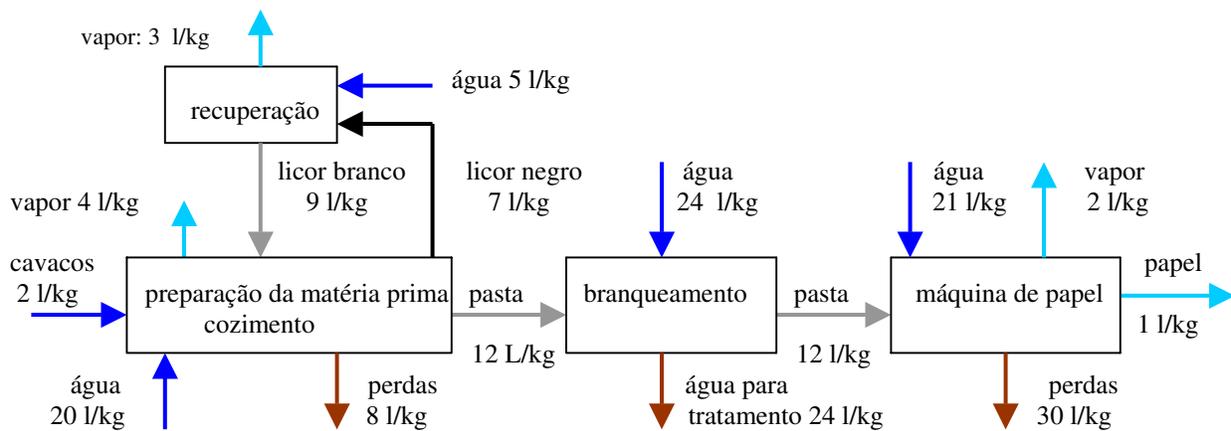
**Figura VIII** Diagrama de fluxo do processo de fabricação do papel  
Adaptado de Brown, et. al, 1996

**Gonçalves (1995)** descreve o balanço hídrico em uma fábrica Kraft, considerando os circuitos de água aberto e semi-fechado. Para tanto, utilizou-se do simulador de processos

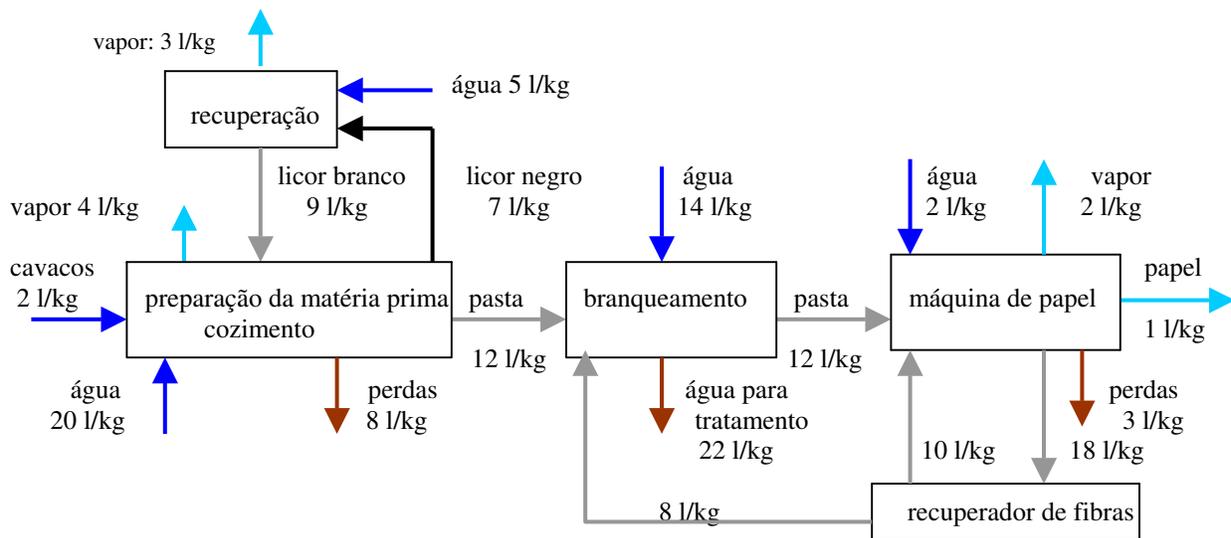
“GEMS” (General Energy and Material Balance Systems), criado para realizar balanços de massa e energia em fábricas de celulose e papel. Os balanços estão dispostos nas **Figuras IX e X**

### 3.2.4 Balanço hídrico na fábrica de celulose e papel, e parâmetros de consumo

As **Figuras IX e X** representam o balanço hídrico na fábrica de celulose e papel pelo Processo Kraft considerando o circuito de água aberto e semi fechado respectivamente:



**Figura IX** Balanço hídrico da fabricação de celulose e papel em circuito aberto  
Extraído de **Gonçalves (1995)**



**Figura X** Balanço hídrico da fabricação de celulose e papel em circuito semi-fechado  
Extraído de **Gonçalves (1995)**

### 3.2.4.1 Água requerida para a fabricação de celulose e papel – fábrica integrada

Podemos discriminar a vazão específica de água necessária para a fabricação de celulose e papel. A **Tabela 3.6** indica, através da análise das **Figuras IX e X**, as vazões de entrada e saída para os circuitos aberto e semi-fechado na fábrica Kraft.

**Tabela 3.6** Vazões específicas, litros de água por kg de celulose e papel, considerando os circuitos aberto e semi-fechado, na fabricação de celulose e papel numa fábrica Kraft

Parâmetro	Circuito aberto	Circuito semi-fechado
Vazão de água (captada) [l/kg]	72	43
Efluente gerado [l/kg]	62	33
Perda de vapor + secagem [l/kg]	10	10

Adaptado de: **Gonçalves, 1995**

Os valores acima são coerentes com os dados da fabricação de celulose e papel da Votorantim (VCP) - Unidade Jacareí – a qual instalou o projeto “Fechamento de Circuito” para otimizar o uso de água e o aumento do reuso e reciclo de filtrados, envolvendo tanto o processo de celulose quanto o de fabricação de papel. Os parâmetros de comparação referem-se ao ano de 1997, antes da instalação do projeto, e 2001, após a instalação<sup>5</sup>:

Parâmetro	1997	2001
Água captada:	68,3 m <sup>3</sup> /t	45 m <sup>3</sup> /t
Vazão do efluente	61,3 m <sup>3</sup> /t	33,6 m <sup>3</sup> /t
DQO	19,8 kg/t	11,3 kg/t
AOX	0,45 kg Cl/t	0,14 kg Cl/t

Com o fechamento do circuito as perdas são proporcionalmente menores (74,7% da vazão captada), em comparação com as perdas do circuito aberto (89,7% da vazão captada).

### 3.2.4.2 Água requerida na fabricação de papel

O texto **Energy Analysis of 108 Industrial Processes (Brown, et.al., 1996)** indica, através de diagramas de fluxo, os consumos específicos de água na fabricação de papel e papelão de forma desagregada da planta integrada tal como indica a **Figura VIII**. Para essa indústria, o

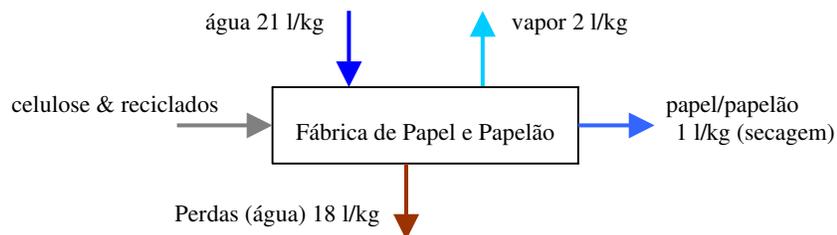
<sup>5</sup> [www.cetesb.com.br/Ambiente/prevenção-poluição](http://www.cetesb.com.br/Ambiente/prevenção-poluição) (captado em 15/2/2003)

volume específico de água que entra no processo industrial é de 22,0 m<sup>3</sup>/ t de papel e papelão produzidos, e o volume específico de água descartada é de 20,6 m<sup>3</sup>/ t.

O vapor que entra no processo, 3,4 kg/ kg de papel e papelão produzidos, é obtido pelo retorno do condensado. Os autores consideram também a fábrica com fechamento de circuito para recuperação de fibras, e o volume de água clarificada que circula no processo é de 195,5 m<sup>3</sup>/ t de papel e papelão.

A **Figura IX** mostra o balanço hídrico de uma planta integrada. No último bloco, a pasta celulósica a ser transformada em papel/papelão (máquina de papel) está em mistura com água (12 l/kg), a qual irá para o esgoto ou será recuperada com o fechamento do circuito (**Figura X**).

Levando em consideração que a celulose e reciclados (insumos) que serão transformados numa fábrica de papel e papelão entram no processo com baixa umidade, desagregamos esse último bloco da **Figura IX**, e, dessa forma, obtivemos os seguintes volumes específicos de água dispostos na **Figura XI**:



**Figura XI** Volumes específicos de água para a fabricação de papel e papelão

Pela **Figura XI**, o volume médio de água captada para a fabricação de papel e papelão é de 21 m<sup>3</sup>/t (21 l/kg), e o volume médio de água descartada do processo, de 18 m<sup>3</sup>/t (18 l/kg). A diferença será considerada perda consuntiva. Esses valores específicos obtidos por simulação estão coerentes com os apresentados por **Brown et.al (1996)**. Volume de captação: 22 m<sup>3</sup>/t e volume de descarte, 20,6 m<sup>3</sup>/t.

Os valores referenciais que utilizaremos para nossas simulações sobre a captação e descarte médio de água na fábrica integrada de celulose e papel (Ripasa I), serão os mesmos obtidos pela indústria Votorantim, pois essa é uma referência industrial, e levamos em consideração também que a Ripasa adota fechamento de circuito de água<sup>6</sup> para seu reuso.

Para efetuarmos a simulação sobre captação e descarte de água nas indústrias de papel investigadas, utilizaremos **Brown et.al (1996)**, pois essa é uma referência industrial, embora os dados expressem médias de consumos específicos de empresas americanas. A opção feita justifica-se pelo fato de que a simulação realizada por **Gonçalves (1995)** é teórica.

Há que se ressaltar que os valores a serem obtidos em nossas simulações, serão valores médios, pois cada empresa em particular possui suas próprias especificidades, políticas de atualização tecnológicas, investimentos em racionalização dos custos, de minimização de perdas, desperdícios, etc. A **Figura XII** representa algumas etapas da fase agrícola da produção de celulose e destino final do papel.

### **3.2.5 Energia elétrica requerida na planta e parâmetros de consumo**

**Bermann (2002)**, avaliando o consumo de energia elétrica para o ano 2000 no setor de celulose e papel, considera que o consumo específico de uma fábrica de celulose situa-se em 580 kWh por tonelada de celulose seca ao ar, e 870 kWh por tonelada de papel.

No ano 2000, a produção nacional de celulose foi de 7.463.226 toneladas, e a de papel foi de 7.200.132 toneladas (**Bracelpa, (2002) - Relatório Estatístico 2001**). O **Balço Energético Nacional de 2002** indica para o ano 2000, o consumo de 931 mil tonelada Equivalente de Petróleo (tEP) em eletricidade no setor. Em seu Capítulo 8 – Anexo E: Unidades, adota-se o coeficiente de equivalência para a energia elétrica em 0,08 tEP/MWh. Temos portanto:

---

<sup>6</sup> Em contato telefônico com a empresa, fomos informados que a mesma opera com fechamento de circuito.

FIGURA XII – PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL-FASE AGRÍCOLA

1 tEP=12,5 MWh.

Consumo de energia elétrica do setor no país: 11.637 GWh

Consumo na fabricação de celulose:  $7.463.266 \text{ t} \cdot 580.10^3 \text{ Wh/t} = 4.328,7 \text{ GWh}$

Consumo na fabricação de papel:  $7.200.132 \text{ t} \cdot 870.10^3 \text{ Wh/t} = 6.264,1 \text{ GWh}$

$4.328,7 + 6.264,1 = 10.593 \text{ GWh}$ . Valor coerente com o consumo nacional.

### **3.2.6 Produção anual, uso de água e consumo de energia elétrica nas indústrias da região**

A fabricação de celulose de fibra curta e longa foi de 7.412.027 toneladas no país em 2001, sofrendo um decréscimo de 0,69% em relação à produção no ano de 2000. Por outro lado, a fabricação de papel em 2001 cresceu 3,3% em relação ao ano anterior, sendo produzidas 7.437.767 toneladas. O Estado de São Paulo participou com 44,67% na produção nacional de papel, sendo fabricadas 3.322.353 toneladas (**Bracelpa, 2002**).

Em nossa região de estudo há somente uma empresa que fabrica celulose, a Ripasa I, cuja produção, em 2001, foi de 303.238 toneladas, o que representou 4,1% da produção nacional. A produção regional de papel da “linha marrom” (papelão, embalagens, sanitários) foi de 486.425 t e o de “linha branca” (papéis de imprimir, escrever, etc.) 532.309 t, totalizando aproximadamente 1.018.734 toneladas, representando 30,7% da produção no Estado de São Paulo e 13,7% da produção nacional, em 2001.

- **Determinação de energia e de água requerida e descartada do processo na Ripasa I e das indústrias de papel**

#### **Ripasa I**

Quantificaremos as intensidades de captação e descarte de água, a energia elétrica requerida no processo, a geração de compostos orgânicos clorados (AOX) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da Ripasa I em separado de outras indústrias, uma vez que a empresa produz celulose para o mercado e para sua fabricação de papel, ou seja, trata-se uma indústria integrada.

Os dados do **Relatório Estatístico 2001, (Bracelpa, 2002)**, indicam que em 2001 a Ripasa produziu 303.238 t de pasta química e semiquímica, 314.296 t de papel para impressão e 9.336 t de papel cartão. Para a totalidade de sua produção, 626.870 t de celulose e papel, avaliamos:

Captação de água:  $626.870 \text{ t} \times 45 \text{ m}^3/\text{t} = 0,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Descarte de água:  $626.879 \text{ t} \times 33,6 = 0,67 \text{ m}^3/\text{s}$

O **Relatório Zero (1999)** indica para o ano de 1999:

Vazão de captação de água:  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$

Vazão de descarte de água:  $0,64 \text{ m}^3/\text{s}$

Produção de DQO (11,3 kg/t): 19.400 kg/dia,

Produção de AOX: (0,14 kg Cl/t): 240 kg Cl/dia.

Energia elétrica requerida na produção:

Celulose:  $303.238 \text{ t} \times 580 \text{ kWh} = 14,6 \text{ GWh/mês}$

Papel:  $323.632 \text{ t/ano} \times 870 \text{ kWh} = 23,5 \text{ GWh/mês}$ .

Conforme consta em seu sítio eletrônico, a Ripasa I, através de investimentos realizados a partir de 2001 ampliou a partir de setembro de 2003 em 46,8% a produção de celulose, e 33,6% a produção de papel, ou seja, a indústria está produzindo 445.153 t/ano de celulose, e 432.372 t/ano de papel. A partir desses novos dados, podemos estimar os novos valores de captação e descarga de água, de produção de DQO e AOX, e de energia elétrica requerida:

Captação de água:  $877.525 \text{ t} \times 45 \text{ m}^3/\text{t} = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$

Descarte de água:  $877.525 \text{ t} \times 33,6 = 0,93 \text{ m}^3/\text{s}$

Produção de DQO (11,3 kg/t): 21.167 kg/dia,

Produção de AOX: (0,14 kg Cl/t): 336 kg Cl/dia.

Energia elétrica requerida na produção:

Celulose:  $445.153 \text{ t} \times 580 \text{ kWh} = 21,5 \text{ GWh/mês}$

Papel:  $432.372 \text{ t/ano} \times 870 \text{ kWh} = 31,3 \text{ GWh/mês}$ .

Para estimarmos as intensidades dos usos de água e consumo de energia elétrica das fábricas de papel e papelão em nossa região de estudo, elaboramos a **Tabela 3.7**. A captação de água em cada indústria de papel está sendo considerada na vazão específica de 22 m<sup>3</sup>/t de papel produzido, e o descarte de 20 m<sup>3</sup>/t de papel produzido. Com relação à energia elétrica requerida, tomamos como referência 870 kWh/t de papel produzido.

**Tabela 3.7:** Água e energia requeridas no processo de produção de papel e papelão

Industria	Município	Produção de Papel/Papelão (t/ano)	Água requerida no processo: Produção x 22 m <sup>3</sup> /t (m <sup>3</sup> /s)	Água descartada do processo: Produção x 20,6 m <sup>3</sup> /t (m <sup>3</sup> /s)	Relatório Zero		Energia requerida: Prod.x 870.10 <sup>-6</sup> (GWh/mês)
					Captação em 1999 (m <sup>3</sup> /s)	Descarte em 1999 (m <sup>3</sup> /s)	
Klabin de Celulose e Papel	Piracicaba	120.000	0,0837	0,0784	0,0180	0,0189*	8,70
Votorantim Celulose e Papel	Piracicaba	140.000	0,0976	0,0914	0,2278	0,2244	10,15
Papéis Independência S/A	Piracicaba	3.779	0,0026	0,0024	0,0005	0,0002	0,27
Sta Luzia Ind. de Embalagens	Piracicaba	11.000	0,0076	0,0072	0,0023	0,0097*	0,80
Papel Ramenzoni S/A	Cordeirópolis	57.600	0,0402	0,0376	0,0455	0,0305	4,17
Papirus Ind. de papel	Limeira	65.415	0,0456	0,0427	0,1389	0,1333	4,74
Ripasa III (Limeira S/A)	Limeira	43.723	0,0305	0,0285	0,1111	0,1144*	3,17
Orsa Celulose, Papel e Emb.	Paulínia	192.000	0,1339	0,1254	0,1667	0,1416	13,92
Nitow Papel S/A	Campinas	2.558	0,0018	0,0016	0,0005	nd	0,18
Cartonifício Valinhos	Valinhos	25.000	0,0174	0,0163	0,0014	0,0041*	1,81
Rigesa Celulose, Papel e Emb	Valinhos	76.692	0,0535	0,0501	0,0500	0,0361	5,56
Total		737.767	0,5150	0,482	0,763	0,713	53,49

(\*) Captação maior que descarte.

Extraído de: Bracelpa (2001), Relatório Zero (1999), Indústrias Klabin de Celulose e Papel, e sítios eletrônicos:

[www.vcp.com.br](http://www.vcp.com.br), [www.ramenzoni.com.br](http://www.ramenzoni.com.br), [www.grupoorsa.com.br](http://www.grupoorsa.com.br)

Adaptado de: Bermann (2002)

### 3.3 A Indústria de derivados de petróleo - Replan

#### Esquema básico do sistema de produção da Replan

A Replan (Refinaria do Planalto), localizada em Paulínia, é a maior refinaria de petróleo do Brasil, com capacidade de refino em cerca de 22% do total, processando 54.200 m<sup>3</sup> de petróleo por dia e com projeto em curso de elevação para 60.000 m<sup>3</sup>/d. O petróleo a ser processado percorre, a partir do Terminal Marítimo Almirante Barroso, localizado no litoral norte de São Paulo, 225 km via oleoduto, passando pela estação de bombeamento de Guararema com destino à refinaria (**Ramos, 1999**).

O petróleo e seus derivados são armazenados em tanques de transferência e estocagem para garantir fluxos contínuos. Na Replan esse parque é composto de 152 tanques para petróleo e derivados e 17 para gás de cozinha (GLP). Os tanques são cilindros verticais cujos tetos podem ser de dois tipos: fixo vertical, flutuante externo e flutuante interno, com o objetivo de evitar excesso de perdas de hidrocarbonetos por evaporação. De acordo com **Santos (1994)**, o processo de refino divide-se em etapas de:

**Destilação:** Na destilação, o petróleo é refinado para a obtenção de derivados através de dois tipos de processos: por destilação atmosférica e a vácuo. Na destilação atmosférica, o petróleo é aquecido a cerca de 350 °C, o que permite a ascensão, por uma torre, de gases e vapores e a descida de líquidos. Neste processo obtém-se as substâncias: nafta, querosene, gasolina, querosene de aviação, varsol, gás de cozinha, óleo diesel e, resíduo atmosférico. Os principais poluentes são óleos e graxas, coque, cloreto de sódio, amônia e fenol.

O processo de destilação a vácuo é semelhante ao atmosférico, porém, com maior temperatura no forno e com baixa pressão na torre. Nessa destilação, o resíduo atmosférico é processado obtendo-se óleos combustíveis, asfaltos e gasóleo; Os principais poluentes no efluente líquido são: óleos e graxas, coque, cloretos, sulfetos, mercaptanas, fenóis e amônia.

**Craqueamento:** A matéria prima utilizada nas unidades de craqueamento é o gasóleo. No craqueamento térmico trabalha-se com a matéria prima à temperatura em torno de 480° C, a

qual sofre fracionamento molecular em um reator com pressão de 20 atmosferas, sendo então separados os líquidos e vapores em uma torre de evaporação. Dos vapores fracionados obtém-se gases, gasolina, GLP, gasóleo, etc., e os derivados pesados são recirculados através do forno.

O craqueamento catalítico difere do térmico pela utilização de catalisadores (sílica, alumina), com os quais o produto é misturado craqueando as moléculas. Os vapores provenientes do reator passam por uma torre de fracionamento de onde se obtém o GLP, gases residuais, gasolina, querosene e gasóleo. Nos craqueamentos, os principais poluentes são: emulsão oleosa, óleos e graxas, fenóis, tiofenóis, cianetos, compostos nitrogenados ( $\text{RNH}_2$  e amônia), sulfetos ( $\text{H}_2\text{S}$ ), mercaptana ( $\text{RSH}$ ), soda e metais pesados.

**Coqueamento:** Esse processo transforma o resíduo de vácuo em coque, obtendo também derivados como o GLP, gasolina, óleo diesel e coque, este último utilizado em fornos de cimento e siderúrgicas. O resíduo de vácuo é aquecido em forno e, em seguida, enviado ao tambor de coqueamento para reação; os vapores resultantes do coqueamento alimentam a torre de entrada do processo e esta, por sua vez, recicla os gases. O líquido separado é enviado ao forno de coqueamento, enquanto que o gasóleo pesado é enviado à unidade de fracionamento e o leve é retificado e enviado para outros usos. Os gases retornam à torre, são condensados e separados em nafta e água que serão tratados, resultando em água ácida e hidrocarbonetos. Estes são enviados à torre desbutanizadora e os gases remanescentes são canalizados para tratamento.

O efluente do topo do reator é resfriado com água, condensando hidrocarbonetos pesados que são separados no tambor “blow-down” em líquido e vapor. No líquido estão contidos os resíduos, e o vapor condensado separa-se em água e óleo. Os vapores são enviados à tocha, o líquido é enviado ao tratamento de água ácida e os óleos leves, enviados para resíduo. A partir do metanol e isobuteno é obtido o MTBE.

**Produção de MTBE:** O Metil-Terc-Butil-Eter é um composto oxigenado adicionado à gasolina para aumentar sua octanagem. Essa Unidade de Fabricação foi construída dentro da Unidade de Craqueamento U220, conectando-se com os sistemas de vapor, eletricidade e efluentes desta unidade, entrando em operação em 1996.

**Hidrotratamento de Derivados (HDT):** Esta unidade entrou em operação em 1999 e destina-se à remoção do enxofre do óleo diesel a uma taxa menor que 0,5%. O óleo em contato com o hidrogênio sofre reações químicas que eliminam gás sulfídrico, o qual é enviado para a recuperação, transformando-se em enxofre (Santos, 1994). Uma fábrica produz o hidrogênio a partir de hidrocarbonetos leves e outra se utiliza deste hidrogênio para a remoção do enxofre (sulfetos) e outro compostos. (Sevá Fº, 1999 – a).

O suporte a toda a refinaria está nas Unidades de Utilidades e de Tratamento de Efluentes. A **Unidade de Utilidades** é constituída de caldeiras, geradores, trocadores de calor, sistemas de bombeamento, cujas funções são suprir de vapor e água os processos de refrigeração e energia, obtida a partir da queima do gás gerado na própria refinaria.

A **Unidade de Tratamento de Efluentes, (ETDI – Estação de Tratamento de Despejos Industriais)** é responsável pelo tratamento de todos os efluentes gerados, e o **Sistema de Queima (Flare)** consome os resíduos gasosos. Uma refinaria de petróleo gera grandes quantidades de efluentes, sejam líquidos, gasosos ou resíduos sólidos. Os principais contaminantes são o H<sub>2</sub>S, gás sulfídrico, amônia, óleo emulsionado com água, além de compostos orgânicos voláteis (hidrocarbonetos) (Rossi e Caruso Neto, 2000).

**Tabela 3.8.** Derivados de petróleo produzidos na Replan em 2000

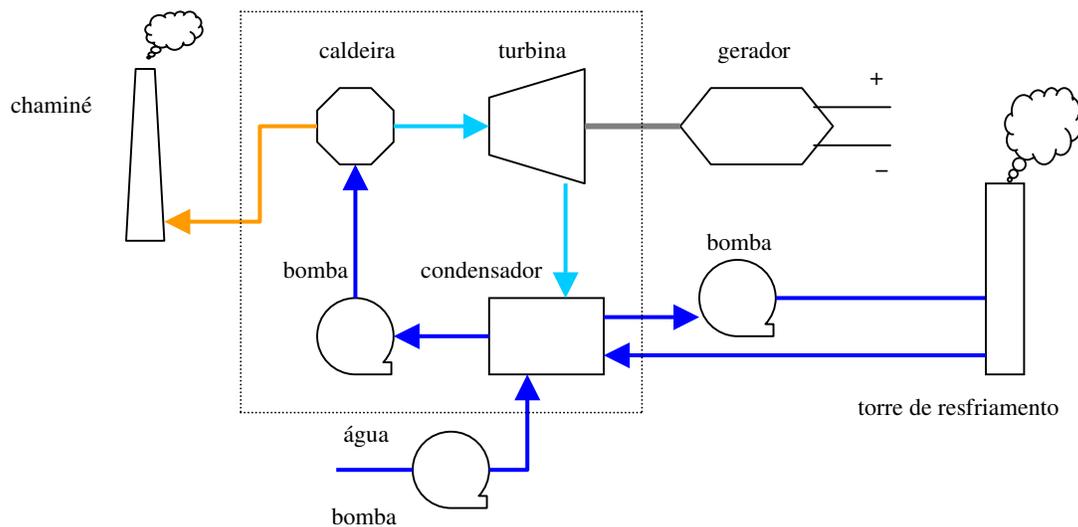
Derivados	Quantidades m <sup>3</sup> /dia	Derivados	Quantidades m <sup>3</sup> /dia	Derivados	Quantidades t/dia
GLP	4.400	Querosene de aviação	1.800	Asfalto	1.200
Gasolina	12.600	Querosene de iluminação	300	Enxofre	90
Diesel	21.000	Nafta para petroquímica	4.000	MTBE*	270
Óleo Combustível	10.300	Aguarrás	400	Coque	1.000

Extraído de: Pereira e Chan (2000)

\* (metil-tércio-butil-éter) aditivo adicionado à gasolina para melhorar de desempenho

### 3.3.1 Geração de energia elétrica e vapor

A geração de energia elétrica é realizada em uma central termelétrica através de dois ciclos de potência: a) ciclo térmico de Rankine (**Figura XIII**), com caldeiras de vapor e turbinas de contrapressão, e b) os ciclos combinados Brayton e Rankine (**Figura XIV**) com turbinas a gás e caldeiras de recuperação de calor.

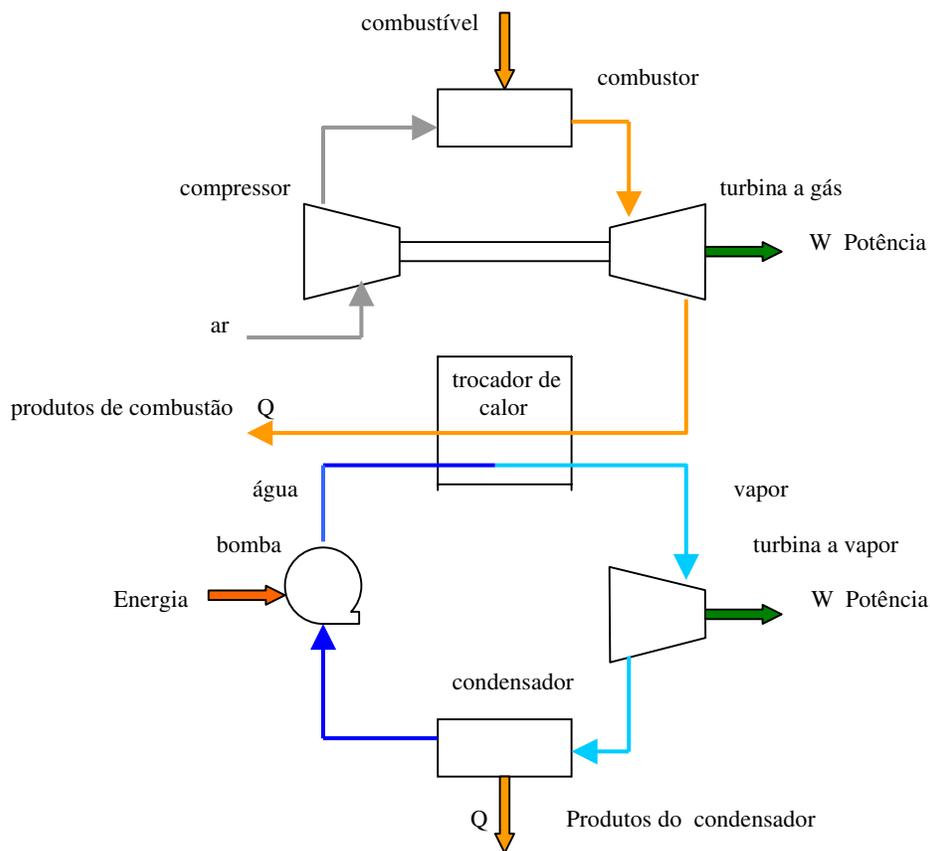


**Figura XIII** Ciclo Rankine. Componentes básicos de uma planta de geração de potência a vapor  
Extraído de **Pieroni, 1997**

Existe uma planta de geração de vapor Ciclo Rankine, com 3 caldeiras e 3 turbinas a vapor, potência 10 MW, na Casa de Força (CAFOR) da Replan, além de duas caldeiras de recuperação de gases das Unidades de Craqueamento Catalítico que também fornecem vapor para o conjunto da refinaria.

A potência instalada na Replan, de 65.000 kW ou 65 MW, a supre de energia elétrica com excedente de aproximadamente 10 MW vendidos à CPFL, e a capacidade instalada de vapor é da ordem de 827,5 t/h com pressão de trabalho de 8,62 MPa e temperatura de 485°C.

A refinaria capta 1.600 m<sup>3</sup>/h (0,444 m<sup>3</sup>/s) de água do Jaguari e devolve 500 m<sup>3</sup>/h (0,139 m<sup>3</sup>/s) ao Atibaia. Seu sistema de resfriamento nos processos, nos condensadores associados às turbinas de vapor que circulam em circuito fechado, comporta uma vazão de 45.000 m<sup>3</sup>/h. A água perdida por evaporação, arraste e purga é repostada por água clarificada no volume de 750 a 850 m<sup>3</sup>/h.



**Figura XIV** Ciclo Brayton e Rankine. Componentes básicos de uma planta de geração de potência em ciclo combinado  
 Extraído de **Pieroni, 1997**

Existem duas turbinas a gás, potência aproximada de 18 MW cada, queimando gás natural e com aproveitamento de calor para geração de vapor, desde a ampliação da CAFOR, em 1997.

### 3.3.2 Riscos, acidentes e ocorrências – alguns registros históricos

Vários acidentes, incêndios e ocorrências anormais já ocorreram na Replan, revelando que, embora a complexidade tecnológica dos processos e dos controles tenha como objetivo atuar no sentido da precaução e da não ocorrência, a possibilidade de ocorrer é uma realidade, pois em todas as etapas de seus processos os riscos são intrínsecos.

Segundo **Sevá F° (1998)**, a ocorrência e a gravidade de acidentes depende dos padrões de funcionamento, da depreciação técnica dos equipamentos, e da qualificação dos trabalhadores. Acrescente-se as falhas dos equipamentos, pressões para acelerar a produção, problemas ergonômicos, procedimentos operacionais que transformam as anormalidades em normalidades (**Freitas, 1996**).

- **Alguns acidentes nas operações**

**1978:** Explosão do tanque cilíndrico de aço de 6 metros de altura e 3 metros de diâmetro, receptor de tratamento de GLP da Unidade de Craqueamento Catalítico. Na ocasião, a tampa superior deslocou-se e voou pelos ares.

**Janeiro/1991, março e julho/1992** ocorrência na U220 (Unidade de Craqueamento Catalítico I), e **novembro/1992** ocorrência na U220-A (Unidade de Craqueamento Catalítico II):

Nuvens de gásóleo com risco de “flash”, nuvens de poeira de catalizador, desdobramento de arrastes de derivados em linhas indevidas.

**Agosto 1992:** vazamentos e esguichos de óleo cru aquecido na destilação U-200 (Unidade de Destilação Atmosférica a Vácuo I) (**Sevá F°, 1992**).

**Janeiro 1994:** Explosão de um setor da caldeira de recuperação de CO.

Explosão de uma parte da caldeira com riscos na área operacional e com graves prejuízos. O tipo de acidente e as falhas a ele relacionadas podem ser descritas:

*“1. QUE TIPO DE ACIDENTE FOI?”*

*1.1 Foi um acidente sistêmico – que decorre de falhas estruturais na organização e na tecnologia – as quais abrem a oportunidade para a propagação dos desarranjos através de vários equipamentos e setores da produção, - tudo isto condicionado por limitações e riscos intrínsecos desse tipo de processo produtivo e dos materiais em processamento.*

*1.2 Tudo se inicia, nestes casos, com um tipo de “pane” que é probabilística, ocorre com uma certa frequência, mas que se propaga cada vez de forma única; como houve um desfecho violento, a explosão de uma parte de uma caldeira de grande porte, isto teve, só pode ter*

*tido, uma causa imediata, agravada, certamente, por fatores que atuam em cada conjuntura, mas que têm explicações mais distantes no tempo e no espaço.*

## **2 QUAIS FALHAS ESTRUTURAIS ESTÃO RELACIONADAS COM ESSE TIPO DE ACIDENTE?**

*2.1 Falha nos projetos técnicos e na política de investimentos da empresa e da refinaria. O aumento da escala de produção de algumas plantas, fixado em projeto ou após reforma (“Revamp” na linguagem dos trabalhadores), está provocando deseconomias de escala, por causa da desproporção entre o conjunto de utilidades necessárias para a boa operação em todas as plantas e cada uma de suas fontes energéticas. Em termos simples: as caldeiras são muito grandes, e a retirada de uma delas de operação dá uma quebra grande no suprimento. A tentativa de centralização num conjunto com alto grau de interdependência entre as partes está induzindo uma dificuldade muito maior de intervenção em situações de emergência.*

*2.2 Falhas na organização humana e nos meios de aferição/indicação e de acionamento por instrumentos. A separação é crescente entre os painéis (ou teclados e monitores) e o campo; e as re-organizações funcionais recentemente implantadas convergem para a mesma fragilidade: a interrupção e o embaralhamento mais frequentes da comunicação inter-operadores e das decisões verticais, vindas da hierarquia técnica e administrativa. Em termos simples: em horas de aperto, é muito mais difícil (do que era) o “pessoal se entender a tempo”. (Sevá Fº, 1994-a)*

### **Ocorrências anormais ocorridas na Replan em novembro de 1994**

**21/novembro/94:** Falha no sistema de 24 volts cc da CAFOR, que alimenta os comandos dos acionadores das bombas d’água de alimentação da GV-22501 (Caldeira de CO da U220-A), ocorrendo parada desta caldeira e estado de emergência no sistema de vapor da refinaria. Com falha também do sistema de emergência, houve parada na U-200-A (Unidade de Destilação a Vácuo II), permanecendo em operação apenas a U-200, dado que a U-220 encontrava-se em manutenção. Durante o retorno da GV-22501, ocorreram danos nos tubos obrigando sua parada para manutenção.

**22/novembro/94:** Na partida da U200-A ocorreu contaminação do sistema de óleo de selagem com resíduos (mistura de hidrocarbonetos e água), o que provocou cavitação nas bombas, obrigando sua parada. Isso levou à paralisação do oleoduto que envia resíduo de vácuo para a Rhodia, tendo como consequência seu endurecimento na tubulação. O Problema foi resolvido 60 horas depois. Devido ao movimento grevista iniciado em 22/11/94 às 23:30 h, não houve partida da U-220-A.

**24/novembro/94:** Detectou-se um vazamento pelo fundo do tanque de armazenagem de gasóleo TQ-4113, ameaçando a continuidade operacional da U-200-A. Após o encerramento da greve, deu-se sua partida ocorrendo reversão de óleo para a atmosfera.

**16/dezembro/94:** Compressor de Gases da U-220-A sofreu parada, ocorrendo emissão de fumaça negra pela tocha durante 1 hora.

O elevado número de ocorrências em um curto período de tempo, levou a Superintendência da Refinaria a constituir uma comissão para sua análise integrada. A conclusão foi que as referidas ocorrências se deram por deficiências nos sistemas em ampliação da Refinaria acrescidas à falta de procedimentos padronizados, pelo fato de estarem desatualizados, ou serem inadequados (**Seva Fº, 1994 - b**).

**Agosto/1998:** Durante o esgotamento do vaso de tratamento de GLP de uma Unidade de Craqueamento Catalítico, o tanque acidentado em 1978 explodiu, sendo arrancado de sua base de concreto e projetado a 200 metros, passando por sobre a Unidade U-220, acabando por cair no meio da rua que separa as duas Unidades (U-220 e U-220-A). A explosão ocorreu devido a: Presença de hidrocarbonetos voláteis misturados com Di-Etanol-Amina (DEA), foco de ignição e presença de ar em seu interior.

Comentários sobre o acidente: Não houve análise correta de engenharia em 1978, pois o tanque não foi modificado; Nem pessoal das empreiteiras nem os equipamentos de solda poderiam estar na área do tanque durante seu enchimento. Devido a política de redução de pessoal próprio e subcontratação de serviços atuando em locais e setores de alto risco, as permissões de trabalho perderam fiscalização mais efetivas (**Sevá Fº, 1998**).

**18/novembro/97:** Parada na U220, enquanto ocorria emergência na U220-A em função de rompimento de linha de produto a 330° C no fundo da torre 2201. Nesta ocasião, um trabalhador sofreu queimaduras. As duas unidades foram paradas pela insuficiência de pessoal de atendimento às duas emergências (**Sevá Fº, 1999 –b**)

**29/janeiro/98:** O rompimento da tubulação de óleo de selagem do compressor da U220-A provocou incêndio durante 20 minutos.

**27/dezembro/98:** Ameaça de explosão na instalação de caldeira na CAFOR devido ao vazamento de um dos queimadores.

**19/maio/99:** Rompimento de flange de uma válvula no parque de bombas de GLP com pequeno vazamento, formando nuvens em um perímetro de 50 a 100 metros.

- **Mortes ocorridas**

**1977 ou 1978:** Nuvens de GLP e vazamentos nas engarrafadoras – uma morte.

**05/novembro/98:** Soterramento e morte de um trabalhador em vala de instalação de duto do Gasoduto Brasil/Bolívia.

- **Alguns incêndios e outros acidentes**

**Abril/92:** Incêndio em canaletas e dutovias nas áreas de tancagem chegando à bacia de tanque de grande porte.

**23/maio/97:** Fagulha de solda na área de reparos causa incêndio na tubovia norte.

**18/novembro/97:** Desbarrancamento de escavação de obras de ampliação da refinaria, fazendo ceder concretagem de dutos de energia elétrica (13.800 volts) para a unidade CO1.

**19/novembro/97:** Estrutura metálica em construção na Unidade de Recuperação de Enxofre cedeu, deixando vários trabalhadores dependurados.

**27/maio/98:** Vazamento de vapor a 140° C na Tocha II atinge operador que trabalhava dentro da tubulação. Risco de explosão pelo vazamento ter ocorrido próximo à área das esferas de gás.

A atividade industrial de uma refinaria produz fortes impactos ao meio onde se instala pois, além de sua planta ter grandes dimensões, ela gera, através de seu processo produtivo, grandes quantidades de resíduos, emanações, efluentes, riscos inerentes à atividade e transporte de seus produtos.

Os resíduos sólidos e oleosos na Replan são dispostos em aterros próprios e na área “landfarming” (um processo que utiliza o solo para tratamento biológico de borras oleosas). As chaminés dos fornos e caldeiras emitem material particulado (MP), óxidos de enxofre (SOx), e óxidos de nitrogênio (NOx).

As emanações de odores e hidrocarbonetos originam-se principalmente da ETDI (Estação de Tratamento de Despejos Industriais), a qual processa os efluentes hídricos da empresa, e do sistema de tanquagem que armazena óleo cru e derivados produzidos.

- **Algumas ocorrências na ETDI**

**1986 e 1992:** Extravasamento de bacias de decantação de águas pluviais e de efluentes de tratamento; derramamento de produtos fenólicos, amoniacais e outros no rio Atibaia.

**Outubro, novembro/1992:** Contaminações por borra oleosa e nafta no lençol freático, açudes e lagoas nas drenagens dos rios Atibaia e Jaguari, (Seva F°, 1992).

**24, 25, 25/abril/ 1996:** ETDI trabalhando com vazão máxima (1.000 m<sup>3</sup>/h), Bacia de Espera e separadores água/óleo sobrecarregados fazendo com que a separação fosse incompleta. Por consequência, as cargas contaminadas recebidas pelos sistemas de água foram apenas

parcialmente tratadas. Durante três dias, o excesso de óleo chegou até a última bacia de estabilização antes da lagoa final do sistema.

**(Seva Fº, 1996).**

Mesmo quando em funcionamento normal, o grau de exposição dos trabalhadores aos vapores de hidrocarbonetos, sulfetos e outros componentes tóxicos na ETDI é talvez o pior dentro de todos os setores da Refinaria. Além disso, o contato direto com vapores, óleos e graxas, a limpeza de tambores com solventes, agravam as condições dos trabalhadores que realizam essas tarefas **(Seva Fº, 1996).**

### 3.4 Conclusões

Este capítulo apresentou uma análise de processos produtivos da indústria sucroalcooleira da região de Piracicaba, da indústria de celulose, discorrendo a respeito da produção de papel das indústrias localizadas nos municípios de Piracicaba, Limeira, Cordeirópolis, Campinas e Valinhos, e transcreveu um registro histórico de acidentes, incêndios e ocorrências anormais ocorridas na Replan.

De acordo com o presente estudo, a cultura da cana-de-açúcar ocupa aproximadamente 36,8% da área rural de nossa região. Com relação aos oito municípios da região canavieira de Piracicaba, que se incluem em nossa região de análise, a cultura ocupa 42% da área rural, sendo que, em alguns ocupa acima de 80%. Note-se que cidades como Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, Rio Claro, Iracemápolis e outros, estão cercadas, como ilhas pelos canaviais.

A extinção da prática da queima da palha da cana é, seguramente, um fator de desemprego da mão-de-obra rural e, segundo **Gonçalves (2001)**, provoca uma redução estimada de 10,7% a 29,3% da demanda de trabalho global no meio rural. Entretanto, em seu trabalho, o autor não contabiliza as possíveis ofertas de emprego que poderiam ser geradas na indústria de maquinários e agregados, embora seja uma mão-de-obra diferenciada em relação ao “cortador de cana”.

Por outro lado, a prática da queima da palha produz agravantes ao meio ambiente e à saúde humana, em uma região cujos índices de poluição são preocupantes, como será visto no capítulo 4. Essa prática também provoca desperdício da energia que poderia ser aproveitada pelas usinas.

Observa-se que a fase industrial dessa cadeia produtiva é intensiva em água. Porém, os dados de captação disponibilizados pelo Relatório Zero, pelo UTPPESP (elaborado pela Comissão de Serviços Públicos de Energia do Estado de São Paulo) e, especificamente os dados obtidos por esta pesquisa apresentam discrepâncias, exceto com relação à Usina Furlan. Os mesmos dados mostram-se aproximados com relação à Usina Iracema, sendo difícil estimarmos

uma média do volume de água consumido pelas usinas envolvidas, assunto que será rediscutido no capítulo 6.

As usinas instaladas na região em estudos produzem aproximadamente  $4,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> de vinhoto por safra, o qual é despejado no solo das fazendas. A pesquisa de **Vieira (1985)**, indicou influência do vinhoto diluído em água (a prática nem sempre adotada) em relação ao DQO, teor de sólidos dissolvidos, dureza da água e, principalmente, o teor de cloreto, implicando o potencial de salinização do solo provocado pela fertirrigação.

A produção de papel e celulose é significativa em relação ao estado e ao país. Para o ano de 2001, o consumo de energia elétrica na indústrias foi de 1.098 GWh, o que correspondeu a aproximadamente 9,4% do consumo nacional do setor.

Dados contidos no capítulo 6 indicam a captação de água da Replan em 0,444 m<sup>3</sup>/s, e da Rhodia em 2,35 m<sup>3</sup>/s. Somente as fábricas de papel captaram em 2001, segundo nosso estudo, 0,515 m<sup>3</sup>/s, e segundo o Relatório Zero, 0,763 m<sup>3</sup>/s (dados de 1999). A Ripasa captou 0,9 m<sup>3</sup>/s de acordo com a pesquisa, e 1,0 m<sup>3</sup>/s de acordo com o Relatório Zero. Em 2003, a empresa passou a captar aproximadamente 1,25 m<sup>3</sup>/s, quase três vezes mais que a Replan e perto de 53% do captado pela Rhodia. Significativa também é a produção de DQO (21,1 t/dia) e de AOX (0,336 t/dia).

A influência do aumento das captações nos corpos d'água será discutido no capítulo 5, e tratado com mais detalhe no capítulo 6; Entretanto, é possível antecipar que os recursos hídricos da região encontram-se degradados pelos volumes de extração e pela carga de poluentes neles despejados. Um aumento na produção como a realizada pela Ripasa, significa sério agravo às condições do rio Piracicaba.

Tal como disposto nos capítulos 2 e no atual, e também a ser analisado nos capítulos 4 e 5, as grandes empresas dos setores químico e petroquímico apresentam perigos em seus processos.

Dentre vários acidentes, são relatados neste capítulo duas explosões em um mesmo tanque durante o intervalo de 10 anos, a última ocorrida por falhas nas análises do projeto de restauração, com a possibilidade de agravamento de suas conseqüências devido a atitudes inseguras de trabalhadores terceirizados.

Outra explosão ocorreu em parte da caldeira de recuperação de CO devido a falhas nos projetos, sobrecarregamento do setor, e falhas na reorganização estrutural. Várias ocorrências aconteceram durante o ano de 1994 devido a deficiências nos projetos de ampliação, falhas na padronização de procedimentos inadequados e desatualizados, além de falhas na ETDI, em 1996, por sobrecarga de efluentes afetando o rio Atibaia.

Essas e outras anormalidades devem ser analisadas considerando as características da empresa, pela natureza inflamável e tóxica da matéria transformada, pois seus acidentes são coletivos pela extensão de suas influências.

## **CAPÍTULO 4 – POLUIÇÃO DO AR, RISCOS DECORRENTES DOS FLUXOS DE COMBUSTÍVEIS E EXPANSÕES INDUSTRIAIS NA REGIÃO GEOECONÔMICA.**

### **Apresentação**

Neste Capítulo consideramos a região como um sistema aberto ou volume de controle, por onde fluem combustíveis fósseis (gás natural, petróleo e derivados). Os transportes desses combustíveis via tubulações, apresentam riscos de vazamentos devido a acidentes, com possibilidades de incêndios e/ou contaminações. São indicados alguns locais afetados por esses possíveis acidentes.

Dos combustíveis que passam pela região e os processados na Replan, uma parte é queimada nas indústrias, em veículos automotivos<sup>1</sup>, e outra parte segue, transportada para outros destinos. Devido a ação de queima (combustão), parte da energia contida nos combustíveis é utilizada nos processos produtivos e parte é dissipada na forma de calor; vários compostos formados são emitidos ao ar e outros transformam-se em cinzas.

Neste Capítulo estimamos as emissões de monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) em indústrias de Limeira e Piracicaba, que passaram a utilizar o gás natural a partir de 2002.

Somam-se a essas estimativas, as elaboradas por **Breda (2001)**, que estimou emissões em indústrias localizadas em Americana, e as elaboradas por **Morais (2002)**, que avaliou as emissões industriais em Paulínia. O autor simulou participações da Termelétrica do Planalto

---

<sup>1</sup>Em que pese a expressiva participação dos veículos automotivos na emissão de poluentes, principalmente no que diz respeito ao monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), não houve busca de dados em campo para estimar essa participação. Serão apresentados indicativos de sua contribuição em relação ao total de poluentes estimados.

Paulista, e a instalação de uma usina de cogeração para fornecer vapor e energia a empresas coligadas.

Pela análise do EIA-Rima da Usina de Cogeração, destacamos a participação na forma quantitativa de cada empresa coligada à Usina, relatando as emissões de poluentes aéreos e a contribuição do projeto a essas emissões.

Para a avaliação da qualidade do ar na região de Paulínia e Campinas, comparamos os índices de concentração de poluentes medidos pela Cetesb com outros locais do interior paulista, destacando a contribuição das emissões veiculares.

A contribuição da poluição causada por queima estacionária e móvel de combustíveis fósseis, a queima de biomassa (palha da cana-de-açúcar), e a ressuspensão de materiais (poeiras), favorecem a precipitação de chuvas com características ácidas.

Nossas análises foram referenciadas na queima de combustíveis fósseis, óleo combustível, gás natural e gás liquefeito de petróleo (GLP). O fornecimento de óleo cru à Replan, o despacho de óleos e derivados transformados na refinaria, e a oferta de gás natural dá-se via tubulações. No capítulo destacamos os riscos de rompimento dos dutos que servem à Replan, e as possíveis áreas afetadas.

Demonstra-se que o ar na região em estudo está saturado de poluentes, e que a participação de novos projetos de expansão industrial ou a instalação de novas fontes de poluição, pressionam o ar e os corpos d'água.

#### **4.1 O gás natural: participação e usos**

A participação do gás natural na matriz energética brasileira apresenta elevado potencial de crescimento. Segundo **Cecchi (2001)**, sua participação no ano 2000 foi de 3%, com metas para atingir 12% até o ano 2010, sendo um dos responsáveis por esse crescimento o Programa Prioritário de Termelétricas (PPT). Ao lado deste programa está o uso industrial do gás o que,

particularmente na região, está se dando de forma crescente em função da instalação do gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol).

Crescentes também são as reservas desse combustível no país. No ano de 2002, segundo dados da Petrobrás<sup>2</sup>, as reservas provadas eram de 236.592 milhões de m<sup>3</sup>, crescendo 7,62% em relação ao ano 2001. Nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo as reservas provadas em 2002 eram de 118.727 milhões de m<sup>3</sup>.

Comparado com outros combustíveis fósseis, o gás natural, composto praticamente de metano (CH<sub>4</sub>), traz vantagens econômicas<sup>3</sup> por não produzir fuligem além de propiciar queima mais uniforme. Devido ao fato deste combustível possuir baixa concentração de enxofre, há redução na emissão dos compostos dele derivados, o que se traduz em vantagens com relação à qualidade do ar.

Sua rentabilidade de produção é inferior a do petróleo, pois, na pressão de 100 bar (98 atm), ele tem valor energético cinco vezes inferior ao do petróleo líquido. Além disso, seu transporte é mais caro que o do óleo cru e exige contratos de longo prazo, o que implica em tornar a relação comprador/fornecedor menos flexível. Entretanto, o grande desafio da utilização do gás natural não é a produção ou o transporte, mas sua distribuição, comercialização e armazenamento (**Silva, 1996**).

O gás natural passa a ser uma alternativa minimizadora dos efeitos ambientais em função do uso de combustíveis fósseis; entretanto, perpetua a manutenção do sistema econômico intensivo em energia, o que significa certamente efeitos indesejáveis ao meio ambiente e às populações.

---

<sup>2</sup> <http://www.petrobras.com.br>

<sup>3</sup> Técnicos do setor cerâmico relatam que o uso do gás natural aumentou a produtividade do setor, por não provocar entupimentos nos bicos injetores de gás dos secadores e fornos, evitando paradas.

#### 4.1.1 O Gasoduto Bolívia-Brasil

O Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol)<sup>4</sup> é um projeto de 3.150 km de extensão dos quais 557 km localizam-se em área boliviana e 2.593 km em área brasileira, atravessando 135 municípios e cinco estados, com capacidade de transporte de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia mas não operando, no momento, em plena carga.

No Brasil o gasoduto é controlado e operado pela TBG, Transportadora Brasileira Gasoduto Brasil Bolívia S.A., que detém 51% das ações, pela Petrogasbol – Petrobrás Gás Bolívia S.A., subsidiária da Gaspetro e responsável pelas atividades relacionadas aos negócios de transporte e aproveitamento do gás natural produzido em território boliviano, e a GTB Gás Transboliviano que opera o gasoduto na Bolívia, onde a Gaspetro tem 11% de participação. Na Região de Campinas, a empresa distribuidora é a Comgás.

O duto traça uma rota única com alguns ramais até Campinas/SP. O trecho Corumbá-Campinas possui 1413 km de extensão, atravessando o pantanal matogrossense em tubos de 32 polegadas, cruza o rio Paraná e o território paulista, e, a partir de Campinas, divide-se. Uma parte se estende até Guararema, onde se interliga com o sistema de dutos já existentes entre São Paulo ao Rio de Janeiro; o volume médio de gás natural nesse trecho é de 4,1 milhões de m<sup>3</sup>/dia.

Outro trecho é o de Campinas-Araucária/PR com 211 km, diâmetro de 24 polegadas, atravessando a Serra de Paranapiacaba, Vale do Ribeira, seguindo até a estação de compressão de Araucária, junto à fábrica da Ultrafértil e a Repar (Refinaria Presidente Getúlio Vargas) próximo a Curitiba, e segue até Porto Alegre/RS.

O gás sai da Bolívia com 100 bar (98 atm) de pressão e é monitorado por quatro tipos de instalações de controle: estação de medição para controle do gás que entra no sistema (quantidade, pressão, etc.), estações de compressão (a pressão cai ao longo do percurso sendo necessário elevá-la novamente a 100 bar), estações de redução de pressão próximas aos pontos

---

<sup>4</sup> Cardoso, Beatriz. **Gasoduto Brasil-Bolívia: A Rede de Automação.** ([www.gasnet.com.br](http://www.gasnet.com.br)) captado em 20/5/2003.

de entrega, e as estações de entrega. A **Figura XV** mostra uma instalação de controle do gás natural.

Para atender a demanda de gás, criou-se um mercado industrial e programas de financiamento para a instalação de termelétricas, algumas projetadas para serem instaladas na região de estudo mas não realizadas. Até o ano 2001, algumas de suas características eram:

- CTPP – Companhia Termelétrica do Planalto Paulista, localizada em Paulínia, com potência de 630 MW; Consumo de gás na ordem de  $2,6.10^6$  m<sup>3</sup>/dia. Acionistas: Petrobras e CPFL.
- Carioba, localizada em Americana. Inicialmente com potência de 750 MW, mudando para 1200 MW e posteriormente para 950 MW. Consumo de gás de  $3,6.10^6$  m<sup>3</sup>/dia em seu projeto original, e tendo por acionistas a CPFL, a Shell e a Intergem.
- Usina de Cogeração Anhanguera, localizada em Limeira, com o propósito de gerar 270 MW de energia elétrica e 138,5 t/h de vapor de processo.

Os projetos da CTPP e Carioba iniciaram o processo de licenciamento ambiental com audiências públicas em vários municípios da região, e o projeto da Usina de Cogeração já iniciou o licenciamento.

Com relação aos dois primeiros, houve uma forte rejeição da sociedade organizada em defesa do rio Piracicaba pelo volume de água evaporada em seus processos de refrigeração, e pela qualidade do ar. Embora a utilização do gás natural possa reduzir a emissão de NOx em comparação com outros combustíveis dependendo da eficácia dos equipamentos, **Morais( 2002)** demonstrou o incremento desse poluente no ar da região, considerando a instalação da CTPP.

#### **4.2 Emissões pontuais de alguns compostos em função da queima de combustíveis em fontes industriais na região**

A TRACTEBEL Energia S.A., sucessora da Gerasul, empresa de geração de energia elétrica, apresentou um projeto para a construção de uma termelétrica, a Usina de Co-Geração Anhanguera, no município de Limeira, para gerar 270 MW de energia e produzir 138,48 t/h de vapor de processo com o objetivo de suprir 8 empresas coligadas, a Ajinomoto em Limeira e as

do município de Americana: Santista Têxtil, Polyenka, Ficap, Goodyear, Tabacow e White Martins. O Estudo de Impacto Ambiental (**EIA UC-Anhanguera**) considerou três cenários:

**Figura XV** City Gate no município de Limeira – estrada Piracicaba/Limeira



Foto: Newton Landi Grillo 17/7/2003

- Cenário 1: Condição atual – considera, para sua análise, a emissão e dispersão de poluentes gerados pelas caldeiras das empresas coligadas utilizando óleo combustível tipo A,
- Cenário 2: Condição hipotética – considera a emissão e dispersão de poluentes gerados pelas caldeiras das empresas coligadas utilizando gás natural,
- Cenário 3: Condição hipotética, empreendimento em operação – as caldeiras das empresas coligadas não gerarão vapor, o qual será fornecido pela termelétrica utilizando gás natural.

A metodologia para estimar as emissões dos poluentes das caldeiras nos cenários foi baseada em resultados de amostragem de chaminé, laudo de análise de combustíveis e literatura específica. Para os cenários 1 e 2, as emissões são referenciadas na USEPA “*Compilation of Air Pollutant Emission Factors*” AP-42, 2000, sendo o capítulo 1.3 “*Fuel Oil Combustion 09/98*” para as emissões de caldeiras a óleo, e capítulo 1.4 “*Natural Gas Combustion 07/98*” para caldeiras a gás natural.

As emissões das duas turbinas a gás do empreendimento (cenário 3), são estimadas por dados fornecidos pelo fabricante ALSTOM, exceto para o SO<sub>2</sub>, para o qual é tomado como referência a Portaria 128 da ANP (Agência Nacional de Petróleo). Serão considerados em nosso trabalho apenas as referências 1 e 3, dado que a referência 2 é somente um exercício de hipótese. A **Tabela 4.1** indica as emissões de poluentes na condição atual (cenário 1).

**Tabela 4.1** Emissões de poluentes das caldeiras utilizando óleo combustível tipo A, e gás natural, condição atual, cenário 1

Empresa	Quantidade (t/mês)	Emissões (kg/mês)					
		MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC	HCNM
Ajinomoto – Alimentos	2.166,48	3.106,8	41.115,2	14.299,2	1.300,3	332,6	72,7
Ficap - Cabos Condutores	66.240*	8,6	7,2	115,2	96,5	13,0	10,0
Goodyear - Pneus e Borracha	1.382,4	1.981,4	26.258,4	9.122,4	829,4	212,4	46,8
Papirus - Papel	859,0	1.231,2	16.322,4	5.666,4	516,2	131,7	28,8
Polienka - Plástico	246,2	352,8	4.672,8	1.620,0	148,3	38,1	8,6
Santista - Têxtil	804,2	1.152,0	15.271,2	5.306,4	482,4	123,8	26,6
Tabacow - Têxtil	383,0	549,3	7.272,0	2.520,0	229,0	59,0	12,2
Total de compostos emitidos							
		8.382,1	110.919,2	38.649,6	3.602,1	910,6	205,7

MP: Material Particulado, SO<sub>2</sub>: Dióxido de Enxofre, NOx: Óxidos de Nitrogênio, CO: Monóxido de Carbono, HC: Hidrocarbonetos, HCNM: Hidrocarbonetos Não Metânicos

\*gás natural (Nm<sup>3</sup>/mês)

Adaptado de: EIA – UC Anhanguera

**Tabela 4.2** Emissões de poluentes das turbinas operando em ciclo combinado, utilizando gás natural, da UC-Anhanguera - cenário 3 – hipotético.

Turbinas GT1 e GT2	Emissões (kg/mês)					
	MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC	HCNM
	1.836,0	6.998,4	94.204,8	9.173,0	10.814,4	1.310,4

MP: Material Particulado, SO<sub>2</sub>: Dióxido de Enxofre, NOx: Óxidos de Nitrogênio, CO: Monóxido de Carbono, HC: Hidrocarbonetos, HCNM: Hidrocarbonetos Não Metânicos

Adaptado de: EIA – UC Anhanguera

A **Tabela 4.2** expressa uma condição hipotética, pois o projeto não está instalado; entretanto, comparando as **Tabelas 4.1 e 4.2**, indicamos o balanço das emissões na **Tabela 4.3**

**Tabela 4.3** Balanço das emissões atuais de poluentes das empresas coligadas utilizando óleo combustível nas caldeiras, e as turbinas do projeto utilizando gás natural

	Emissões (kg/mês)					
	MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC	HCNM
Emissões atuais (Caldeiras)	8.382,1	110.919,2	38.649,6	3.602,1	910,6	205,7
Emissões das Turbinas	1.836,0	6.998,4	94.204,8	9.173,0	10.814,4	1.310,4
Total	(-) 6.546,0	(-) 103.921,0	55.555,0	5.571,0	9.904,0	1.105,0

MP: Material Particulado, SO<sub>2</sub>: Dióxido de Enxofre, NOx: Óxidos de Nitrogênio, CO: Monóxido de Carbono, HC: Hidrocarbonetos, HCNM: Hidrocarbonetos Não Metânicos

A instalação do projeto de cogeração resultaria na redução de MP, e significativa redução de SO<sub>2</sub>, porém, o acréscimo das emissões dos poluentes NO<sub>x</sub>, CO, HC e HCNM.

**Morais (2002)** estudou a poluição ambiental no município de Paulínia, realizando um inventário das emissões de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> por indústrias. O autor avalia os impactos empregando o modelo de dispersão atmosférica ISCST3 e considera a utilização de óleo combustível, gás combustível e residual, e a possível substituição destes insumos energéticos pelo gás natural.

O modelo permite, através de simulação, identificar as regiões mais afetadas em função da dispersão de poluentes e, para tanto, utiliza cadastro de 34 fontes pontuais (F1 a F34) de poluição distribuídos por 9 empresas responsáveis por 95% das emissões aéreas na região de estudo sendo essas fontes as mesmas catalogadas por **Clemente (2000)**: Replan, Rhodia, Shell, Hércules, Orsa, Galvani, Elly Lilly, Bann Química e Cyanamid.

Para o estudo do impacto das emissões foram considerados 4 cenários, montados em acréscimo ao de referência (**Tabela 4.4**) e comparados entre si. A determinação de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> dá-se em função do consumo de óleo combustível, gás combustível e residual pelas empresas.

1. Cenário de referência mais a inclusão de Termelétrica do Planalto Paulista (TPP) com projeto de geração de 630 MW,
2. Cenário de referência mais a substituição do consumo das fontes F15 a F19 (óleo combustível) pelo sistema de cogeração a gás natural, UC Anhanguera,
3. Considera o cenário 2 mais substituição do consumo das fontes F22 a F34 pelo sistema de cogeração a gás natural, UC Anhanguera,
4. Considera o cenário 3 mais a instalação de uma termelétrica com geração de 630 MW.

As emissões atuais das empresas consideradas são as que compõem o cenário de referência. A determinação das taxas de emissões de NO<sub>x</sub> das fontes F-01 a F-16 e F-24 foram fornecidas pelas empresas, as emissões das fontes F-8 a F-11, F-15 e F-16 foram determinadas por amostragem de chaminé, e as demais foram obtidas por fatores de emissão da referência USEPA “*Compilation of air pollutant emission factor*” Vol I: Stationary Point and Area Sources (AP-42).

As taxas de emissão de SO<sub>2</sub> das fontes F-1 a F-14, F-17 a F-21, F-23 e F-25 a F-34 foram obtidas por balanço de massa, e das fontes F-22 e F-24 foram obtidas por amostragem de chaminé fornecidas pelas empresas. Na **Tabela 4.4** estão disponibilizadas as emissões de SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> por empresas:

**Tabela 4.4** Cenário de referência - Emissões de SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> de 34 fontes pontuais (F1 a F34) de 9 empresas responsáveis por 95% das emissões aéreas no município de Paulínia.

Empresa	Emissões (kg/mês)	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Replan	2.169.374,0	289.578,0
Rhodia	296.888,0	154.820,0
Shell	1.114,5	259,0
Hércules	10.394,0	3.525,0
Orsa	43.805,0	10.731,0
Galvani	2.281,5	-
Eli Lilly	4.173,0	985,0
Bann Química	12.545,0	2.929,0
Cyanamid	3.059,0	726,0
Total	2.564.214,0	463.553,0

SO<sub>2</sub>: dióxido de enxofre, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio  
 Extraído de: Morais, (2002)

Levando-se em consideração os cenários montados por **Morais (op.cit.)**, podemos elaborar a **Tabela 4.5**, a qual agrupa as emissões estimadas.

**Tabela 4.5** Total de emissões nos cenários propostos

Taxas de emissões	SO <sub>2</sub> (kg/mês)	NO <sub>x</sub> (kg/mês)
Cenário de referência	2.564.214,0	463.553,0
Cenário 1	2.583.991,0	541.313,0
Cenário 2	2.273.832,0	440.924,0
Cenário 3	2.199.337,0	437.114,0
Cenário 4	2.219.114,0	514.874,0

SO<sub>2</sub>: dióxido de enxofre, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio  
 Adaptado de: Morais (2002)

Para análise das áreas atingidas do município de Paulínia, foram considerados os bairros CDHU, D. Edith C. Fávoro, João Aranha, e a região central. A região mais afetada é o bairro João Aranha e com semelhança nos valores de concentração média anual na região central e nos bairros CDHU e D. Edith C. Fávoro.

Para **Morais (op.cit.)**, a conclusão é que em função das emissões de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), para todos os cenários, a substituição do óleo combustível pelo gás natural é uma condição vantajosa, principalmente nas fontes que se localizam nas partes baixas da região (vale

do Atibaia) pois as plumas tangenciam o planalto devido a altura das chaminés, o que desfavorece a dispersão. Neste sentido, as fontes citadas são as que mais contribuem para os valores de concentração máxima diária e média anual.

Segundo o autor, com relação ao NOx, os cenários não trouxeram alterações significativas ao ar ambiente. No cenário 1, a termelétrica seria instalada no planalto, e altura da chaminé influenciariam as dispersões; nos outros três cenários, as emissões de NOx continuam altas devido a formação de NOx térmico nos processos de combustão. Além disso, os resultados a que se chegou pelo modelo ISCST3 foram obtidos em um curto espaço de tempo (período de 1 hora) e em condições atmosféricas estáticas. O bairro mais atingido é o João Aranha, seguido da região central

Ao lado do fornecimento do gás natural ao mercado criado via termelétricas, está o mercado industrial. **Breda (2001)** investiga a inserção do gás na Matriz Energética na cidade de Americana, através de uma simulação de emissões aéreas nas 13 empresas que se utilizavam do gás em 2001. O autor considerou as emissões geradas pelos combustíveis consumidos antes e as emissões geradas após a utilização do gás.

As empresas pertencem aos seguintes setores: cerâmico (Cerdec), borracha (Goodyear), serviços (Lugati), papel e celulose (Papyrus), têxtil petroquímico (Fibra), têxtil químico (Cruzeiro do Sul, Jacyra, Jolitex, Polis, Qualit, Tasa, Toyobo). As **Tabelas 4.6 e 4.7** dispõem os dados de consumo mensal de combustíveis, a simulação das emissões dos poluentes NOx, CO e CH<sub>4</sub>, antes da utilização do gás natural:

**Tabela 4.6.** Consumo mensal de combustíveis nas 13 empresas analisadas, antes da distribuição do gás natural, em Americana

Combustível	Secador (t)	Forno (t)	Caldeira (t)	Total (t)
Óleo Combustível 1A	0	233,0	328,0	561,0
Óleo Combustível 2A	0	0	2.600,0	2.600,0
GLP	215,0	0	22,0	237,0
Propano	210,0	0	0	210,0

GLP: gás liquefeito de petróleo  
 Extraído de: Breda, (2001)

**Tabela 4.7:** Simulação das emissões de CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> nas 13 empresas analisadas antes da distribuição do gás natural, em Americana

Combustível	Equipamentos	CO (kg/mês)	CH <sub>4</sub> (kg/mês)	NO <sub>x</sub> (kg/mês)	CO <sub>2</sub> (kg/mês)	SO <sub>2</sub> (kg/mês)
Óleo Combustível 1A	Caldeira	195,3	37,7	2.096,2	nd	nd
	Forno	730,7	9,2	4.874,7	nd	nd
Óleo Combustível 2A	Caldeira	1.695,0	327,7	18.193,0	nd	nd
GLP	Caldeira	10,5	1,3	55,4	nd	nd
	Secador	107,3	11,8	504,3	nd	nd
Propano	Secador	105,8	11,6	497,2	nd	nd
Total		2.845,0	399,0	26.221,0	11.570.000,00	55.000,00

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio, CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono, SO<sub>2</sub>: dióxido de enxofre.

GLP: gás liquefeito de petróleo

Extraído de: Breda, (2001)

Após a entrada do gás natural, o perfil de consumo e emissões das 13 empresas analisadas alteram-se como mostram as **Tabelas 4.8 e 4.9**:

**Tabela 4.8** Consumo mensal de combustíveis nas 13 empresas analisadas em Americana, consumindo gás natural

Combustível	Secador	Forno	Caldeira	Total
Óleo Combustível 1A	0	0	50 t	50
Óleo Combustível 2A	0	0	30 t	30
GLP	17 t	0	0	17
Gás Natural	400.000 m <sup>3</sup>	498.000 m <sup>3</sup>	3.162.500 m <sup>3</sup>	4.060.500 m <sup>3</sup>

GLP: gás liquefeito de petróleo

Extraído de: Breda, Alexandre (2001)

**Tabela 4.9** Emissões de CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> nas 13 empresas analisadas em Americana, consumindo também gás natural

Combustível	Equipamentos	CO (kg/mês)	CH <sub>4</sub> (kg/mês)	NO <sub>x</sub> (kg/mês)	CO <sub>2</sub> (kg/mês)	SO <sub>2</sub> (kg/mês)
Óleo Combustível 1A	Caldeira	29,8	5,8	320,4		
Óleo Combustível 2A	Caldeira	19,5	3,8	209,3		
GLP	Secador	8,5	0,9	39,9		
Gás Natural	Caldeira	2.143,9	176,5	8.449,4		
	Secador	218,4	21,5	1.271,0		
	Forno	1.323,8	17,5	17.720,4		
Total		3.744,0	226,0	28.011,0	8.607.000,0	1.400,0

GLP: gás liquefeito de petróleo

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio, CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono, SO<sub>2</sub>: dióxido de enxofre.

Extraído de: Breda, (2001)

Através das **Tabelas 4.7 e 4.9**, é possível elaborar a **Tabela 4.10**, a qual expressa o balanço das emissões dos poluentes das empresas analisadas no município de Americana:

**Tabela 4.10:** Balanço das emissões de poluentes antes e após a utilização do gás natural na matriz energética de Americana

Poluentes	Anterior (kg/mês)	Atual (kg/mês)	Saldo (%)
CO <sub>2</sub>	11.570.000,0	8.607.000,0	(-) 25,6
SO <sub>2</sub>	55.000,0	1.400,0	(-) 97,4
CO	2.845,0	3.744,0	31,6
CH <sub>4</sub>	399,0	226,0	(-) 43,3
NO <sub>x</sub>	26.221,0	28.011,0	6,8

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio, CO<sub>2</sub>: dióxido de carbono, SO<sub>2</sub>: dióxido de enxofre.

Adaptado de: Breda, (2001)

A **Tabela 4.10** indica reduções significativas de SO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, e redução importante de CO<sub>2</sub>, porém, aumento nas emissões de CO e NO<sub>x</sub>.

As estimativas de emissão de CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> foram obtidas através do software Acomb 4.2, enquanto que os componentes CO, NO<sub>x</sub> e CH<sub>4</sub> foram estimados via parâmetros do manual de referências elaborado pelo **Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC, 1995)**. Há que se considerar que o óleo americano considerado de pior qualidade (Bunker C) é mais leve que o melhor óleo brasileiro (OC1A), o que afeta os valores obtidos por fatores de multiplicação; entretanto, as estimativas de emissões via IPCC são mundialmente aceitas.

No trabalho de **Breda (2001)** computaram-se as emissões da estufa na Goodyear e secador na Papyrus; nas emissões da UC – Anhanguera foram consideradas as emissões das caldeiras, portanto, todos esses dados se somam no que diz respeito às emissões de CO e NO<sub>x</sub>. A **Tabela 4.11** indica a estimativa para as emissões considerando a queima de gás natural nas caldeiras, forno e secador:

**Tabela 4.11** Estimativa de emissões de NO<sub>x</sub> e CO em estufas e caldeiras da Goodyear, secadores e caldeiras da Papyrus

Empresas	Emissões (kg/mês)	
	NO <sub>x</sub>	CO
Goodyear	9.788,0	2.670,5
Papyrus	5.730,4	527,0
Total	15.518,4	3197,5

NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio, CO: monóxido de carbono.

Adaptado de: Breda, (2001), EIA Rima – UC Anhanguera

Na mesma linha metodológica, estimamos as emissões industriais de CO, NO<sub>x</sub> e CH<sub>4</sub> em dois municípios que compõem nosso objeto de estudo. Os dados foram obtidos através de visitas

às empresas que utilizavam o gás natural nos municípios de Limeira e Piracicaba em 2002, e que aceitaram responder a um questionário elaborado com o objetivo de quantificarmos as emissões. Os dados da Comgás indicavam que 5 empresas no município de Limeira faziam uso deste insumo energético em 2002: Arvin Meritor, União, Batistella, Unigrés, Pralana.

Os mesmos dados da Comgás indicavam que 7 empresas no município de Piracicaba faziam uso do gás natural em 2002: Cromitec, Belgo, Klabin, VCP (Votorantim), Lef (cerâmica), Kraft Foods (Nabisco), Polissinter.

A indústria de papéis Klabin não aceitou responder ao questionário por alegar que seus dados são confidenciais; não houve contatos com a Polissinter e a Lef, porém, as quatro empresas contatadas expressam um universo significativo. A única empresa discriminada a receber o gás natural no município de Santa Bárbara do Oeste, Confecções Santa Adelina, ainda não estava fazendo uso deste insumo em 2002.

A **Tabela 4.12** expressa o consumo de combustíveis nos equipamentos e as estimativas de emissões das indústrias de Limeira antes de optarem pela utilização do gás natural, e a **Tabela 4.13** expressa o consumo de gás natural nos equipamentos destas indústrias e as estimativas de emissões devido à queima. Para simular as estimativas de emissões dos poluentes CO, CH<sub>4</sub> e NO<sub>x</sub>, referenciamos-nos no **Manual Greenhouse Gas Inventory Reference Manual (IPCC, 1995)**.

**Tabela 4.12** Consumo de combustíveis e estimativa de emanações dos poluentes CO, CH<sub>4</sub> e NO<sub>x</sub> em algumas empresas do município de Limeira no ano de 2002

Empresa	Equipamento	Combustível	Quantidade (t/mês)	Emissões (kg/mês)		
				CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>
Copersucar União (Alimentos)	Caldeira	OC 1A	3.500,0	2.212,4	410,6	22.797,6
Arvin Meritor – Autopeças	Caldeira	OC 1A	21,2	12,85	2,5	138,0
	Estufa	OC 1A	178,8	115,7	7,2	1215,3
Pralana – Feltros, Autopeças	Caldeira	OC 2A	80,0	48,2	9,3	517,4
Unigrés - Cerâmico	Secador	GLP	82,8	37,4	3,7	176,0
	Forno	GLP	193,2	87,3	9,6	410,4
Batistella - Cerâmico	Secador	GLP	217,8	98,45	9,8	462,7
	Forno	GLP	217,8	98,4	10,8	462,7
Total				2.710,0	463,5	26.180,0

OC: óleo combustível, GLP: gás liquefeito de petróleo,

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio

Dados fornecidos pelas empresas: Copersucar União, Arvin Meritor, Pralana, Unigrés, Batistella

**Tabela 4.13** Consumo de gás natural e estimativa de emissões dos poluentes CO, CH<sub>4</sub> e NO<sub>x</sub> em algumas empresas do município de Limeira em 2002:

Empresa	Equipamento	Combustível	Quantidade (m <sup>3</sup> /mês)	Emissões (kg/mês)		
				CO	CH <sub>4</sub>	NO <sub>x</sub>
Copersucar União – Alimentos	Caldeira	GN	3.389.405,0	2.319,0	191,0	9138,8
Arvin Meritor – Autopeças	Caldeira	OC 1A	5,0 (t/mês)	3,0	0,6	32,2
	Estufa	OC 1A	80,0 (t/mês)	51,8	3,2	543,6
	Caldeira	GN	131.200,0	89,5	7,4	352,8
	Estufa	GN	28.800,0	12,7	1,3	74,0
Pralana – Feltros, Autopeças	Caldeira	GN	100.000,0	68,2	5,6	269,0
Unigrés – Cerâmico	Secador	GN	103.500,0	45,7	4,6	265,8
	Forno	GN	241.500,0	804,5	10,6	10.776,7
Batistella – Cerâmico	Secador	GN	218.750,0	96,6	9,6	562,0
	Forno	GN	218.750,0	728,7	9,6	9754,6
Total				4.220,0	243,5	31.769,0

OC: óleo combustível, GN: gás natural

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio

Dados fornecidos pela empresas: Copersucar União, Arvin Meritor, Pralana, Unigrés, Batistella

Com os dados obtidos na **Tabelas 4.12 e 4.13**, podemos indicar na **Tabela 4.14** o balanço das emissões de NO<sub>x</sub>, CO e CH<sub>4</sub> devido ao uso do gás natural:

**Tabela 4.14** Balanço das emissões de poluentes das empresas de Limeira que utilizavam gás natural em 2002:

Poluentes	Anterior ao uso do gás (kg/mês)	Utilizando o gás (kg/mês)	Saldo %
CO	2710,0	4.219,8	55,71
CH <sub>4</sub>	463,5	243,5	-47,46
NO <sub>x</sub>	26.180,0	31.769,0	21,34

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrogênio

A utilização do gás natural nas indústrias de Limeira provocou reduções na emissão de metano, e aumento nas emissões de monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio.

Na mesma linha de análise e raciocínio, a **Tabela 4.15** indica o consumo de combustíveis nos equipamentos e a simulação das estimativas de emissões das indústrias de Piracicaba antes de optarem pela utilização do gás natural. A **Tabela 4.16** indica o consumo de gás natural nos equipamentos destas indústrias e a simulação das estimativas de emissões devido à queima do gás. Nossa estimativa aplica os fatores multiplicativos dispostos no Manual IPCC, (IPCC, 1995) a fim de estimarmos as emissões de CO, CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>.

**Tabela 4.15** Consumo de combustíveis e estimativa de emissões dos poluentes CO, CH<sub>4</sub> e NOx em algumas empresas do município de Piracicaba no ano de 2002:

Empresa	Equipamento	Combustível	Quantidade (t/mês)	Emissões (kg/mês)		
				CO	CH <sub>4</sub>	NOx
Kraft Foods - Alimentos	Forno	GLP	106,0	47,9	5,3	225,2
Belgo - Siderúrgica	Forno	OC 2A	1.200,0	3.807,8	48,2	25.401,4
	Forno	OC 4A	1.520,0	4.720,2	59,7	31.488,2
Votorantim Papel e Celulose	Caldeira	OC 3A	1.800,0	1083,4	209,5	11.629,0
	Forno	GLP	100,0	45,2	5,0	212,4
Cromitec – Resina Sintética	Caldeira	OC 1A	40,0	24,3	4,7	260,5
			Total	9.729,0	332,5	69.217,0

OC: óleo combustível, GLP: gás liquefeito de petróleo,

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NOx: óxidos de nitrogênio

Dados fornecidos pelas empresas: Kraft Foods, Belgo, Votorantim, Cromitec

**Tabela 4.16** Consumo de gás natural e estimativa de emissões dos poluentes CO, CH<sub>4</sub> e NOx em algumas empresas do município de Piracicaba em 2002:

Empresa	Equipamento	Combustível	Quantidade (m <sup>3</sup> /mês)	Emissões (kg/mês)		
				CO	CH <sub>4</sub>	NOx
Kraft Foods - Alimentos	Forno	GN	128.000,0	426,4	5,6	5.707,2
Belgo - Siderúrgica	Forno	GN	1.130.136,0	3.765,0	50,0	50.395,0
	Forno	GN	1.064.000,0	3.544,1	47,0	47.439,7
Votorantim Papel e Celulose	Caldeira	GN	2.000.000,0	1.364,7	112,4	5378,7
	Forno	GN	50.000,0	166,0	2,2	2.222,0
Cromitec – Resina Sintética	Caldeira	GN	60.688,0	41,3	3,4	163,6
			Total	9.307,5	220,6	111.306,4

GN: gás natural

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NOx: óxidos de nitrogênio

Dados fornecidos pelas empresas: Kraft Foods, Belgo, Votorantim, Cromitec

Com os dados obtidos nas **Tabelas 4.15 e 4.16**, podemos indicar na **Tabela 4.17** o balanço das emissões de NOx, CO e CH<sub>4</sub> devido ao uso do gás natural:

**Tabela 4.17** Balanço das emissões de poluentes das empresas de Piracicaba que utilizavam gás natural em 2002:

Poluentes	Anterior ao uso do gás (kg/mês)	Utilizando o gás (kg/mês)	Saldo %
CO	9.729,0	9.307,5	-4,33
CH <sub>4</sub>	332,5	220,6	-33,65
NOx	69.217,0	111.306,4	62,18

CO: monóxido de carbono, CH<sub>4</sub>: metano, NOx: óxidos de nitrogênio

A introdução do uso de gás natural em indústrias no município de Piracicaba provocou reduções nas emissões de monóxido de carbono e metano, porém, aumento significativo de emissões de óxidos de nitrogênio.

#### **4.2.1 Influência nas emissões com a participação do gás natural**

As estimativas de emissão de poluentes através dos balanços considerando a troca de óleo combustível e gás liquefeito de petróleo por gás natural, permitem expressarmos as variações de compostos emitidos ao ar por essas fontes industriais analisadas.

- a) No Estudo de Impacto Ambiental da Usina de Cogeração Anhanguera, (UC-Anhanguera), a troca de combustíveis permite a diminuição de emissões de MP e SO<sub>2</sub>, e o aumento de emissões de NO<sub>x</sub>, CO e HCNM.
- b) Nas estimativas realizadas por Moraes, desconsiderando a inclusão de termelétricas (cenários 1 e 4) e considerando somente a troca de fontes pela queima de gás natural na UC-Anhanguera (cenários 2 e 3), indicam que em ambos os cenários há diminuições de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>.
- c) Os ensaios realizados por Breda indicam diminuição na emissão de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, e aumento nas emissões de CO e NO<sub>x</sub>.
- d) As estimativas de emissões obtidas pelos ensaios realizados para este trabalho indicam a diminuição de CH<sub>4</sub> e o aumento de CO e NO<sub>x</sub> em Limeira, e a diminuição de CO e CH<sub>4</sub>, e o aumento de NO<sub>x</sub> em Piracicaba.

#### **4.3 Poluição atmosférica: medidas de contaminação do ar na Região Metropolitana de Campinas e em nossa região de estudos**

Pode-se definir poluição atmosférica como a condição em que substâncias como gases, gotículas de líquidos ou partículas sólidas se apresentam em concentrações acima do nível ambiental normal, produzindo efeitos indesejáveis na população, vegetação ou materiais. **(Moraes, 2002).**

As emissões de poluentes atmosféricos são classificadas como *primárias*, quando lançadas diretamente na atmosfera, tais como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), etc., e

*secundárias*, quando a poluição origina-se de reações na atmosfera, fotoquímicas ou não, dos poluentes primários, ocasionando, por exemplo, o ozônio (O<sub>3</sub>) (**Lora, 2000**).

Os gases poluentes emitidos de fontes térmicas ou não têm o seu transporte, diluição e dispersão definidos de acordo com as características da fonte e topografia, natureza do material poluente e as condições atmosféricas.

A natureza do material poluente influencia sua dispersão, pois cada poluente tem um determinado tempo de residência no ar (**Morais, 2002**), e as condições meteorológicas definem sua dinâmica, podendo transferir os poluentes de uma região para outra, e determinar sua diluição no local de origem.

Além de atingir o ser humano, animais e a vegetação através da respiração, os poluentes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NO e NO<sub>2</sub>) reagem na atmosfera (reações fotoquímicas), alterando o pH das chuvas e tornando-as mais ácidas (pH menor que 5,6). Isto afeta as águas superficiais e, conseqüentemente, a vida aquática, florestas, agricultura, prédios, monumentos, etc. (**Lora, 2000**). As fontes, características e efeitos dos principais poluentes atmosféricos na saúde humana foram descritos no **Quadro 2.1**, Capítulo 2.

O relatório sobre qualidade do ar (**Cetesb, 2003**) estima as emissões atmosféricas das principais fontes estacionárias na Região Metropolitana de Campinas (RMC), que abrange 19 municípios<sup>5</sup>. Pela **Tabela 4.18**, verifica-se que essas fontes localizam-se em parte de nossa região de estudos.

Devido ao fato de o transporte individual ser privilegiado em relação ao coletivo, além de os principais municípios da RMC, Limeira e Piracicaba serem cortados por importantes vias de acesso, faz com que uma extensa frota de veículos circule por vias urbanas e rodoviárias, contribuindo de forma significativa para a poluição aérea.

---

<sup>5</sup> Americana, Artur Nogueira, Campinas, Cosmópolis, Engenheiro Coelho, Holambra, Hortolândia, Indaiatuba, Itatiba, Jaguariúna, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Pedreira, Santa Bárbara d'Oeste, Santo Antônio da Posse, Sumaré, Valinhos e Vinhedo.

**Tabela 4.18** Estimativa de emissões atmosféricas relativas à queima de combustíveis fósseis nas fontes estacionárias na Região Metropolitana de Campinas.

Empresa	Município	Emissões de Poluentes (t/ano)				
		MP	SO <sub>2</sub>	NOx	CO	HC
Ashland	Campinas	3,2	51,0	4,8	0,4	nd
Ceralit	Campinas	517,8	594,5	120,0	4,2	0,4
Miracema	Campinas	33,0	34,0	11,0	70,4	1,1
Pirelli	Campinas	16,6	204,0	91,3	6,9	1,0
Teka	Artur Nogueira	9,5	132,3	30,7	nd	0,6
Carioba	Americana	625,6	1778	72,9	121,0	25,1
Fibra	Americana	65,9	261,8	292,3	nd	6,8
Goodyear	Americana	23,7	317,5	105,1	nd	2,5
Poliamida	Americana	nd	nd	1095	nd	nd
Polienka	Americana	25,9	420,3	37,1	nd	0,7
Santista	Americana	186,7	245,2	30,8	nd	0,7
Tabacow	Americana	3,8	48,7	16,7	nd	0,4
Bann Quím	Paulínia	15,2	180,4	232,4	49,5	3,2
Basf	Paulínia	3,5	44,2	18,9	1,4	0,2
CRBS	Paulínia	1,2	15,6	7,1	0,5	0,1
Du Pont	Paulínia	3,9	31,8	12,0	nd	23,3
Fripal	Paulínia	5,1	nd	1,1	11,7	0,2
Hércules	Paulínia	1,7	21,5	9,3	0,7	0,1
Kraton	Paulínia	11,4	238,3	93,7	nd	0,6
Orsa	Paulínia	20,0	375,8	159,1	11,9	1,8
Replan	Paulínia	1228	14739,4	13361	nd	10941
Rhodia	Paulínia	331,7	3076,3	1328,4	167,2	222,7
Rhodiaco	Paulínia	nd	nd	nd	50,5	575,5
Syngeta	Paulínia	0,8	10,2	4,3	0,4	nd
Galvani	Paulínia	197,4	241,4	23,0	1,8	0,3
Ajinomoto	Limeira	53,3	741,1	171,7	nd	4,0
Papirus	Limeira	21,6	300,6	69,6	nd	1,5
Ripasa	Limeira	1786,8	1033,2	368,7	nd	5,6
Eli Lilly	Cosmópolis	4,6	62,7	25,6	nd	0,4
Ester	Cosmópolis	424,0	nd	nd	nd	nd
Total (1000t/ano)		5,62	25,15	17,79	0,50	11,82

Extraído de: Cetesb,2003

O mesmo relatório sobre qualidade do ar (**Cetesb, 2003**) estima as emissões de veículos, material particulado oriundo dos pneus, as evaporações decorrentes das operações de transferência de combustíveis, e aponta, em termos percentuais, a importância relativa das fontes fixas em relação às fontes móveis, no que diz respeito à estimativa de emissões de poluentes ao ar.

As trinta indústrias inventariadas, contidas na **Tabela 4.18**, contribuíram, no ano 2002, com 0,17% das emissões de CO, 15,19% das emissões de HC, 24,48% das emissões de NOx e 88,28% das emissões de SO<sub>2</sub> na RMC. Explica-se a participação expressiva de SO<sub>2</sub> pela queima de óleo combustível nas indústrias (**Cetesb, 2003**).

Com isso, as estimativas de poluentes aéreos lançados por essas empresas no ano de 2002, foram das seguintes magnitudes: CO: 295,07 mil toneladas, HC: 77,82 mil toneladas, NOx: 86,87 mil toneladas, SOx: 28,49 mil toneladas e MP: 11,58 mil toneladas.

Políticas públicas de investimentos em transportes coletivos com o objetivo de torná-los eficientes, beneficiariam principalmente a população de menor poder aquisitivo para o atendimento de suas necessidades de locomoção, representando um atendimento social legítimo no que diz respeito à promoção da cidadania. Ao mesmo tempo, as autoridades poderiam incentivar seu uso em detrimento do transporte individual, havendo, portanto, melhorias nos índices de qualidade do ar.

O fato da região ser densamente industrializada e urbanizada, com extensa área plantada de cana-de-açúcar, queimando muita biomassa (palha da cana) e combustível fóssil, propicia grandes emanações de poluentes aéreos com o agravante de chuva ácida. O Relatório de qualidade do ar do Estado de São Paulo emitido pela **Cetesb (2003)** aponta as concentrações de poluentes atmosféricas nos municípios de Campinas e Paulínia.

No Relatório são medidas as emissões dos seguintes poluentes: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partícula Inaláveis (MP<sub>10</sub>) e Fumaça, Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O<sub>3</sub>), que devem estar referenciados sob dois tipos de padrões nacionais de qualidade do ar dispostos na resolução CONAMA nº 3 de 28/6/90 (**Anexo II**).

Os **padrões primários** de qualidade do ar estabelecem limites às concentrações de poluentes cujos níveis, se ultrapassados, poderão afetar a saúde da população. Entende-se como os níveis máximos toleráveis de concentrações de poluentes atmosféricos, constituindo-se como metas de curto e médio prazos.

Os **padrões secundários** de qualidade do ar estabelecem limites às concentrações de poluentes abaixo dos quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, mínimo dano à flora e fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral, constituindo-se em meta de longo prazo.

As medidas sobre essas concentrações apontam três dados importantes: a média aritmética da concentração detectada em uma estação medidora, as máximas (1ª e 2ª) ocorridas nos períodos de amostragem, e o número de ultrapassagens dessas máximas. Embora as máximas ou picos sejam os parâmetros significativos de avaliação, as médias também indicam a saturação atmosférica em determinado local.

As **Tabelas 4.19 a 4.23** indicam as concentrações de poluentes detectadas nas estações medidoras da Cetesb durante os anos 2001 e 2002.

**Tabela 4.19** Concentrações de Partículas Inaláveis (PM<sub>10</sub>) – parâmetros anuais –

Local	Ano 2001				Ano 2002			
	Média aritm. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximas 24 h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Nº de ultrap.	Média aritm. ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximas 24 h ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Nº de ultrap.
		1ª máx.	2ª máx.			1ª máx.	2ª máx.	
Campinas centro	40	91	82	0	42	95	85	0
Paulínia	44	126	126	0	45	121	112	0

Extraído de: Cetesb, 2003: Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – tabela parcial

Resolução CONAMA nº 3 para PM<sub>10</sub>:

Tempo de amostragem 24 h: padrões primário e secundário:  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Média Aritmética Anual (MAA): padrões primário e secundário:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Porcentagens das concentrações de PM<sub>10</sub> do ar no centro de Campinas e do ar em Paulínia em relação à Resolução CONAMA nº 3:

#### Ano 2001

Campinas: 1ª máx: 60,7%, 2ª máx: 54,6% dos padrões primário e secundário,

MAA: 80% dos padrões primário e secundário.

Paulínia: 1ª e 2ª máximas: 84% dos padrões primário e secundário,

MAA: 88% dos padrões primário e secundário.

#### Ano 2002

Campinas: 1ª máx.:63,3%, 2ª máx.:56,7% dos padrões primário e secundário,

MAA: 84% dos padrões primário e secundário.

Paulínia:1ª máx.: 80,7%, 2ª máx.:74,7% dos padrões primário e secundário,

MAA: 90% dos padrões primário e secundário.

**Tabela 4.20** Concentrações de Monóxido de Carbono (CO) – parâmetros anuais –

Local	Ano 2001			Ano 2002		
	Máximas 8 h(ppm)		Nº de ultrap.	Máximas 8 h(ppm)		Nº de ultrap
	1ª máx.	2ª máx		1ª máx.	2ª máx.	
Campinas centro	6,3	6,2	0	6,4	6,4	0
Paulínia	3,1	2,9	0	2,3	2,3	0

ppm: partes por milhão

Extraído de: Cetesb, 2003: Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – tabela parcial

Resolução CONAMA nº 3 para CO:

Tempo de amostragem 8 h: padrões primário e secundário: 9 ppm

Ano 2001

Campinas: 1ª máx. 70%, 2ª máx.69% dos padrões primário e secundário,

Paulínia: 1ª máx.32,2%, 2ª máx.21,1% doa padrões primário e secundário.

Ano 2002

Campinas: 1ª e 2ª máximas.: 71% dos padrões primário e secundário,

Paulínia: 1ª e 2ª máximas: 25,5% dos padrões primário e secundário.

**Tabela 4.21** Concentrações de Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) – parâmetros anuais –

Local	Ano 2001				Ano 2002			
	Média aritm (µg/m <sup>3</sup> )	Máximas 1 h (µg/m <sup>3</sup> )		Nº de ultrap.	Média aritm. (µg/m <sup>3</sup> )	Máximas 1 h (µg/m <sup>3</sup> )		Nº de ultrap.
		1ª máx.	2ª máx			1ª máx.	2ª máx.	
Campinas centro	46	162	155	0	nd	nd	nd	0
Paulínia	29*	177*	167*	0	29	186	170	0

\* não atendeu ao critério de representatividade

Extraído de: Cetesb, 2003: Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – tabela parcial

Resolução CONAMA nº 3 para NO<sub>2</sub>Tempo de amostragem 1 h: padrão primário: 320 µg/m<sup>3</sup>, padrão secundário 190 µg/m<sup>3</sup>Média Aritmética Anual (MAA): padrões primário e secundário: 100 µg/m<sup>3</sup>Ano 2001

Campinas: 1ª máx.: 50,6% , 2ª máx. 48,4% do padrão primário,

1ª máx.85,2%, 2ª máx. 81,5% do padrão secundário.

MAA: 46% dos padrões primário e secundário.

Paulínia: não atendeu ao critério de representatividade.

### Ano 2002

Campinas: não disponível,

Paulínia: 1ª máx. 58,1%, 2ª máx. 53,1% do padrão primário,

1ª máx. 97,9%, 2ª máx. 89,5% do padrão secundário.

MAA: 29% dos padrões primário e secundário.

**Tabela 4.22** Concentrações de Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) – parâmetros anuais -

Local	Ano 2001				Ano 2002			
	Média aritm. (µg/m <sup>3</sup> )	Máximas 24 h (µg/m <sup>3</sup> )		Nº de ultrap.	Média aritm. (µg/m <sup>3</sup> )	Máximas 24 h (µg/m <sup>3</sup> )		Nº de ultrap.
		1ª máx.	2ª máx.			1ª máx.	2ª máx.	
Paulínia	21	59	59	0	19	78	54	0

Extraído de: Cetesb, 2003: Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – tabela parcial

Resolução CONAMA para SO<sub>2</sub>:

Tempo de amostragem 24 h: padrão primário 365 µg/m<sup>3</sup>, padrão secundário 100 µg/m<sup>3</sup>

Média Aritmética Anual: padrão primário 80 µg/m<sup>3</sup>, padrão secundário 40 µg/m<sup>3</sup>

### Ano 2001

Paulínia: 1ª e 2ª máximas: 16,2% do padrão primário,

1ª e 2ª máximas: 59% do padrão secundário.

MAA: 26,2% do padrão primário, e 52,5% do padrão secundário.

### Ano 2002

Paulínia: 1ª máx. 21,3%, 2ª máx. 14,8% do padrão primário,

1ª máx. 78% e 2ª máx. 54% do padrão secundário.

MAA: 23,7% do padrão primário e 47,5% do padrão secundário.

**Tabela 4.23** Concentrações de Ozônio (O<sub>3</sub>) – parâmetros anuais -

	Ano 2001				Ano 2002			
	Máximas 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )		Ultrapassagens		Máximas 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )		Ultrapassagens	
	1ª máx	2ª máx	PQAR (1 h)	AT	1ª máx	2ª máx	PQAR (1 h)	AT
Paulínia	255	201	15	2	212	195	14	1

PQAR: Padrão Nacional de Qualidade do ar

AT: Atenção (declarados e não declarados)

Extraído de: Cetesb, 2003: Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo – tabela parcial

Resolução CONAMA nº 3:

Tempo de amostragem 1 hora: padrões primário e secundário: 160 µg/m<sup>3</sup>

### Ano 2001

Paulínia: 1ª máx. 159,4%, 2ª máx. 125% dos padrões primário e secundário.

15 ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar, e 2 Estados de Atenção.

### Ano 2002

Paulínia: 1ª máx. 132,5%, 2ª máx. 121,8% dos padrões primário e secundário.

14 ultrapassagens do Padrão Nacional de Qualidade do Ar, e 1 Estado de Atenção.

Com o intuito de verificar a importância das concentrações em Campinas-Centro e Paulínia, realizamos comparações com as concentrações medidas nos municípios de Cubatão, Sorocaba e São José dos Campos, que constam no **Relatório de qualidade do ar do Estado de São Paulo, (Cetesb, 2003)**.

Em todos esses municípios monitorados pela Cetesb, encontram-se instalados importantes parques industriais e, exceto Cubatão, cuja poluição é influenciada principalmente por emissões industriais, há uma grande frota de veículos automotores leves e pesados, influenciando fortemente a qualidade do ar.

Serão feitas comparações em relação aos poluentes partículas inaláveis ( $PM_{10}$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e ozônio ( $O_3$ ), pois o monóxido de carbono (CO) é monitorado somente em Campinas e Paulínia, e as concentrações de dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) não atenderam ao critério de representatividade em Cubatão-centro e Paulínia no ano 2001. As concentrações monitoradas no ano de 2002 em Cubatão-centro não atenderam ao critério de representatividade e, em Campinas-centro, os dados não foram disponibilizados.

Concentrações de Partículas Inaláveis ( $PM_{10}$ ).

Municípios comparados: São José dos Campos, Campinas-Centro, Paulínia, Sorocaba, Cubatão-Centro, Cubatão-Vila Parisi.

### Ano 2001

Campinas: 1ª e 2ª máximas. Abaixo de Cubatão-Vila Parisi, Cubatão-Centro, São José dos Campos e Paulínia.

MAA: abaixo de Cubatão-Vila Parisi e Paulínia.

Paulínia: 1ª e 2ª máximas. Abaixo de Cubatão-Vila Parisi, Cubatão-Centro e São José dos Campos.

MAA: abaixo de Cubatão-Vila Parisi.

#### Ano 2002

Campinas: 1ª e 2ª máximas. Abaixo de Cubatão-Vila Parisi, Paulínia, São José dos Campos e Sorocaba (Cubatão-Centro não atendeu ao critério de representatividade).

MAA: abaixo de Cubatão-Vila Parisi e Paulínia

Paulínia: 1ª, 2ª máximas e MAA. Abaixo de Cubatão-Vila Parisi. (Cubatão-Centro não atendeu ao critério de representatividade).

#### Concentrações de Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)

Municípios comparados: São José dos Campos, Paulínia, Sorocaba, Cubatão-Centro e Cubatão-Vila Parisi.

#### Ano 2001

Paulínia: 1ª e 2ª máximas: Abaixo de Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Centro

MAA: Abaixo de Cubatão-Vila Parisi.

#### Ano 2002

Paulínia: 1ª, 2ª máximas e MAA. Abaixo de Cubatão-Vila Parisi (Cubatão-Centro não atendeu ao critério de representatividade).

#### Concentrações de Ozônio (O<sub>3</sub>)

Municípios comparados: São José dos Campos, Sorocaba, Paulínia e Cubatão-Centro

#### Ano 2001

Paulínia: 1ª máxima: acima de todos os municípios, 2ª máxima: abaixo de Cubatão-Centro.

#### Ano 2002

Paulínia: 1ª máxima: abaixo de São José dos Campos e Sorocaba, 2ª máxima: abaixo de São José dos Campos.

(Cubatão-Centro não atendeu ao critério de representatividade).

#### 4.4 Sobre a dispersão de poluentes – implicações relativa a acidez das chuvas

**Lara (2000)** estuda a composição química das precipitações na Bacia do Rio Piracicaba. As águas das chuvas foram coletadas entre agosto de 1997 e junho de 1998 em quatro estações de amostragem: Bragança Paulista (estação D3-018 DAEE), nos arredores de Campinas (fazenda experimental do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC - ) área mais industrializada e urbanizada da Bacia, na região de Piracicaba (posto meteorológico da ESALQ – USP) Segunda área mais industrializada e urbanizada de Bacia, e em Santa Maria da Serra (estação D5-062 DAEE). Nas análises das precipitações, os íons detectados estão relacionados com:

1.  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  Associação de elementos erodidos do solo devido a ressuspensão (PTS),
2.  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  Queima de biomassa – cana de açúcar,
3.  $\text{H}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{NO}_3^-$  Acidez inorgânica; relacionada com emissões industriais,
4. Acidez inorgânica relacionada com  $\text{H}^+$  e carbono orgânico dissolvido (DOC).

Na estação de Campinas detectou-se alta associação dos íons  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{NH}_4^+$ . Esta associação compreende emissões industriais e partículas erodidas do solo. O segundo fator de interferência correlaciona íons  $\text{H}^+$  com componentes orgânicos e inorgânicos dissolvidos, e o terceiro fator está relacionado com a queima de biomassa devido a associação entre  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ .

Na estação de Piracicaba, a acidez da precipitação está fortemente relacionada com a queima de cana de açúcar devido a associação entre os íons  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$ . A segunda fonte dominante relaciona-se com o material erodido do solo denunciado pela presença dos íons  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . O terceiro fator de acidificação correlaciona  $\text{H}^+$  com carbono orgânico e inorgânico dissolvidos (gerando ácidos orgânicos), e, por último, o fator de associação entre  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{H}^+$  sugerindo ácidos inorgânicos na acidez da precipitação.

Na estação de Santa Maria observou-se padrão similar a Piracicaba, sendo a queima de biomassa e a erosão do solo fontes dominantes da característica da acidez.

Em Bragança Paulista, a fonte dominante de acidez é o solo, seguido por acidez orgânica e queima de biomassa, e com uma estrutura de fatores similar à de Campinas. Portanto, três fatores influenciam a composição da precipitação na Bacia: Partículas erodidas do solo (PTS), emissões industriais e a queima de cana de açúcar.

Outras conclusões também são relevantes segundo **Lara (2000)**:

- O nível de acidez detectado na Bacia ocorre devido a atividades antrópicas numa relação similar a outros valores encontrados em regiões altamente desenvolvidas onde a chuva ácida está associada também a atividades antrópicas,
- A taxa de deposição anual de sulfato na Bacia é menor que aquela encontrada em regiões industrializadas da Europa e Estados Unidos,
- A deposição anual de nitrogênio total na Bacia é similar a regiões poluídas da América do Norte, e maiores que os valores encontrados na Ásia,
- As concentrações de material particulado inalável ( $PM_{10}$ ) durante o período de abril a setembro (período seco) esteve acima do padrão da qualidade do ar da “European Union Quality Standards” ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a ser adotado em 2005.
- Tanto no período chuvoso quanto no período seco, a concentração de  $PM_{10}$  (partículas inaláveis de diâmetro menor que  $10 \mu\text{m}$ ) em Piracicaba esteve superior à de São Paulo/capital. Essa fração fina de aerossol ( $PM_{10}$ ) associa-se, em Piracicaba, a três fatores: queima de biomassa associada à poeira do solo (80%), emissões industriais e queima de óleo combustível.
- A autora conclui que a chuva ácida seguida da deposição de nitrogênio (N) já é uma realidade na Bacia do Piracicaba.

#### 4.5 Expansões industriais, novos projetos de instalação, e influências ao meio ambiente

Em que pese o ar da região encontrar-se saturado por vários poluentes, da contaminação em áreas decorrentes da deposição inadequada de resíduos industriais (objeto do capítulo 5), e os corpos d'água superficiais estarem degradados e serem insuficientes para tantos usos (objeto do capítulo 6), diversos projetos de grandes ampliações industriais estão sendo realizados, alguns já concretizados.

Vimos, no capítulo 3, que a expansão da Ripasa exigiu considerável aumento de captação do rio Piracicaba, de 3.240 m<sup>3</sup>/h (0,9 m<sup>3</sup>/s) em 2001 para 4.500 m<sup>3</sup>/h (1,25 m<sup>3</sup>/h) em 2003. Outra importante ampliação, da Degussa Hüls, (instalação da fábrica de negro de fumo, um insumo básico para a vulcanização da borracha) ocorreu, afetando também o ar e a água.

A indústria siderúrgica Belgo Mineira já solicitou licença prévia junto à Secretaria de Estado do Meio Ambiente para a ampliação de sua capacidade produtiva. Junto a esses casos, contabilizamos a participação das emissões aéreas e das captações de água do rio Piracicaba de um projeto de termelétrica que esteve em vias de instalação em 2002/2003 na região.

##### Degussa Hüls

A ampliação da Planta de Negro de Fumo da Degussa, localizada no perímetro urbano de Paulínia, na área do Sítio Tambaú, bairro de Monte Alegre, constitui-se, segundo o **Estudo de Impacto Ambiental, (1999)** – EIA - em um empreendimento com capacidade de produzir 4.580 t/dia, utilizando, como matéria prima principal, óleo raro fornecido por dutos da Replan, e gás natural através do gasoduto Gasbol

Os dados do **EIA (1999)** indicam que a captação de água do rio Piracicaba autorizada pelo DAEE foi da ordem de 720 m<sup>3</sup>/dia para uso industrial, e 14 m<sup>3</sup>/dia, fornecida pela Sabesp, para uso doméstico. O consumo de gás natural era da ordem de 55.383,5 Nm<sup>3</sup>/dia (~ 1.661.505 Nm<sup>3</sup>/mês), de óleo raro 241,5 t/dia e de óleo antracênico 19,2 t/dia.

Dos poluentes gerados, a emissão de SO<sub>2</sub> da planta era de 8.420 kg/dia, e de material particulado, 160 kg/dia. Comparando com as principais indústrias emissoras consideradas como fontes estacionárias da Região Metropolitana de Campinas, segundo a **Tabela 4.18**, a participação da Degussa inclui-se como uma das principais emissoras de SO<sub>2</sub> e MP.

O lançamento de efluentes ao rio Piracicaba restringe-se aos de origem orgânica, uso doméstico, pois o total de captação para emprego industrial (720 m<sup>3</sup>/dia) é de uso consuntivo, destinado ao processo e geração de vapor.

Das cinco chaminés, duas constituem-se nas principais fontes de radiação térmica com emissão de gases do empreendimento. As duas com 65 metros de altura, 1,2 metros de diâmetro, emitindo gases na temperatura de 1.000 °C a velocidade de 10 m/s, constituindo-se em um sistema de tochas destinadas à queima de gás residual de processo.

### Belgo Mineira

A Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, Unidade Industrial de Piracicaba, localizada no bairro de Vila Resende, apresentou um projeto de ampliação de sua capacidade de 500 mil t/ano para 1,0 milhão t/ano de laminados de aço. Segundo os dados do **Relatório Ambiental Preliminar (2003)**, RAP, a usina consome em média 2.600 Nm<sup>3</sup>/h de gás natural, e passará a consumir 5.500 Nm<sup>3</sup>/h após a ampliação. O consumo atual de energia elétrica é de 670 kWh/t de aço produzido.

O abastecimento de água é realizado pela captação de 103 m<sup>3</sup>/h no rio Piracicaba, e a vazão média a ser captada no empreendimento futuro será de 180 m<sup>3</sup>/h, com outorga já concedida pela Agência Nacional de Água (ANA). Além da captação no rio, a empresa utiliza a vazão de 1,7 m<sup>3</sup>/h de água da Sema para uso potável e sanitário.

Os valores de emissão de materiais particulados na condição atual obtidos por amostragem de chaminé em 24/9/2002, foram de 76 kg/dia, e a emissão futura está prevista em 170 kg/dia, ou seja, um aumento de 153,6%.

## Usina Termelétrica Carioba II

Um importante projeto a ser considerado por suas características e pelos movimentos de sua implantação em Americana é o da Termelétrica Carioba II, uma usina a gás de ciclo combinado e potência de 1.200 MW, uma das maiores do mundo. Discutido em audiências públicas em alguns municípios, recebeu críticas de várias instituições e organizações locais pelo potencial de uso da água do rio Piracicaba, e da poluição aérea que seria gerada em sua operação.

A captação média de água seria de 1.288 m<sup>3</sup>/h, uma das grandes captações no rio Piracicaba, com perdas de evaporação em torno de 83% da vazão captada, e descarte em aproximadamente 219 m<sup>3</sup>/h (Sevá F<sup>o</sup> e Ferreira, 2001).

O projeto previa a queima de até 164 t/dia de gás natural (densidade média do gás natural: 750 g/m<sup>3</sup>), uma das maiores fontes de queima do país, ocasionando a saída pelas chaminés em torno de 4.372 kg/dia de NO<sub>2</sub>, 2.117 kg/dia de CO, 1.363 kg/dia de material particulado, 962 kg/dia de SO<sub>2</sub>, e 126 kg/dia de hidrocarbonetos (Sevá F<sup>o</sup> e Ferreira, 2001).

### 4.6 Transporte de combustíveis por dutos - riscos

Pela Replan passam dutos que transportam óleo combustíveis, derivados e álcool. A **Tabela 4.24** especifica os dutos, sua origem e destino, e o combustível transportado.

**Tabela 4.24:** Oleodutos interligados à Replan

Origem	Destino	Oleoduto	Produtos	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
Guararema	Replan	Osvat (30')	Petróleo	2.300
São Sebastião	Replan	Osplan I (24')	Diesel, Nafta Craqueada	2.190
Replan	Guararema	Osplan II (18')	Nafta, Gasolina, MTBE, LCO	800
Replan	Barueri	Opasa (10')	Gasolina, Álcool	210
Replan	Barueri	Opasa (14')	Álcool	430
Replan/Barueri	Barueri/Replan	Opasa (16')	Gasolina, LCO	380
Replan	Brasília	Osbra (18')	Diesel, Gasolina, QAV, GLP	1100

Extraído de: Ramos, 1999

A **Figura XVI** mostra a rede de dutos do sistema SP, à qual se integra a região de Campinas.

FIGURA XVI DUTOS PETROBRAS

Nos traçados dos dutos podem ocorrer acidentes. O OSBRA cruza o rio Jaguari, os OPASA, OSVAT e OSPLAN cruzam o rio Atibaia; um vazamento em qualquer destes dutos, sobre ou nas proximidades de corpos d'água, afetará necessariamente a captação dos municípios e empresas, como já ocorreu.

Em 18/7/80, um rompimento em um duto OPASA atingiu o rio Jaguari na zona Oeste de Campinas. Em 18/4/82, o duto OSPLAN II vazou, atingindo o rio Atibaia. Este mesmo duto sofreu vazamento em 17/5/84 no município de Atibaia e, em 23/9/88, no município de Paulínia. Em 16/8/99 um duto OPASA vazou na zona Oeste de Campinas, todos os casos ocorrendo por corrosão nos tubos ou erosão do terreno (**Ramos, 1999**).

Segundo o Parecer Técnico PP 24/97 (**Sevá Fº 2000-a**), que diz respeito sobre possíveis vazamentos de oleodutos ligados à Replan,

*“Os episódios de vazamento podem acontecer, por razões e circunstâncias operacionais, por conseqüência da degradação das instalações e/ou das comunicações, e, por causa de fatores externos à operação, mas incidindo sobre os dutos, as válvulas, os compressores e bombas, ou sobre os locais de controle dos sistemas. Já ocorreram alguns eventos, com derramamentos nos córregos e rios, e no solo, e, - estatisticamente acontecerão outros – nos seguintes locais próximos às três faixas de oleodutos que atravessam a região para se conectar à refinaria Replan:” PP 24/97 (Seva Fº, 2000-a)*

#### **4.6.1 Riscos de rompimentos e áreas afetadas:**

Ainda segundo o mesmo documento, os locais afetados por possíveis rompimentos dos dutos podem ser discriminados:

##### **1. Dutos que ligam Guararema e Paulínia – óleo cru e derivados.**

Trecho abaixo da cidade de Itatiba e acima da hidrelétrica de Salto Grande-CPFL, numa 1ª transposição por baixo do rio Atibaia: O derramamento pode afetar a hidrelétrica, as captações de Valinhos e Campinas, com riscos também para a área urbana antiga de Souzas.

Trecho em que os dutos cruzam o Ribeirão das Cabras e perto da área urbana do distrito de Joaquim Egídio: Risco para a área urbana do distrito e de Souza, risco para o Ribeirão das Cabras e rio Atibaia.

Na 2ª transposição sob o rio Atibaia, nas proximidades da estrada entre Souza e Pedreira, um vazamento afetaria o rio Atibaia e, dependendo do volume derramado, poderia atingir o município de Paulínia.

Na 3ª transposição sob o rio Atibaia, divisa Jaguariúna – Paulínia; um vazamento nesse trecho do Atibaia comprometeria a captação de água das indústrias às suas margens: Rhodia, Air Liquide, Hercules, Bann Química... etc, podendo atingir o trecho urbano de Paulínia e o minipantanal e, dependendo do volume derramado, a represa Salto Grande, a captação de Sumaré, Americana, e rio abaixo.

2. Considerando os dutos de derivados que ligam Paulínia a Barueri, RMSP, prevê-se as mesmas conseqüências acima também para os seguintes lugares: bairros Betel-Matão, travessia Quilombo, D. Pedro, Nova Aparecida, bairros do sudoeste de Campinas, podendo atingir o rio Capivari e afetando captações de Vinhedo e Campinas.
3. Quanto ao duto de derivados que liga Paulínia a Brasília, na transposição sob o rio Jaguari, seu rompimento afetaria a captação de Limeira, as indústrias às suas margens e, com as mesmas conseqüências previstas para a 3ª transposição do duto Guararema- Paulínia.

## 4.7 Conclusões

Com o crescimento da participação do gás natural na matriz energética brasileira, e a construção do gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), está sendo desenvolvido um mercado de consumo deste combustível na região. Embora não discutido, hoje verificamos sua utilização em veículos automotivos, porém, seu consumo expressivo realiza-se nas unidades industriais.

Verifica-se que um grande número de empresas passaram a fazer uso do gás natural, optando pela substituição da queima de óleo combustível e gás liquefeito de petróleo. O gás natural não pode ser considerado um combustível “limpo”, pois, embora reduza as emissões de SO<sub>2</sub>, há o aumento de emissões de outros compostos, como exposto.

O transporte desses combustíveis não é isento de riscos. Na região há uma extensa malha de dutos (oleodutos, gasodutos) que servem as empresas ou que são transportados para outras regiões, com possibilidades de rompimentos, podendo atingir as águas superficiais e o solo, sem mencionar possíveis incêndios, com prejuízos à população e às próprias empresas.

A oferta de gás pelo Gasbol permitiu o desenvolvimento de projetos de expansão da geração de energia elétrica e vapor, com vários grupos empresariais interessados em instalar usinas termelétricas consumindo gás natural para fornecer energia para esta região, densamente industrializada, constituindo-se, portanto, em um mercado promissor.

Entretanto, a partir de Relatórios elaborados pela Cetesb, é possível concluir que o ar da região já se encontra poluído, com níveis altos de concentração de poluentes. A concentração de ozônio em Paulínia ultrapassou várias vezes o Padrão Nacional de Qualidade do Ar, sendo alta também a concentração de NO<sub>2</sub>. Tal como mostrado no capítulo 3, o nível de poluição por material particulado no município de Piracicaba supera o da capital paulista.

Com relação ao SO<sub>2</sub>, as concentrações em Paulínia nos anos 2001 e 2002 estiveram abaixo somente às de Cubatão, um município estigmatizado pelos altos índices de poluição ali verificados. De toda a concentração de SO<sub>2</sub> na Região Metropolitana de Campinas, a participação industrial representou 88,3% das emissões.

As concentrações de poluentes lançados ao ar são enormes, medidas em t/ano ou t/dia. Embora não conste no capítulo, tais poluentes são transportados para outras regiões pela ação da dinâmica do ar, e com os ventos. Estes, por sua vez, também carregam para cá poluentes de outras regiões como, por exemplo, da Grande São Paulo.

Devido a essa poluição atmosférica, surge o fenômeno da chuva ácida, precipitação com baixo pH, que afeta a biota, constituindo-se, portanto, num efeito complicador a mais decorrente da poluição. Outro complicador relevante é sua interferência na saúde humana.

A participação de veículos automotivos é significativa em relação às emissões de CO, HC, e NOx. Se as indústrias elevam suas chaminés para que seus poluentes sejam transportados para outras regiões, os escapamentos dos veículos estão rentes ao chão, local de baixa dispersão, atingindo diretamente a população, havendo, portanto, a necessidade de políticas de controle dessas emissões.

No que diz respeito ao ar, as medidas de concentração discriminam as participações industrial e automotiva; Entretanto, a poluição é o conjunto decorrente de tais das emissões, e, nesse sentido, a instalação de novas fontes geradoras agravam uma condição já crítica, de tal forma que o controle para a instalação dessas fontes faz-se necessário.

Embora a questão dos recursos hídricos seja discutida no capítulo 6, as expansões da Ripasa, Degussa e Belgo Mineira, (esta ainda em processo de ampliação), imprimem pressões sérias aos recursos hídricos da região.

A expansão da Ripasa passou a exigir 72% a mais de sua captação de água do rio Piracicaba, ao passo que toda a captação realizada pela Degussa é de uso consuntivo, e a expansão da Belgo representa um aumento em torno de 57% do volume de água a ser captada. A Usina Carioba II imprimiria uma retirada no rio Piracicaba na ordem de 1.288 m<sup>3</sup>/h, o que equivale ao consumo/dia de uma população de aproximadamente 90.000 habitantes.

## **CAPÍTULO 5 ALGUNS ACIDENTES E CONTAMINAÇÕES DECORRENTES DE ATIVIDADES INDUSTRIAIS; DESPACHO E ACÚMULO DE RESÍDUOS**

### **Apresentação**

Este capítulo enfoca algumas degradações ambientais provocadas por quatro grandes empresas dos setores químico e petroquímico localizadas em Paulínia: Replan, Rhodia, Bann Química e Shell Química. Em suas atividades ocorreram episódios de contaminações no solo, subsolo e lençóis freáticos, devido a disposição inadequada de alguns de seus subprodutos e rejeitos, o que provocou a intervenção do Ministério Público Estadual e da a Promotoria Geral de Justiça da Comarca de Paulínia, através de Inquéritos Cíveis, com o objetivo de promover o saneamento.

Em função da poluição gerada pela queima de combustíveis e das contaminações, foram instaurados inquéritos civis (IC) contra a Replan (IC 24/97), contra a Rhodia (IC 01/96), contra a Bann Química (IC 02/97), e contra a Shell Química (IC 001/95), este último causado por auto-denúncia. Através dos inquéritos, estabeleceram-se os Termos de Ajustamento de Condutas (TACs), assinados na forma tripartite (Ministério Público, Empresas e Cetesb), visando o enquadramento das empresas para sanarem os locais contaminados, e adotarem rotinas que evitem novas contaminações.

Para acompanhar os arranjos, o Ministério Público designou um perito, o qual realizou inspeções técnicas para averiguar as medidas adotadas, fornecendo ao ministério seu parecer sobre o cumprimento ou não dos acordos assinados nos TACs. No capítulo são investigadas algumas contaminações provocadas pelas quatro empresas citadas e, através dos relatórios do perito, as atividades de remediação para o saneamento e despoluição de áreas da Replan e da Rhodia.

Para esta pesquisa não mencionamos os pareceres de peritos relativos aos enquadramentos da Bann Química e Shell Química, porém, mantivemos as descrições de contaminações constantes nos inquéritos pela gravidade que representaram. Esclarecemos ainda que a pesquisa não acompanhou as possíveis remediações promovidas pelas duas empresas.

Dentre as práticas de despoluição, se insere a reutilização e/ou aproveitamento de resíduos industriais, utilizados como matéria prima secundária. O capítulo investiga alguns fluxos e despachos de resíduos para a queima em cimenteiras instaladas em outras regiões do país, e relata, através de reportagens divulgadas pela mídia escrita, sobre o descarte de alguns resíduos contaminados em áreas da região.

## **5.1 Contaminações provocadas pela Replan e ações de remediação**

A atividade industrial de uma refinaria produz fortes impactos ao meio onde se instala pois, além de sua planta ter grandes dimensões, também gera através de seu processo produtivo grandes quantidades de resíduos, emanações, efluentes, riscos inerentes à atividade e transportes de seus produtos.

As emanações de odores e hidrocarbonetos originam-se principalmente da ETDI (Estação de Tratamento de Despejos Industriais), a qual processa os efluentes hídricos da empresa, e do sistema de tanquagem que armazena óleo cru e derivados produzidos.

### **5.1.1 Algumas ocorrências na ETDI**

**1986 e 1992:** Extravasamento de bacias de decantação de águas pluviais e de efluentes de tratamento; derramamento de produtos fenólicos, amoniacais e outros no rio Atibaia,

**Outubro, novembro/1992:** Contaminações por borra oleosa e nafta no lençol freático, açudes e lagoas nas drenagens dos rios Atibaia e Jaguari, (Sevá, 1992).

**24, 25, 25/abril/ 1996:** A ETDI trabalhando com vazão máxima (1.000 m<sup>3</sup>/h), a Bacia de Espera e separadores água/óleo sobrecarregados fizeram com que a separação fosse incompleta, com as cargas recebidas pelos sistemas de água contaminadas sendo parcialmente tratadas. Durante três dias, o excesso de óleo chegou até a última bacia de estabilização antes da lagoa final do sistema. (Sevá, 1996).

Mesmo quando em funcionamento normal, o grau de exposição dos trabalhadores aos vapores de hidrocarbonetos, sulfetos e outros componentes tóxicos na ETDI é talvez o pior dentro de todos os setores da Refinaria. Além disso, o contato direto com óleos, graxas, limpeza de tambores com solventes, vapores, etc., agravam as condições dos trabalhadores que realizam essas tarefas as quais são o resultado final da qualidade e quantidade de materiais processados na refinaria (Sevá, 1996). A **Figura XVII** mostra imagem aérea da ETDI da Replan.

**Figura XVII:** Foto da ETDI da Replan



Extraído de: **Rossi e Caruso Neto, 2000.**

Os resíduos sólidos e oleosos na Replan são dispostos em aterros próprios como o sítio Tambaú, o aterro de resíduos perigosos (ATP), e na área “landfarming” (um processo que utiliza o solo para tratamento biológico de borras oleosas).

Segundo o **Relatório Técnico: verificação do cumprimento das obrigações do Termo de Ajustamento de Conduta** contido no **Inquérito Civil 24/97**, na descrição dos problemas ambientais destas três áreas consta que o solo da ATP foi utilizado no passado para a disposição de borras oleosas, remediada via tratamento no próprio solo local.

Na área do “landfarming” foi detectada a presença de contaminantes nos poços de monitoramento das águas subterrâneas, e a área do sítio Tambaú foi atingida por vazamentos de esgoto oleoso de galerias e por fraturas na Bacia de Águas Oleosas (BAO), ocorrendo o afloramento de óleo em águas superficiais desta área.

### **5.1.2 Relatos de contaminação em áreas da Replan**

Em junho de 2000 a empresa Hidroplan, contratada pela Replan, apresentou relatório sobre a contaminação do solo, subsolo e aquífero subterrâneo da Replan nas localidades do sítio Tambaú, “Landfarming” e ATP:

*“Área da ATP: A área apresenta contaminação controlada; os perfis perimetrais indicam a inexistência de migração lateral de contaminantes, detectou-se materiais contaminantes até 4 metros de profundidade, e próximo ao alambrado, observou-se anomalias no georadar indicando restos de materiais enterrados.*

*Materiais contaminantes: gases, concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH), benzeno, tolueno, etilbenzeno, e xilenos (BTEX), chumbo e hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH) em amostras do solo e subsolo”.*

*“Área do “Landfarming”: A lateral oeste apresenta solo contaminado, o subsolo também apresenta contaminação devido a passagem do duto de água oleosa a 7 metros de profundidade.*

*Limite oriental sem presença de material contaminado, limite norte detectou-se anomalias pelo georadar, e o limite sul deve ser reavaliado”.*

*“Área do Sítio Tambaú: Contaminação concentrada ao redor das trincheiras, e sem a presença de contaminantes na lagoa. Há mistura de água e hidrocarbonetos que se*

*estende de 5 a 30 metros de profundidade. Em termos percentuais, a superfície sem contaminação representa 66,54%, a superfície contaminada 4,12%, superfície então sendo analisada: 29,34%” (IC 24/97).*

A **Figura XVIII** mostra imagem aérea da área de despejos de resíduos da Replan.

**Figura XVIII:** Foto de área de despejo de resíduos da Replan



Extraído de: **Rossi e Caruso Neto, 2000**

### **5.1.3 Ações do Ministério Público para a remediação das contaminações, e ações de descontaminação:**

Em função dos riscos, acidentes e poluição ocorridos, a Replan assinou o Termo de Ajustamento de Condutas (TAC) com o Ministério Público do Estado de São Paulo, e com a Promotoria Geral de Justiça. Esse Termo de Ajustamento tem por objetivo o enquadramento da empresa para a resolução dos problemas gerados por suas atividades, em comum acordo com o Ministério Público. Nos autos do Inquérito Civil **IC 24/97**, consta que a Replan deveria apresentar:

a) “No prazo de 06 meses o Diagnóstico Ambiental da área onde será construído o “Landfarming”, da área onde será construído o Aterro de Resíduos Perigosos e da área do sítio Tambaú. (IC 24/97).

O **Relatório Técnico: verificação do cumprimento das obrigações do Termo de Ajustamento de Conduta** doravante denominado **Relatório Técnico**, indica que as áreas foram estudadas em conjunto pela proximidade e semelhança dos problemas. A terceira etapa de monitoramento (novembro de 2001) apresentou resultados de TPH, BTEX, PAH e resíduos nas águas subterrâneas, em função dos trabalhos de descontaminação realizados.

As análises químicas das águas subterrâneas coletadas de 8 poços de monitoramento foram realizadas em relação aos seguintes parâmetros:

Série metais: alumínio, arsênio, bário, cádmio, cromo, chumbo, cobre, ferro, manganês, mercúrio, prata, selênio, sódio e zinco.

Via clássica: cianeto, cloreto, fenol e sulfeto.

As águas apresentaram parâmetros de alumínio, bário, cromo, ferro, chumbo, manganês e mercúrio em concentrações acima do padrão de intervenção da Cetesb, porém não foram verificadas concentrações significativas de TPH, BTEX, e PAH.

Com relação a amostra dos resíduos, foram encontrados os mesmos metais coletados nas águas e em concentrações mais elevadas, sendo considerado resíduo Classe I, resíduo perigoso, devido a presença de óleos e graxas (338 g/kg).

- **Situação atual:**

A Cetesb e a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SMA) exigiram a remoção e destinação adequada dos resíduos e solos contaminados. Proposta de Replan: tratamento biológico para o solo contaminado (entre 5 e 20% de óleos e graxas) no ESTRE, Paulínia; Abaixo de 5% de contaminação, os resíduos seriam enviados para aterro como resíduo classe II,

e acima de 20% enviados para queima em cimenteiras. Com relação ao aquífero, ainda não há exigências para remediação, havendo apenas um plano de monitoramento.

- **Parecer Técnico:**

A remoção dos resíduos da área atende em parte ao TAC. Com relação ao aquífero, ainda não há proposta formulada para remediação.

b) *“No prazo de 12 meses deverá apresentar um Diagnóstico Ambiental da área de disposição dos resíduos inertes, da de resíduo conhecido como “borreiro”, e da área próxima a de resíduo de óleo cru, onde se armazenam tambores” (IC 24/97).*

Segundo o **Relatório Técnico**, na área do Aterro de Resíduos Inertes (ATI) local destinado ao recebimento de materiais inertes como entulho de obras e materiais não refratários, foram constatadas disposições inadequadas de resíduos não inertes (cinza de caldeira, catalizador, barrilha e material refratário contaminado) pelo fato de, até 1995, não haver controle sobre o material a ela destinado.

O monitoramento foi realizado em várias etapas e em novembro de 2001, nas análises químicas das águas subterrâneas, foram encontrados os compostos alumínio, bário, ferro, manganês e chumbo acima dos limites de intervenção proposto pela Cetesb, não sendo detectado TPH.

As análises de resíduos coletados indicaram a presença de resíduos não inertes (Classe II), com a recomendação de um plano de monitoramento para os parâmetros cloreto, fenol, TPH, e série metais. A decisão tomada entre a Replan e a SMA e, com a aprovação da Cetesb, estabeleceu a remoção dos resíduos para o aterro ESTRE em Paulínia.

- **Parecer Técnico:**

O Assistente Técnico da Promotoria considerou que, embora tenha havido a decisão de remoção dos resíduos, o Diagnóstico Ambiental definido no TAC continuava pendente, sendo

possível apresentá-lo somente após a remoção total dos resíduos, seguida da avaliação do solo, subsolo e água subterrânea e implantação de monitoramento e/ou remediação do solo ou aquífero.

*c) No prazo de 06 meses deveria atualizar o Plano Geral de Destinação Final de Resíduos Sólidos, incluindo pastosos ou líquidos, perigosos ou não, a rotina normal, e situações emergenciais (IC 24/97).*

O **Parecer Técnico** enviado à Promotoria considerou cumprida esta cláusula pois a Replan possui vários sistemas de destinação final de resíduos: O aterro de resíduos perigosos com dupla impermeabilização, o de resíduos inertes e o “landfarming”, que trata os resíduos oleosos. Outras áreas onde haviam disposições inadequadas de resíduos sofreram remediações.

*d) No prazo de 30 dias comprovar a redução de carga orgânica da Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI) atendendo aos limites legais de lançamento de amônia, fenol, óleos e graxas, resíduos sedimentáveis, e cianetos, comprovando o atendimento através de coletas de água do corpo receptor efetuadas a montante e a jusante do lançamento (IC 24/97).*

O **Relatório Técnico** indica constar no TAC que a Replan deverá, no prazo de 02 (dois) meses, comprovar o atendimento aos padrões legais de qualidade para o corpo d'água receptor, (...), e que deverá, no prazo de 02 (dois) anos, projetar e implementar modificações na ETDI para corrigir eventuais desconformidades (vencimento em dezembro de 2001).

Em função do não atendimento ao padrão de lançamento de amônia no corpo d'água, a Replan iniciou, segundo o **Relatório Técnico**, a construção de uma estação de tratamento de efluentes com a tecnologia de lodo ativado, e implantou novo flotador para separação de água e óleo, implantada no prazo. Modificações na aeração atingiram a eficiência máxima em maio de 2002, com redução de carga orgânica em mais de 90%, e lançamento de amônia com menos de 1,0 mg/l.

O **Parecer Técnico** neste item indica que a avaliação da eficiência depende de parecer da Cetesb, podendo ser considerada cumprida esta cláusula se for atendida a legislação vigente.

*e) Quando a vazão da ETDI supera sua capacidade máxima (1000 m<sup>3</sup>/h) o excedente era desviado ao rio Atibaia através de um septo de separação água e óleo, portanto, deverá implementar modificações na ETDI e no sistema de drenagem da refinaria a fim de evitar o lançamento de efluentes fora dos padrões legais (IC 24/97).*

Segundo o **Relatório Técnico**, a ETDI opera com a vazão máxima de 1000 m<sup>3</sup>/h; Ocorrendo grandes precipitações, essa vazão era excedida por águas pluviais contaminadas em função da grande área de drenagem das áreas de processo da refinaria, sendo desviado o excedente para o rio Atibaia, possibilitando o lançamento de efluente sem tratamento.

A ETDI sofreu modificações, sendo eliminado o desvio e passou-se a utilizar lagoas da antiga ETDI (BAE 3B), a qual contém o excedente. Reduziram-se as áreas de drenagem, a BAO (Bacia de Águas Oleosas) foi desativada para o recebimento regular de águas oleosas, operando como uma bacia de emergência para águas pluviais e emergências na área do processo.

O **Parecer Técnico** considera cumprido esse item, pois as modificações atenderam a exigência de se eliminar a possibilidade de lançamento de efluente direto no rio Atibaia.

## **5.2 Contaminações provocadas pela Rhodia, e ações de remediação.**

A empresa é um grande complexo químico industrial localizado na Fazenda São Francisco no município de Paulínia S.P. às margens do rio Atibaia e ribeirão Anhumas. Essa unidade fabril divide-se em cinco áreas operacionais segundo **Duarte e Profírio, (2000)**:

**Departamento de Fenol e Derivados**, que produz, entre outros, fenol utilizado em resinas, bisfenol usado na fabricação de resinas e epoxi, antioxidantes, tintas adesivas, etc., bicabornato de amônia utilizado em produtos alimentícios, e acetona utilizada como matéria-prima e solvente.

**Departamento de Nylon:** produtos destinados à fabricação do sal de nylon, que é um polímero utilizado em larga escala nas indústrias têxteis, de pneus, tapetes, etc.

**Departamento Acéticos e Cetônicos:** produz matéria-prima para seu uso interno, fluido para freios e solventes industriais.

**Departamento de PVA:** produz o polímero acetato de vinila de onde se originam produtos de uso na construção civil, fabricação de tintas e colas em geral.

**Departamento de Silicato e Pigmentos:** produz silicato de sódio e bióxido de silício, utilizados na indústrias de borracha, tintas, papel e acondicionamento de pesticidas e inseticidas.

Sua capacidade de produção em 1999 era da ordem de 850.000 t/ano, tendo produzido neste ano 630.000 toneladas, e seus produtos principais estão relacionados na **Tabela 5.1**.

**Tabela 5.1** Principais produtos fabricados pela Rhodia em 1999:

Produtos	Fenol	Acetona	Sal de Nylon	Ésteres Ascéticos	Acetato de Polivinila	Silicatos	Total
Produção t/ano	138.000	83.000	140.000	50.000	11.000	35.000	457.000

Extraído de: Duarte e Profírio, (2000)

Em sua produção, as principais matérias-primas são obtidas do petróleo e minerais, oriundas de Cubatão, pólo petroquímico de Camaçari, São Paulo e importados, transportados até a empresa por rodovias. As principais matérias-primas utilizadas estão dispostas na **Tabela 5.2**.

**Tabela 5.2** Principais matérias-primas utilizadas pela Rhodia em 1999:

Matéria Prima	Cumeno	Soda Cáustica	Ácido Sulfúrico	Ácido Ascético	Amônia	Álcool Etilico	Total
Quantidade (t/ano)	180.000	8.000	2.200	49.500	17.400	15.000	272.100
Origem	Cubatão e Exterior	Cubatão	Cubatão	Interior São Paulo	Cubatão	Interior São Paulo	
Estocagem	Tanques	Tanques	Tanques	Tanques	Esferas	Tanques	

Extraído de: Duarte e Profírio, (2000)

### 5.2.1 Uso e destino da água:

Para suas atividades a Rhodia retira do rio Atibaia 7.800 m<sup>3</sup>/h de água e devolve cerca de 90% do retirado, isto é, por volta de 7.020 m<sup>3</sup>/h. A maior parte da água captada é utilizada em sistema de resfriamento (em torno de 5.600 m<sup>3</sup>/h), com perda consuntiva por evaporação em torno de 200 m<sup>3</sup>/h, e a vazão de efluentes situa-se na casa de 1.350 m<sup>3</sup>/h, que são compostos de orgânicos, fenolados, sílica, ácido adípico e nítrico (**Duarte e Profírio, 2000**).

Dados do **Relatório Zero (1999)**, indicam a vazão de retirada em torno de 8.450 m<sup>3</sup>/h e devolve ~95% do retirado, de 7.913 m<sup>3</sup>/h no rio Atibaia e 101 m<sup>3</sup>/h no ribeirão Anhumas, com uso consuntivo de 436 m<sup>3</sup>/h portanto.

### 5.2.2 Uso de combustível:

A Rhodia, abastecida pelo resíduo Resvac tipo ATE com alto teor de enxofre (2%, 4% ou mais), óleo combustível 7A com médio teor de enxofre e óleo 3A, provenientes da Replan, bombeados através de dutos e utilizados principalmente para a geração de vapor e energia elétrica, consumiu em 1999, 144.000 toneladas de óleo (**Duarte e Profírio, 2000**).

### 5.2.3 Geração de vapor e energia elétrica:

Estão instaladas na Rhodia duas centrais termelétricas independentes e interligadas que operam conjuntamente com a concessionária CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz): A **Central Termelétrica Norte**, implantada em 1957, constitui-se de quatro unidades de caldeiras aquatubulares com capacidade de gerar 50 t/h de vapor a temperatura de 400° C, que consumiam óleo 7A e 3A, e duas turbinas de vapor com potência de 3.898 kW (**UTPPESP, 2001**).

**Central Termelétrica Sul**, implantada em 1970, constitui-se de duas caldeiras aquatubulares com capacidade de gerar 125 t/h de vapor a temperatura de 510° C, consumindo óleo 7A e 3A, possui turbina a vapor com potência de 10.000 kW. Os sistemas operacionais como a captação de água, os circuitos auxiliares, tratamento de água e de efluentes são comuns às duas centrais (**UTPPESP, 2001**).

A energia elétrica gerada na empresa representava 1/3 de suas necessidades. Em 1999 foram gerados 96.000 MWh e comprados da CPFL aproximadamente 150.000 MWh (**Duarte e Profírio, 2000**).

#### **5.2.4 Geração de resíduos:**

Entre passivo e geração, a Rhodia produzia ao ano aproximadamente 20.000 toneladas de resíduos classe I (perigosos), e 13.000 toneladas de resíduos classe II (não-perigosos), dados de 1999. O destino desses resíduos são regulados pela Cetesb com os seguintes destinos: incineração, reciclagem e co-processamento em fornos de cimento. Os resíduos perigosos são transportados para outras regiões e estados numa situação de risco no transporte; a disposição dos resíduos industriais ocorreu, por muitos anos, de forma inadequada, contaminando o solo e o lençol freático (**Duarte e Profírio, 2000**).

#### **5.2.5 Problemas causados ao Meio Ambiente que ocasionaram o ajustamento de condutas**

O Inquérito Civil (**IC 01/96**) de 15/junho/1998 celebrou o Termo de Ajustamento de Conduta a fim de apurar a situação de poluição causada por emissões de cumeno e fenol das atividades industriais da Rhodia. Os problemas então detectados foram relacionados com as emissões ao ar, os descartes aquosos, problemas das ETEs, infiltrações nos aquíferos e a área de estocagem dos resíduos industriais. Os desarranjos abaixo relacionados foram extraídos do Inquérito Civil **IC 01/96** e,

##### **a) No que diz respeito as emissões ao ar:**

a<sub>1</sub>) *“Enquanto não estiver implantado o gás natural a empresa deveria utilizar, para a queima em suas caldeiras, óleo combustível com baixos teores de enxofre com média quadrimestral não superior a 3%” (IC 01/96).*

O **Parecer sobre o 11º Relatório Quadrimestral de Atividades da Rhodia Brasil Ltda**, doravante chamado **Parecer sobre o 11º Relatório**, elaborado pelo Assessor Técnico da

Promotoria, indica que a Rhodia queima óleo combustível fornecido pela Petrobrás com teor de enxofre usualmente em torno de 1%. As caldeiras da central termelétrica sul foram alteradas para operarem com gás natural, sendo a primeira alterada em janeiro de 2003, e a segunda em março do mesmo ano. Na central termelétrica norte, a troca de energia está sendo estudada para o ano de 2004.

O **Parecer Técnico** indica condição atual pendente.

a<sub>2</sub>) *“As emissões residuais nas Plantas de Ácido Nítrico e Adípico não deveriam superar 200 e 300 ppm (partes por milhão), respectivamente, de NOx” (IC 01/96).*

O **Parecer sobre o 11º Relatório** constata a modificação na pressurização da coluna RVN da planta de ácido adípico com o intuito de redução das emissões de NOx. Não se observa visualmente a cor marrom na chaminé, característica das emissões de NOx, porém, considera a necessidade de se medir esta emissão através de amostragem de chaminé. Portanto, o laudo do Perito Técnico é de obra executada mas eficiência não comprovada.

a<sub>3</sub>) *“Necessidade de eficiência nos sistemas de abatimento de odores da ETE Orgânicos e no de abatimento de cumeno e fenol, e as paradas de manutenção deverão ocorrer em períodos atmosféricos favoráveis à dispersão, vetando-se no período de inverno exceto as emergenciais” (IC 01/96).*

A ETE Orgânicos, segundo **(IC 01/96)**, é a Estação de Tratamento das Unidades de Fabricação: Metil-isobutil cetona (solvente de tintas e vernizes), Álcool isopropílico (cosméticos), Acetato de ciclohexila (perfumaria), Acetato de butila (solvente de tintas automotivas), Diacetona álcool (tratamento de couros), Hexolenoglicol (solventes de tintas para embalagem), Acetato de etila (solvente para re-pintura automotiva), Látex estireno-butadieno (abrilhantador de papéis) Látex PVA (colas), Ácido Nítrico (nylon), Hexametilendiamina (nylon), Ácido adípico (nylon), Metil-isobutil-carbinol (fluido para freio), Merial (produção de vacina animal).

Segundo o **Parecer sobre o 11º Relatório**, uma nova estação de tratamento de efluentes orgânicos baseada na tecnologia de lodo ativado denominada projeto “Eliodor” entrou em operação em junho de 2002, substituindo as lagoas de tratamento, ineficientes na redução de nitrogênio amoniacal, e com lançamentos acima do padrão em corpos d’água Classe II (5,0 mg/l). Segundo a empresa, a média da concentração de amônia do efluente final da nova ETE em fase de ajustes está abaixo de 5 mg/l. O **Parecer Técnico** para a situação atual indica que a obra foi executada mas não foi feita a comprovação da eficiência.

A ETE fenolados sofreu reformas nos anos 1998 e 1999, apresentando eficiência no abatimento de fenóis.

A implantação do sistema TRATAR recupera, pela adsorção de carvão ativado, no mínimo 95% do cumeno que era todo lançado na atmosfera. Nas paradas para troca de carvão, a disponibilidade passa para 92 a 93%, comprovando sua eficiência.

**b) No que diz respeito às águas:**

*b<sub>1</sub>) “O sistema “Fenton” da Unidade de Ácido Salicílico (SALAL) não atingiu a eficiência esperada, os efluentes da Unidade Látex 5B não estão atendendo aos padrões de nitrogênio amoniacal, os efluentes da Unidade Látex PVA deverão ser analisados para nova determinação de suas características físico-químicas pois são utilizados na impermeabilização das ruas de terra da empresa”. (IC 01/96)*

Consta no **Parecer sobre o 11º Relatório** que os efluentes da unidade SALAL estão sendo enviados para a estação de tratamento de efluentes fenolados, cumprindo os termos do TAC.

Os efluentes da estação de tratamento da unidade 5B estão sendo tratados na ETE orgânicos “Eliodor”, cumprindo a obrigação com o TAC de acordo com a eficiência do sistema.

A “água de cola”, efluente da unidade de látex, está sendo tratada na estação de tratamento de efluentes da unidade 5B, não sendo mais utilizada na impermeabilização de ruas de terra da empresa desde dezembro de 2000, cumprindo a obrigação com o TAC.

**c) Do solo, subsolo e águas subterrâneas:**

c<sub>1</sub>) *“Ficou acordado que a Rhodia deverá apresentar um plano geral de destinação final de todos os resíduos sólidos, pastosos ou líquidos, perigosos ou não, existentes em sua propriedade” (IC 01/96).*

O Plano foi realizado e implantado. O **parecer técnico** do perito sugere que seja solicitado à Rhodia os CADRI (certificado de autorização para destinação dos resíduos industriais) e os certificados de destruição, destinação ou recebimento dos resíduos emitidos pelo sistema de destinação, para todos os lotes dos passivos referentes ao TAC.

**d) Área de Estocagem de Resíduos Industriais (AERI).**

*“A AERI, é uma propriedade da Rhodia com 12 hectares (120 mil metros quadrados), localizado no município de Paulínia, e utilizado entre os anos 1964 a 1989 para descarte de resíduos, queima de resíduos industriais a céu aberto, estocagem de tambores contendo resíduos, descarte de entulhos, e de água de lavagem de equipamentos. Tais atividades resultaram na contaminação do solo e do aquífero, sobretudo nas vertentes que afloram em duas nascentes (1 e 2) e a jusante da área, cujos escoamentos superficiais deságuam no rio Atibaia. Estima-se que os diques e valas de infiltração que correspondem à uma área de 26.380 m<sup>2</sup> contenha um volume de resíduos sólidos de 48.205 m<sup>3</sup>, e um volume de solo contaminado de 107100 m<sup>3</sup> (solo: 107.000 m<sup>3</sup> ≅ 150.000 t)”. IC 01/96.*

Segundo **IC 01/96**, a composição dos resíduos era da seguinte ordem: Alcatrão queimado: 23.145 m<sup>3</sup>, Resíduos compostos: 10.425 m<sup>3</sup>, Lodo de PTA: 3.000 m<sup>3</sup>, Alcatrão adiponitrila: 9.635 m<sup>3</sup>, Resíduos metálicos: 2.000 m<sup>3</sup>. Os principais contaminantes existentes nos resíduos eram Fenóis: 128 t, Cobalto: 9,2 t, Benzeno: 0,052 t, Cianeto: 2,9 t.

Em função da contaminação do local, o Ministério Público celebrou, junto com a Rhodia, seu comprometimento de não vendê-lo antes de concluídas as medidas de descontaminação, ou seja, de promover a descontaminação do solo, subsolo e lençol freático. O parecer da Cetesb emitido em 04/10/2001, baseado em resultados físico-químicos de amostras, aponta que no solo e subsolo da propriedade da Rhodia foram detectados: **(IC 01/96)**

*“MTBE (Metil terci-butil Eter) no solo sob as valas 3 e 4 e sob os tanques 2,3,4,5 e 7. Sob o tanque 7 está a maior concentração (21 mk/kg), e há indícios que praticamente todo o contaminante infiltrado já esteja no aquífero.*

*Fenol: maiores concentrações determinadas sob as valas 3 e 4,*

*Óleos e Graxas: altas concentrações detectadas sob os tanques 2,3 e 5, mesmo os tanques 2 e 3 estando com camada basal asfáltica, o que impediria vazamentos, e sob as valas 2,3 e 4, chegando esta última a 16.750 mg/kg, sendo que o valor médio considerado natural é de 10 mg/kg,*

*Cumeno: detectado em todas as amostras; pontos de maior concentração: sob as valas 3 e 4 chegando esta a 2.088 mg/kg.*

*Os Poços de Monitoramento (PM-9 e PM-10) apresentam valores elevados de cobalto encontrado a mais de 3 m de profundidade,*

*Os solos com maiores concentrações de poluentes orgânicos encontram-se nas seguintes áreas: sob os tanques 2,3 e 5, e sob as valas 2,3 e 4 (IC 01/96).*

#### **Parecer da Cetesb sobre águas subterrâneas:**

*“Sob a vala 2 o manganês foi detectado em concentrações 1.000 vezes maiores que o padrão de potabilidade da portaria do Ministério da Saúde; a explicação é que o manganês foi deslocado da estrutura dos solos pelos metais e lixiviados a partir dos resíduos.*

*Sob todos os tanques e valas de disposição de resíduos da AERI detectou-se elevadas concentrações de MTBE, benzeno, tolueno, etilbenzeno, cumeno e fenol; para o fenol, a concentração chegou a 5.461.000 µg/l no PM-04.*

*Sob o tanque 1, apesar da área possuir camada asfáltica, apresentou-se altas concentrações para os compostos orgânicos citados acima. Sob ao tanques 2 e 3 que também possuem camada asfáltica, as concentrações de benzeno e fenol nas águas subterrâneas é alto.*

*Poços mais comprometidos com o benzeno: PZ 04, PM 04, PM 08, PM 18, PM 19, PZ 11,*

*Poços mais comprometidos com o cumeno: PZ 04, PM 04, PM 19, PZ 11,*

*Poços mais comprometidos com o MTBE: PM 04 (160.000 µg/l), PZ 01 e PZ 07, ocorrem picos nos poços: PM 20, 21, e 22, e PB 06,*

*Poços mais comprometidos com fenol: PM 04, PZ 03, PZ 04, os quais estão sob influência direta da vala 4, e PZ 11 que está a jusante da AERI, próximo à vala 1”.*

**(IC 01/96).**

Foram realizadas coletas e análises químicas nos anos 1998 e 1999. O diagnóstico para a área da AERI foi a instalação, em caráter emergencial, de uma barreira horizontal drenante para a proteção das nascentes próximas, e uma barreira hidráulica com bombeamento dos poços, enviando água para a estação de tratamento de efluentes. Algumas áreas foram liberadas para realização de confinamento geotécnico, e para outras a Rhodia deverá remover os resíduos, tratar o solo e o aquífero. Segundo o **Parecer Técnico** a situação atual ainda é pendente e sem projeto de remediação completo.

*“Os lodos das ETEs Orgânicos, Fenolados, os resíduos das AERI (Área de Estocagem de Resíduos Industriais) e do Reservatório BO2 deverão ser analisados para identificar suas características. O lodo da Fenolados (16.000 t) deverá ser retirado de suas valas de depósito, e seu solo e lençol freático analisados” (IC 01/96).*

Segundo o **Parecer sobre o 11º Relatório**, em amostra colhida em 1998 no lodo da ETE orgânicos constatou-se a presença de níquel estabilizado em concentrações que não oferecem riscos de migração para o lençol freático. O lodo gerado no ETE fenolados foi caracterizado, removido e enviado para a co-incineração em fornos de cimento da Tecnosol – RJ, e a vala foi coberta com argila. Atualmente está sendo incinerado de acordo com o CADRI., cumprindo as obrigações com o TAC.

Consta, no mesmo Parecer, que o solo e lençol freático da área da unidade fenol apresenta contaminação. Uma barreira hidráulica instalada há vários anos foi reformulada no ano 2000 com a instalação de várias bombas mais potentes e, em 2002, mais três poços de bombeamento foram instalados em áreas onde se encontram as maiores concentrações de fenol.

Ainda segundo o Parecer, a característica de contaminação do subsolo desta área merece atenção tanto quanto ou mais que na área da AERI, pois a planta de fenol localiza-se às margens do Ribeirão Anhumas, próximo à foz no rio Atibaia. Observa-se que a pluma de contaminantes não apresenta sinais de redução persistente, embora seja considerada contida pela ação do bombeamento, contribuindo pouco para com a poluição do Atibaia. A situação atual é pendente e sem projeto de remediação definitiva e eficaz.

Os resíduos estocados no Tanque BO2 foram caracterizados e enviados para co-processamento na empresa Transforma (170 t.). O **Parecer Técnico** sugere cópias dos certificados de destinação ou recebimento e de destruição para todos os lotes dos passivos.

*“Os resíduos perigosos estocados no Armazém de Resíduos deverá ter outro destino; o aquífero de seu entorno e da Bacia de Cal deverá ser monitorado. Deverá haver descontaminação do subsolo e do lençol freático da Unidade Fenol, e o aquífero da Área de Tanques deverá ser monitorado também para controle de eventuais vazamentos” (IC 01/96).*

Os tambores de resíduos do Armazém Álcool foram analisados em 1998 e o passivo eliminado. Coletas realizadas em 1999, 2000 e 2001 no lençol freático das proximidades do Armazém de Resíduos não apresentaram irregularidades.

No solo e lençol freático próximo à Bacia de Cal, foram realizados vários estudos, coletas e análises químicas, mas não houve consenso técnico entre o Ministério Público, a Cetesb e a empresa sobre as medidas a serem adotadas na área. Esclarecemos que ela apresenta elevada concentração de sulfato no lençol freático, próximo à lagoa e ao rio Atibaia, encontrando-se pendente esta obrigação com o TAC.

### 5.3 Bann Química

Empresa química localizada no distrito industrial de Paulínia, limita-se ao Norte pelo rio Atibaia, pela empresa Liquid Carbonic e a linha ferroviária da Fepasa; ao Sul pela rodovia Roberto Moreira e por propriedades particulares, a Leste também por propriedades particulares e pela Rhodiaco, e a Oeste pela rodovia Roberto Moreira (**IC 02/97**).

Ela produz em sua unidade de Paulínia, segundo seu o sítio eletrônico<sup>1</sup>, hidrogênio, corantes (índigo blue utilizado na indústria têxtil para a produção do jeans azul), Aminas (compostos orgânicos derivados da Amônia) como nitrobenzeno, anilina, ciclohexilamina, dicitoclohexilamina, o-toluidina, e outros como o ácido antranílico e sulfito de sódio.

O Termo de Ajustamento de Conduta firmado em 12/6/98 entre a Promotoria Pública do município de Paulínia e a Empresa, através do **Inquérito Civil 02/97**, estabeleceu compromissos a fim de reduzir as emissões e os impactos no que diz respeito:

#### a) Ao ar:

Enquanto não estiver implantado o gás natural, a empresa deverá utilizar, para a queima em suas caldeiras, óleo combustível com baixos teores de enxofre para redução das emissões de SOx e MP, deverá aperfeiçoar medidas de controle de emissões fugitivas ou pontuais, especialmente de nitrobenzeno e as emissões provenientes da lagoa de tratamento.

---

<sup>1</sup> [http:// www.bann.com.br](http://www.bann.com.br)

## **b) Às Águas:**

O sistema de tratamento de efluentes líquidos deverá ser aperfeiçoado e/ou implantado a fim de não alterar o padrão de qualidade do corpo receptor; deverá comprovar a eficiência da ETE para que o efluente final enquadre-se aos parâmetros legais no que diz respeito principalmente ao fenol, fenóis, chumbo, cianeto livre e total, nitrogênio amoniacal, DBO, DQO, cloreto, condutividade, sólidos dissolvidos totais (TDS), temperatura e oxigênio dissolvido; em caso de paralização da ETE a empresa deverá parar a produção e/ou a geração de efluentes (**IC 02/97**).

## **c) Ao Solo, Subsolo e Águas Subterrâneas:**

*“A Bann Química deverá implementar um plano de tratamento e/ou destinação final de todos os resíduos sólidos, líquidos e pastosos, perigosos ou não. Deverá armazenar adequadamente os resíduos perigosos de acordo com a norma ABNT, NBR12235/88. Os tanques de armazenamento deverão estar providos de bacias de contenção de vazamentos, e a empresa deverá implantar sistemas adequados para carga e descarga de caminhões a fim de impedir vazamentos e/ou derramamento de produtos químicos”.*

**(IC 02/97)**

Estabeleceu-se, através do TAC (**IC 02/97**), que a Empresa deverá implantar um Estudo de Avaliação Ambiental no solo e no aquífero onde existe área contaminada ou com suspeita de contaminação, nas áreas dos tanques, nas antigas e atuais áreas de estocagem de resíduos, na área onde foi depositada terra com lixívia e áreas de nascentes de água, além de realizar um estudo hidrogeológico da área de influência do sítio, além das lagoas de tratamento.

### **5.3.1 Acompanhamento do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC)**

Atendendo o Inquérito Civil (**IC 02/97**), avaliou-se a operacionalidade da ETE, num perfil de 24 horas em 28/1/99, coletando-se amostras de água e sedimentos no rio Atibaia nos seguintes locais:

Ponto 1: entrada da ETE,  
Ponto 2: saída da ETE,  
Ponto Montante: limite de propriedade com a Rhodia,  
Ponto Jusante: limite com as chácaras.

A análise de sedimentos detectou que não há indicações claras do comprometimento das águas do Atibaia após lançamento do efluente da Bann, porém, há indicativos de enriquecimento com substâncias fenólicas dos sedimentos que se encontram sob a influência do efluente. O sedimento coletado a montante era rico em material argiloso, e o coletado a jusante era rico em areia, material que não favorece a adsorção de orgânicos e metais **(IC 02/97)**. Concluiu-se que

*“a concentração de amônia no efluente final está em torno de 200 ppm (50 vezes o valor máximo permitido pela legislação). As substâncias fenólicas excedem o parâmetro da legislação (30 vezes acima) e também em SOx. Requer-se a melhoria na performance da ETE pois também apresenta problemas quanto a remoção de cianeto (40 vezes acima do valor CONAMA)” (IC 02/97).*

No acompanhamento da ETE entre 29 de junho a 20 de dezembro de 1999, a variação dos principais componentes foram da seguinte ordem: cianeto entre 3 e 20 vezes o máximo permitido, e amônia entre 7 e 41 vezes o máximo permitido.

### **5.3.2 Solo, sub solo e lençol freático:**

Foram coletadas amostras em 10 poços de monitoramento (PM) e 4 amostras do solo em pontos distintos. No processo consta a seguinte observação:

*“Valores anômalos de condutividade nos poços PM 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 10, Valores de sulfato: PM 4 (198 mg/l), PM 7 (700 mg/l), PM 8 (455 mg/l), O poço de monitoramento PM 6 apresenta compostos de benzeno, cloretos, carbonatos, cianeto total e nitratos, encontrando-se acima da portaria 36 do Ministério da Saúde” (IC 02/97)* Além disso, observou-se que os poços foram construídos fora dos padrões da Cetesb e ABNT.

### 5.3.3 Sobre a análise de resíduos contidos no solo:

*“Amostras coletadas em 8/2/1999 apresentam refratários, BPF + areia + diesel, borra orgânica, e resíduos sem identificação;*

*Nos refratários, o valor obtido para o fenóis da massa bruta ultrapassa o valor de referência – resíduo enquadrado como classe II,*

*BPF + areia + diesel: areia contaminada por óleo – classe I,*

*Borra orgânica: presença de 28900 ppm de fenóis na massa bruta. Classificado com classe I,*

*Resíduo sem identificação: presença de 6290 ppm de fenóis na massa. Classificado como classe II” (IC 02/97).*

### 5.3.4 Sobre o lençol freático e o solo:

As avaliações sobre a qualidade do aquífero e do solo nas dependências da Bann Química realizada em 07 e 11 de fevereiro de 1999 indicaram que:

*“em alguns pontos há contaminação severa dos recursos hídricos causados por compostos inorgânicos como sódio, sulfeto e cianeto. Detectou-se também a presença de compostos orgânicos como anilina, nitrobenzeno, fenóis, tolueno, xileno e/ou etilbenzeno. Baseado na portaria 36 do Ministério da Saúde estas águas são consideradas como contaminadas e a contaminação não está confinada em um único ponto, mas sim distribuída em uma grande área, avançando sobre a mata ciliar do rio Atibaia numa velocidade de 15 a 36 m/ano” (IC 02/97).*

Segundo consta no **Inquérito Civil (IC 02/97)**, a perícia avaliando o solo da antiga lagoa de infiltração considerou ser viável uma ação de descontaminação deste solo; calculou que para cada metro de solo do fundo da lagoa haja aproximadamente 10 kg de cianeto e de 12 kg de anilina. A partir desta constatação, decidiu-se pelo fechamento da lagoa, pela análise mensal do rio em duas profundidades, analisando as concentrações de anilina, nitrobenzeno e carbono orgânico dissolvidos(COD). Além disso, decidiu-se iniciar a instalação de poços de bombeamento para conter a migração da pluma subterrânea em direção ao rio.

“O resultado de análises de amostras em 01/agosto/2001 indicou que vários pontos do lençol freático ainda apresenta contaminação severa; Anilina e o nitrobenzeno foram detectados em concentrações severas nos poços PM-06, 12, 14 e 15. Verificou-se aumento da concentração destes orgânicos particularmente nos meses de abril a junho especialmente nos poços PM-14 e 15. As análises de 12/dezembro de 2001 no rio Atibaia não apresenta contaminação mensurável de anilina e nitrobenzeno no rio Atibaia, mas o poço de bombeamento (PB) PB-02 apresenta contaminação de anilina e os poços PB-03, 04, 05, 06 e 07 ainda apresentam contaminação da anilina e nitrobenzeno. Os poços de bombeamento têm a finalidade de extrair água do lençol freático, envia-lo à ETE para promover a descontaminação” (IC 02/97).As quantificações estão dispostas na **Tabela 5.3**.

**Tabela 5.3** Inventário de remoção de nitrobenzeno, anilina e carbono orgânico dissolvidos (COD), dos poços de bombeamento para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)

10 de janeiro de 2001				
Poços de Bombeamento	Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	COD (g/dia)	Anilina (mg/dia)	Nitrobenzeno (mg/dia)
PB-1	13,2	1.740,0	0,224	660,0
PB-2	4,4	6.190,0	23.800,0	1.760,0
Total de Remoção		7.930,0	23.800,0	2.420,0
15 de maio de 2001				
Poços de Bombeamento	Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	COD (g/dia)	Anilina (mg/dia)	Nitrobenzeno (mg/dia)
PB-1	3,8	1.220,0	< 0,038	< 0,038
PB-2	1,8	659,0	20.300,0	13.860,0
PB-2, 4,5,6 e 7	6,8	2.140,0	17.000,0	63.900,0
Total de Remoção		4.019,0	37.300,0	77.760,0

Extraído de: IC 02/97

## 5.4 Shell Química

Um dos mais graves casos de contaminação de pessoas, do solo, subsolo, água e ar com repercussões nacional e internacional ocorridos na região diz respeito ao “Caso Shell”. O Ministério Público do Estado de São Paulo, através da Promotoria de Justiça de Meio Ambiente de Paulínia, instaurou em 24/7/95 um **Inquérito Civil (IC 001/95)** visando apurar a auto denúncia de contaminação do solo e aquífero na área da empresa.

Segundo esse inquérito (IC 001/95), na década de 70 a Shell Brasil S/A instalou, no município de Paulínia, uma Unidade Industrial para a produção de defensivos agrícolas incluindo

inseticidas organoclorados Aldrin, Endrin e DDT. Na época a empresa sintetizava produtos organofosforados, realizando a queima e incineração de vários resíduos, dentre os quais, os organoclorados.

Em 1993 a empresa vendeu a Unidade de Produção de Agrotóxicos para a empresa American Cyanamid Co e o Grupo Royal Dutch/Shell que, para efeito de venda, estabeleceu como requisitos, uma auditoria ambiental. Em 1995 a Shell vendeu parte da propriedade também para a Cyanamid, que foi revendida à empresa Basf em janeiro de 2000. Até o final do ano 2000 a Shell já não mais exercia qualquer atividade na área na qual funcionavam três empresas: a Basf, a Cyanamid e a Kraton.

A Auditoria Ambiental realizada pela empresa ERM (Environmental Resources Management Inc.) concluiu pela existência de contaminantes no solo e lençol freático, e algumas Unidades Produtivas e de Utilidades foram consideradas as fontes poluidoras: a Unidade de Síntese de Inseticida (OPALA), Unidade Torque, Pátio de Tanquagem de Solventes, Tratamento Biológico, Bacias de Evaporação e Incinerador de Líquidos.

Baseado nos resultados da auditoria, a Shell promoveu a auto-denúncia à Promotoria, celebrando ambas as partes um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) visando ações preventivas e corretivas. Uma dessas ações foi a implantação de uma barreira hidráulica para evitar o avanço da pluma de contaminação contida na água subterrânea em direção ao bairro residencial Recanto dos Pássaros localizado a aproximadamente 30 metros da Unidade Fabril.

Como parte do monitoramento, a Shell coletou amostras de água de poços em cinco chácaras no bairro para análise no laboratório Adolfo Lutz, cujos resultados indicaram contaminação por bactérias coliformes. Devido a isso, a empresa passou a fornecer água para a população das chácaras.

Em fevereiro de 2000 estudos adicionais indicaram a contaminação dos poços por poluentes químicos e, em janeiro de 2001, resultados de amostras analisadas em laboratório confirmaram a presença de organoclorados (drins) em 3 poços. No mês de fevereiro de 2001, a empresa de consultoria holandesa Haskoning orientou a Shell a realizar um monitoramento mais

abrangente, quando foi detectada a presença de metais pesados (níquel, cobre, zinco, chumbo, alumínio, e arsênico), produtos organoclorados (drins) e óleos minerais.

O Relatório da Perícia indicada pela Promotoria de Meio Ambiente, que consta no Inquérito Civil (**IC 001/95**), foi realizado através de vistorias nas empresas Basf e Kraton. Além disso, foi feito levantamento de documentos históricos para investigar a correlação entre poluentes encontrados nas análises de sangue dos moradores das chácaras Recanto dos Pássaros e os poluentes na indústria Shell Química, como também as eventuais fontes de poluição do ar, água e solo existentes nos processos produtivos das duas empresas. O relatório constatou que:

*“ A empresa Shell operou com dois (2) incineradores e um poço de queima, sendo que o incinerador de prefixo F-5501 operou durante 16 anos (1977 a 1993) na queima de resíduos sólidos diversos (varrição geral, restos de embalagens, material de manutenção, equipamentos de segurança individual dos operadores, etc.);*

*O incinerador de prefixo F-5502 operou durante 12 anos (1985 a 1997) na queima de resíduos organoclorados sólidos e líquidos na fábrica IONOL e amostras descartadas do laboratório de análise química.*

*Existia também um poço de queima que operava na descontaminação de tambores de embalagens de produtos químicos diversos. Convém ressaltar que os incineradores foram desativados pela empresa Shell por não atenderem as exigências técnicas da CETESB (adequação aos padrões de emissão).*

*A estocagem e o manuseio de matérias primas, produtos e resíduos, realizadas de forma inadequada (áreas ao ar livre sem sistema de controle de poluentes e desprovida de pisos e sistemas de contenção), aliada à própria disposição inadequada de resíduos no solo, inclusive cinzas do incinerador, resultaram na imediata poluição do ar, solo e posteriormente das águas subterrâneas dessas áreas...”* Bacia de evaporação, Unidade Opala, Aterro e Perímetro. (**IC 001/95**).

*“Observamos que na época não houve preocupação em se realizar análise de dioxina e furanos, o que veio a ser exigido recentemente (2001) pelo Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente e cujas coletas e amostras deverão ser realizadas em Novembro de 2001.*

*Observamos ainda, que a Shell utilizou assim como as empresas que a sucederam continuam utilizando uma série de matérias primas e insumos básicos, cuja composição química detalhada não consta nos Memoriais de Caracterização de Empreendimentos, documento este, exigido para análise da Licença de instalação da CETESB. As informações ali constantes se limitam aos nomes comerciais desses produtos.*

*Esse é um item de extrema relevância, pois as análises até aqui realizadas se limitam às amostras de solo e água subterrânea, sem levar em consideração que a contaminação do meio ambiente externo da indústria ocorreu até 1993 com mais ênfase através das emissões atmosféricas. A partir dessa data a contaminação do ambiente externo da indústria já operada por outras empresas vem também ocorrendo através das emissões atmosféricas das unidades em operação, porém sob a responsabilidade de novos proprietários (BASF e Kraton) e pelas emissões remanescentes de poluentes (organoclorados e metais pesados) das áreas contaminadas pela empresa SHELL, primordialmente através das águas subterrâneas.*

*Este fato fica mais evidente quando verificamos que os resultados de análises recentes, realizadas nas amostras coletadas pelo Ministério Público no dia 22/05/2001, **em uma das matérias primas (resíduos importados das indústrias de celuloses dos Estados Unidos) e utilizada até 1993 pela SHELL e posteriormente pela BASF em sua cadeia produtiva, revelaram entre outros poluentes a presença de Cádmio (2,49 µg/g), Manganês total (30 µg/g) e Zinco (59,9 µg/g)** (grifos nossos).*

*O levantamento industrial realizado pelo Ministério Público também revelou que a Unidade Opala operada pela Shell de 1974 até 1993, continua agora sendo operada sob a responsabilidade da empresa BASF. Constatamos que durante o manuseio da matéria prima ocorre emissão de material particulado (cianeto) na atmosfera e no processo de*

*síntese, emissões de gases incondensáveis de Cloreto de Metila (~4 t/d) e 1,2 dicloroetano (~500 kg/d). Não existe nem nunca existiu na Unidade Opala qualquer sistema de controle de poluentes para as emissões de vapores incondensáveis de cloreto de metila e 1,2 dicloroetano.*

*No que concerne ao sistema de exaustão do lavador de gases para controle das emissões de cianeto, este se encontra inadequado desde o início da operação da unidade. Observamos que a emissão proveniente do manuseio desses poluentes é significativa, chegando a formar uma camada de pó sobre o piso da unidade.*

*Tendo em vista que as operações com sais de cianeto ocorre no piso superior da Unidade de síntese de inseticida (OPALA) a uma altura de +/- 25 metros, gradativamente esse poluente é arrastado pela ação dos ventos, tendo como corpo receptor final áreas internas e externas a Indústria. Essa constatação demonstra que a população vem sendo exposta de forma crônica a essas emissões da Unidade Opala durante 24 horas conforme relacionado: Shell (1977 a 1993), Basf (1993 a 2001).*

*Para se ter idéia do grau de insalubridade, a permanência de pessoas nesse setor da unidade, exige o uso de máscaras autônomas, pois a exposição aos sais de cianeto agride os olhos, causando um imediato lacrimejamento. Constatamos ainda alguns discos de rupturas e válvulas de segurança e pressão direcionadas para a atmosfera, o que implica na poluição do ar quando da eventual abertura desses sistemas.*

*Convém frisar, que parte desta conformidade já havia sido apontada como resultado do diagnóstico ambiental realizado em 1993 pela firma de auditoria Environmental Resources Management Inc, objetivando levantamento do passivo ambiental para efeito da venda da fábrica da Shell para a empresa American Cyanamid Co e o Grupo Royal Dutch/Shell. Porém, não houve por parte da Shell e da firma (BASF) que a sucedeu, qualquer atitude para sanar essas irregularidades...” (IC 001/95)*

*“... este estudo da ERM aliado às constatações “IN LOCO” nos permite sustentar que, desde a década de 70, portanto durante 27 anos a população residente no bairro Recanto*

dos Pássaros, situado a menos de 30 metros dos limites da área industrial, vem sendo submetida de forma crônica às emissões desses e de outros poluentes presentes nas matérias primas e produtos elaborados.

*Convém ressaltar, que não podemos utilizar padrões de saúde ocupacional na avaliação de exposição desses moradores, pois sua permanência no local ocorre 24 hs por dia e, diferentemente dos operários da Shell e sucessoras, fazem parte dessa população pessoas idosas, crianças, pessoas doentes e mulheres grávidas, além do que essas pessoas não recebem adicional de insalubridade.*

*Em áreas, cujo solo encontram-se contaminados por resíduos organoclorados (DRINS) e/ou metais pesados, além de poluir as águas superficiais e subterrâneas, são também consideradas fontes de poluição do ar, resultando na emissão de compostos orgânicos voláteis e materiais particulados (poeiras fugitivas), este último devido a ação dos ventos. Convém lembrar que os ciclodienos (Aldrin e outros), têm absorção dérmica e respiratória muito importante...” (IC 001/95)*

*“... causa estranheza o fato da empresa Shell ter fornecido água potável aos moradores do Recanto dos Pássaros, alegando que as cacimbas dessas chácaras estavam contaminados por bactérias coliformes, as quais não tem qualquer correlação com seu processo industrial.*

*Esse fato fica mais estranho, quando alguns anos após tornar pública essa sua benemerência, deixando claro para a sociedade e autoridades que a população não estava mais bebendo essa água, vem a público e revela que esses poços agora estão contaminados por Drins. A impressão que fica é que a Shell já sabia dessa possibilidade de contaminação por Drins, porém se a tornasse pública estaria assumindo a responsabilidade desses moradores estarem bebendo água contaminada por Drins, principal impressão digital do seu processo industrial...”*

*“... Cruzando alguns dos elementos químicos orgânicos e inorgânicos presentes nas matérias primas, insumos básicos, produtos elaborados e resíduos sólidos e líquidos da*

*Shell e das firmas que a sucederam com os contaminantes encontrados nos exames de sangue dos moradores de Recanto dos Pássaros verificamos que existe a seguinte correlação* **Parecer Técnico sobre a contaminação dos moradores do bairro residencial Recanto dos Pássaros – Paulínia SP. – (IC 001/95)**

**Quadro 5.2** População contaminada por poluentes oriundos da Shell Química

<i>POLUENTES</i>	<i>MORADORES CONTAMINADOS</i>	<i>ORIGEM</i>	<i>OBSERVAÇÕES</i>
Aldrin (94%)	20 pessoas contaminadas com Aldrin, sendo 25% crianças	Processo e resíduo Shell	Produtos: Aldrin, Termitel, Aldrex 400
Dieldrin	-----	Gerado em reação secundária, durante o processo de oxidação do Aldrin	Poluente persistente residual no solo de 5 a 25 anos
Endrin (96%)	4 pessoas contaminadas com Endrin, das quais 3 são crianças	Processo e resíduos Shell	Manipulava 11.330 t/ano de Endrin (fonte CETESB)
Endosulfan	2 pessoas	Processo e resíduo Shell	-----
DDT Diclorodifenil tricloroetano	44 pessoas	Processo e resíduo Shell	Formulava: Toxafeno – DDT 3.100 t/ano e DDT3.409 t/ano (fonte CETESB)
Zinco	22 pessoas (10% crianças)	Matérias primas entre as quais o DITHAN M-45 90% Produto Organometálico que contém zinco e manganês na forma de composto	Esse metal pesado também foi encontrado na análise efetuada nos resíduos da indústria de celulose e papel matéria prima da Shell e Basf
Arsênio	94 pessoas (33% crianças)	Processo e resíduo Shell	Herbicida Orgânico Bladotyl (triasina + arseniacais); MSMA 480 (grupo químico arseniacais orgânicos)
Manganês	1 pessoa (operário da Shell)	Matéria prima Shell e empresas sucessoras	Encontrado no Dithan M 45 90% e nas amostras recolhidas pelo assistente técnico do MP nos resíduos da indústria de celulose matéria prima utilizada pela Shell e Basf
Chumbo	60 pessoas contaminadas (65% crianças)	Elemento químico presente nos resíduos da Shell	Metal pesado cumulativo
Cobre	13 pessoas (15% crianças)	Shell e firmas sucessoras	Matérias primas dentre as quais (Oxicloreto de cobre para formular DIRIAC 400), utilizada pela Shell; COBOX utilizada pela Basf e Cuprosan Azul PM utilizada pela Cyanamid
Alumínio	50 pessoas (38% crianças)	Resíduos Shell	Encontrado no solo e poços de monitoramento de águas subterrâneas no interior da Shell

Extraído de: Parecer Técnico sobre contaminação dos moradores do bairro residencial Recanto dos Pássaros Paulínia SP. (IC 001/95)

A **Figura XIX** mostra imagem aérea da Shell e Recanto dos Pássaros.

**Figura: XIX:** A Shell e o Recanto dos Pássaros. Ao fundo a Replan



Extraído de: Balarini, e Carvalho Filho. (2000)

### **5.5 Despacho de resíduos**

Na sociedade atual, industrial e tecnológica, uma das práticas freqüentes empregadas pelas técnicas capitalistas de produção está relacionada com o “marketing ambiental” o qual associa à indústria a imagem de comprometimento ambiental. A propaganda enganosa de alguns setores industriais visa acobertar ou minimizar a pressão com respeito a uma intensa degradação ambiental decorrente de suas atividades, ou torná-las imunes às críticas através da despoluição. **(Figueiredo, 1994).**

*“ A despoluição é um eufemismo que acoberta o deslocamento de poluentes, de preferência, para além das fronteiras. As chaminés sobrelevadas despoluem o Ruhr e a Grã-Bretanha, mas a neve suja cai na Escandinávia” (apud Sachs, I. in: Figueiredo, 1994:39).*

Dentre as práticas de despoluição, se insere a reutilização e/ou aproveitamento energético dos resíduos industriais utilizados como matéria prima secundária:

*“ O aproveitamento energético direto dos resíduos tem sua expressão máxima na conversão térmica. Nesta modalidade de processamento, uma parcela dos componentes da massa de resíduos, aquelas que apresentam boas características para a queima, é tratado como combustíveis de centrais térmicas”... “a argumentação apresentada pelos defensores desta modalidade é forte por somar “benefícios” importantes nos dias atuais, quais sejam, a geração de energia e a “solução” de processamento para uma parcela dos resíduos sólidos. No entanto, de analisarmos a miúdo, essas técnicas carregam em seu bojo, sérios problemas de concepção que se contrapõem à sustentabilidade ambiental do planeta”. (Figueiredo, 1994: 66).*

Portanto, tratam-se de problemas de ordem tecnológica em função das dificuldades de queima de elementos complexos e heterogêneos encontrados nos resíduos, da presença de elementos tóxicos ou explosivos no sentido de garantir a integridade dos trabalhadores e da instalação, de garantia da qualidade dos efluentes gerados, etc. (Figueiredo, 1994).

No Brasil, 8 grandes incineradores com capacidade total instalada de 51.900 t/ano prestam serviços a terceiros. O incinerador instalado na fábrica Ely-Lilly (Elanco) em Cosmópolis, próximo a Paulínia, possui uma capacidade de queima de 12.000 toneladas/ano ou 23% da capacidade instalada no país.

O despacho de resíduos para utilização ou queima em outras regiões é uma prática em muitos setores industriais. A Shell, e posteriormente a Basf, que comprou sua unidade fabril em Paulínia, importava resíduos de indústrias de celulose americanas incrementando o nível de contaminação na área da indústria e arredores; da mesma forma, empresas instaladas em nossa região e outras do Brasil “resolvem” parte de seus problemas, no que diz respeito aos resíduos, despachando-os para a queima em cimenteiras.

A Replan inclui dentre as propostas de descontaminação das áreas ATP, “landfarming” e sítio Tambaú, o envio de resíduos e solo contaminado com óleos e graxa acima de 20%,

contendo também TPH, BTEX, e PAH, para a queima em cimenteiras. A Rhodia envia o lodo da ETE fenolados para a incineração em fornos de cimento da empresa Tecnosol no estado do Rio de Janeiro.

As fábricas de cimento no Brasil e, particularmente, na região Metropolitana de Belo Horizonte, queimam, além de combustíveis tradicionais, resíduos industriais tornados combustíveis complementares em seus fornos de clínquer. Dentre os resíduos industriais e petrolíferos destacam-se lamas de estação de tratamento de efluentes, solventes usados, óleos lubrificantes queimados, borras oleosas, borras de tintas, de retíficas, borracha, coque de petróleo, plásticos, etc. (Santi, 2003).

Santi (2003) lista, em seu trabalho, uma série de indústrias que despacham seus resíduos para as cimenteiras da região de Belo Horizonte. As aqui instaladas, estão listadas abaixo:

Empresas da região que despacham seus resíduos para a queima em fornos da fábrica de cimento Holcim Brasil no município de São Leopoldo entre 1999 e 2002

*Bandag do Brasil* – instalada em Campinas – produz bandas de borrachas para recapagem de pneus. Despacha tiras de borracha, rebarbas (resíduo classe II) em sacos de ráfia dentro de big-bags, via carreta aberta. Disponibilidade 40 t/mês, estoque 400 t.

*Indústrias instaladas em Sumaré e Hortolândia* despacham sabão queimado decorrente de processo de trefilação, resíduo classe II, via caminhão em big-bags, sacos ou tambores. Geração: 12 t/mês. Também são despachados óleos usados obtidos de caixas coletoras de lavagens de peças com crostas, serragem impregnada com óleo e jateamento de rolos trefilados (resíduo classe I), geração 150 t/mês.

Indústrias destes mesmos municípios despacham tortas de ETE obtidas por filtro-prensa (resíduo classe I) via caminhão graneleiro ou carga seca, dispostos em sacos ou tambores. Geração 600 t/mês.

Empresa da região que despacha seus resíduos para a queima em fornos da fábrica de cimento Camargo Correa no município de São Leopoldo entre 1999 e 2002

*Bann Química* – Paulínia – despacha resíduo de piche MBT (resíduo classe I), obtido de mercaptobenzetiol, acelerador da vulcanização da borracha via caminhão com tanque de aquecimento. Geração 40 t/mês e estoque 2000 t.

Empresa da região que despacha seus resíduos para a queima em fornos da fábrica de cimento SOEICOM no município de Vespasiano entre 1999 e 2002

*Ultragás* – Paulínia – despacha borra de tinta, resíduo de jateamento de botijões (resíduos classe I). Geração 12 t/ mês e estoque 270 t.

*Mangels* – unidades em Paulínia, Goiânia/GO, Canoas/RS, Duque de Caxias/RJ – pó de granalha, obtido de unidades de recuperação de botijões (resíduo classe I), despachado como carga seca via caminhão, em tambores de 200 litros. A empresa despacha também de suas unidades localizadas nesses municípios, e da unidade de Três Corações/MG, borra de ETE (resíduo classe I) via caminhão em tambores de 200 litros.

*Bann Química* – Paulínia – despacha resíduo de piche MBT (resíduo classe I), obtido de mercaptobenzetiol, acelerador da vulcanização da borracha via caminhão com tanque de aquecimento. Geração 200 t/mês e estoque 2000 t.

*Buckman Laboratórios* – Sumaré – despacha borra de ETE (resíduo classe I) obtido da borra de CRU, borra de destilação e material filtrante via caminhão em bombonas de plástico de 100 litros.

*Dow Corning do Brasil* – Sumaré – despacha selante curado oriundo de testes de laboratório e limpeza de equipamentos (resíduos classe I), geração 12 t/mês. Bolo de filtro prensa obtido de óleos de silicone no setor de polímeros (resíduo classe III), geração 10 t/mês. Material contaminado por silicone, resíduo de silicone LPO, fluido e emulsão de silicone (resíduos classe II), obtidos da limpeza de máquinas e equipamentos, geração 12 t/mês.

## 5.6 Os acúmulos:

Segundo o Plano de Bacias Hidrográficas 2000-2003, síntese do relatório final, **(CBH-PCJ)**, existem na UGRHI-PCJ para depósitos de resíduos industriais, 10 aterros particulares, sendo 1 destinado a receber resíduos Classe I e 9 para receber resíduos Classe II; 1 *landfarming* para uso do proprietário, 1 incinerador em operação (Ely-Lilly) e 2 em fase de licenciamento. Alguns aterros municipais também recebem resíduos industriais (Limeira, Valinhos, Bragança Paulista e Várzea Paulista); dos lixões, 9 recebem resíduos industriais e não há controle nem fiscalização em outros lixões e aterros.

A situação da região é muito crítica no que diz respeito ao destino do lixo industrial; de acordo com o jornal **Folha de São Paulo**<sup>1</sup> de 29 de abril de 2001, as indústrias de Paulínia tornam-na o 2ª maior município produtor de lixo tóxico do Estado, gerando 7% do total, atrás apenas do polo industrial do Cubatão.

Um dos motivos da intensa contaminação ao meio ambiente deriva-se do fato que, na macro região de Campinas, concentram-se 10% das indústrias químicas do Estado, fruto de um crescimento industrial desordenado, extrapolando em muito a capacidade física da região em absorver-las, e acrescido à falta de uma fiscalização efetiva dos aterros, dos lixões que não deveriam existir, na falta fiscalização dentro das próprias indústrias, seus locais de depósitos, nos locais de tanquagem, nas águas de lavagens, ETDIS, etc. que poderiam efetivamente ser realizados pelo Poder Público através da Cetesb e Prefeituras.

A Cetesb identifica 37 áreas contaminadas envolvendo o solo e lençol freático na região de Campinas, sendo que 22 dessa áreas estão sob responsabilidade das indústrias, 10, de postos de gasolina e 5, do comércio (**Folha de São Paulo**<sup>2</sup>). Em 09 de maio de 2003 o mesmo jornal, **Folha de São Paulo**<sup>3</sup>, veiculou reportagem denunciando mais 7 novas áreas ao lado da Replan, que abrigam um conglomerado de empresas de distribuição de combustíveis (a Shell, Texaco,

---

<sup>1</sup> Margarido, Ana Paula. Paulínia é a 2ª maior produtora de lixo tóxico. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 29 de abril de 2001. Folha Campinas, página C1.

<sup>2</sup> Região registra 37 áreas contaminadas. **Folha de São Paulo**, Campinas, 22 de maio de 2002. Folha Campinas, página C5

<sup>3</sup> Da redação. Paulínia tem mais sete áreas contaminadas. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 09 de maio de 2003. Folha Campinas, página C1.

Esso, Ipiranga, Ipiranga Pool, Petrobras Distribuidora e Agip), contaminadas por derivados de petróleo, borras, chumbo. Segundo o presidente da Associação Paulinense de Proteção Ambiental, Henrique Padovani, o problema de contaminação do grupo de empresas existe desde 1993.

Em Santo Antônio da Posse, o aterro Mantovani, funcionando desde a década de 70, e mais três áreas próximas, estão contaminados por resíduos tóxicos industriais (**Folha de São Paulo**<sup>4</sup>) e, em Rafard, uma área de 175 mil metros quadrados localizada no centro do município a 100 metros da prefeitura pertencente à Rhodia, está contaminada por furfural, ácido sulfúrico, manganês, ferro e fenóis (**Jornal de Piracicaba**<sup>5</sup>). Em Santa Gertrudes, o polo cerâmico contaminou 7 lagoas por metais pesados com riscos para a população, e o antigo lixão de Paulínia, funcionando durante 20 anos, contaminou com metais pesados e fenol, o solo e lençol freático(**Folha de São Paulo**<sup>6</sup>).

É grande o número de áreas contaminadas. Algumas empresas encerram suas atividades no local, mudam-se, mas o passivo permanece, como é o caso da Shell em Paulínia, Rhodia em Rafard, a indústria de produtos químicos Proquima, que contaminou a área onde hoje está construído um conjunto habitacional em Campinas (**Folha de São Paulo**<sup>7</sup>).

No **Anexo III** destacamos algumas reportagens sobre problemas de poluição e contaminação, na região.

---

<sup>4</sup> Da redação. Cetesb encontra mais 3 áreas contaminadas. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 27 de janeiro de 2003. Folha Campinas, página C1

<sup>5</sup> Andrioti, Marcelo. Rhodia contamina área no centro de Rafard. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 17 de abril de 2003. Cidades, página A-4

<sup>6</sup> Pinheiro, Diogo. Saúde analisa se população foi contaminada. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 23 de julho de 2003. Folha Campinas, página C1

<sup>7</sup> Pinheiro, Diogo, Rossit, Mário. Funcionário de construtora fará exames. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 30 de maio de 2002. Folha Campinas, página C1.

## 5.7 Conclusões

O capítulo demonstra através de análises de inquéritos civis instaurados pela Promotoria Geral de Justiça, o perigo e a importância das contaminações ocorridas no solo, subsolo e lençol freático no município de Paulínia, decorrentes de estocagens e depósitos realizados de forma inadequada pelas empresas analisadas.

A gravidade que se apresenta revela-se na exposição de pessoas aos produtos tóxicos, e no potencial de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Uma das medidas de saneamento é a contenção das plumas de contaminantes pela instalação de barreiras físicas horizontais bloqueando a vazão básica, seguida de bombeamento das águas subterrâneas para tratamento.

Nos casos analisados, a interferência do Ministério Público foi de importância fundamental, por obrigar as empresas a remediarem áreas contaminadas, a elaborarem novas rotinas de procedimentos para evitar novas contaminações, e exigir tratamento adequado dos resíduos, lodos e terras.

Entretanto, em que pese a ação das empresas, motivadas pelos inquéritos, a região de Paulínia ainda apresenta graus de contaminação no solo, subsolo e água subterrânea, pois os pareceres técnicos da assistência à Promotoria indicam que ainda há várias situações pendentes nos procedimentos da Replan e da Rhodia, não obstante, ressalte-se, as ações já adotadas.

Com relação às ocorrências na Bann Química, o capítulo não dispõe os pareceres atuais sobre as remediações feitas para a descontaminação das áreas afetadas. Porém, a empresa fechou uma lagoa de tratamento de efluentes para estancar a infiltração no lençol freático, e instalou bombas para extrair e tratar águas subterrâneas com o objetivo também de evitar a propagação da pluma de contaminantes ao rio Atibaia.

Com relação a Shell Química, as análises limitaram-se à descrição do parecer técnico do perito assessor da Promotoria, revelando a intensidade da contaminação provocada por essa empresa na população vizinha, na insalubridade a que estavam submetidos alguns de seus

trabalhadores, na poluição atmosférica decorrente do tratamento inadequado de seus produtos, da contaminação do solo, subsolo e lençol freático em função de suas atividades.

O capítulo também indica, através de reportagens da mídia escrita, alguns episódios de contaminação de lixões, aterros e outros locais, muitos ocorrendo há várias décadas, revelando que o destino do lixo industrial produzido na região é um problema não resolvido, o que constitui um sério desafio pelas características apresentadas por esses rejeitos.

Dentre os procedimentos de recuperação de áreas, ou medidas de não-deposição, ou de não-tratamento dos resíduos na própria região, inclui-se a transferência para a co-incineração em cimenteiras, transferindo para outros locais o problema de poluição aqui gerado.

Se as regiões onde se instalam essas cimenteiras são depositárias de produtos perigosos ou não aqui produzidos, nossa região também é depositária dos resíduos que aqui são queimados no incinerador da Elanco, por exemplo, ou pela transferência de rejeitos de indústrias de celulose americanas, utilizados no processo pela Shell e, posteriormente, pela Basf.

Finalmente, é possível concluir que a região apresenta problemas sérios de contaminação em várias áreas, algumas remediadas pelas empresas através da atuação do Poder Público, outras em processo de remediação, e outras ainda sem solução. Conclui-se também que a transferência de resíduos para locais diversos é uma prática estabelecida.

## **CAPÍTULO 6 – SITUAÇÃO DO RIO JAGUARI-PIRACICABA E SEUS AFLUENTES**

### **Apresentação**

A região de análise é um trecho da Bacia do Rio Tietê, mais especificamente um trecho da sub-bacia de seu principal afluente à direita, o rio Piracicaba.

A Bacia do Rio Piracicaba pode ser considerada como uma “bacia furada”, ou não íntegra, devido às transposições de grandes vazões de águas para outras bacias, o que prejudica e impõe riscos de desabastecimento em vários municípios. Além das transposições, os três rios principais Atibaia, Jaguari e Piracicaba sofrem muitas interferências em seus fluxos, que estão segmentados pelas inúmeras usinas hidrelétricas instaladas ao longo do século XX, algumas das quais, desativadas.

As nascentes do rio Jaguari localizam-se nas encostas da Mantiqueira, em Minas Gerais, nos municípios de Camanducaia, Extrema, Itapeva e Toledo. Ao longo de seu trajeto recebe dois importantes afluentes, sendo o primeiro o rio Camanducaia, mas perde também expressivo volume de água para o Sistema Cantareira; fornece água e recebe esgotos de municípios em expansão como Bragança Paulista e outros e, em Americana, recebe o segundo importante afluente, o rio Atibaia, sendo denominado, a partir da junção, de rio Piracicaba.

Seguindo seu percurso, agora sob o nome de rio Piracicaba, desemboca no rio Tietê fazendo parte de sua bacia, portanto, e ambos formam a represa de Barra Bonita. Na verdade, a foz do Piracicaba está inundada por parte do reservatório, o qual foi construído em 1963 para gerar energia elétrica para a CESP, com potência nominal de 104,6 MW.

A represa se estende por 310 km<sup>2</sup>, e encontra-se bastante eutrofizada pela carga orgânica recebida da Região Metropolitana de São Paulo e da recém-criada Região Metropolitana de Campinas, mais as cidades Limeira, Piracicaba e Rio Claro.

Ultimamente houve movimentos promovidos pela CESP quando a empresa ainda era estatal, acrescidos de empresas interessadas na construção de uma barragem e uma eclusa em Santa Maria da Serra, para tornar o rio Piracicaba navegável a partir do distrito de Ártemis, tornando-o uma extensão da Hidrovia Tietê-Paraná.

Essa construção, se ocorresse, inundaria várias áreas, provocando a perda de cultura de cana, de vegetação paludosa, vegetação arbórea, vegetação nativa, áreas de pasto, além de parte da área urbana de Ártemis (**Moreno, 2001**), com reflexos em todo o trecho do rio até o Salto e a cidade de Piracicaba.

A análise a ser realizada neste capítulo compreende a seguinte área: um trecho delimitado por parte da região conurbada de Campinas, os municípios de Americana, Campinas, Cosmópolis, Hortolândia, Nova Odessa, Paulínia, Santa Bárbara d'Oeste, Sumaré, Valinhos e Vinhedo, mais os municípios de Limeira e Piracicaba.

Nesta região demarcada, os três rios principais, Atibaia, Jaguari e Piracicaba, bem como os ribeirões e córregos que neles deságuam, são afetados pelas retiradas e despejos de águas e esgotos realizados pelos municípios e indústrias, o que provoca grandes interferências nos corpos d'água, alterando suas vazões naturais.

No capítulo são investigadas as explorações de águas subterrâneas na região, indicando que atingem porcentagens significativas em relação à Bacia.

Também são estimadas algumas vazões de captação e despejo realizadas por municípios e indústrias, o potencial de cargas orgânicas recebidos pelos corpos d'água superficiais, a qualidade dessas águas, indicando que o trecho em análise apresenta altos índices de poluição e degradação.

## 6.1 Bacia do Rio Piracicaba:

A Bacia do Rio Piracicaba abrange 45 municípios com área de 11.313 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo e cerca de 1.300 km<sup>2</sup> no Estado de Minas Gerais, localizando-se entre os paralelos 22°00' e 22°30' de latitude sul, e os meridianos 46°00' a 48°00' a oeste de Greenwich, pertencendo à Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos 5 (UGRHI 5), composta pelas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Relatório Zero, 1999).

A UGRHI 5 limita-se ao norte com a bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçú (UGRHI 9), a leste com o Estado de Minas Gerais, ao sul com a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (UGRHI 6), a sudeste com a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (UGRHI 2), a oeste com a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10), e, finalmente, a noroeste com a Bacia dos Rios Tietê/Jacaré (UGRHI 13) (Relatório Zero, 1999).

A precipitação média anual da Bacia é em torno de 1.400 mm, sendo 1.800 mm a precipitação do lado Leste, onde se localiza a Serra da Mantiqueira, e em torno de 1.300 mm em sua parte Oeste, apresentando clima sub-tropical com temperaturas médias anuais entre 18° e 22°C (Pellegrino, 1998).

O período entre os meses de outubro a março é considerado úmido, com precipitação mensal média de 300 mm, sendo que as máximas precipitações ocorrem entre os meses de dezembro e janeiro. O período seco compreende os meses de abril a setembro, com precipitação média por volta de 20 mm (Pellegrino, 1998).

A taxa média de crescimento demográfico da Bacia durante o período entre 1991 e 2000 foi de 9,2%; o Censo de 2000 registrou a população de 3.440.123 habitantes. A região delimitada para esta investigação comportou uma população de 2.512.168 habitantes, ou seja 73% da população da Bacia do Rio Piracicaba, apresentando uma taxa de urbanização em torno de 97,7%.

## **6.2 Definição de trechos críticos dos corpos d'água da região em relação à Bacia do Piracicaba, e subdivisões para gerenciamento.**

O relatório **Estabelecimento de metas ambientais e reenquadramento dos corpos d'água: Bacia do Rio Piracicaba**, elaborado pela Secretaria do Meio Ambiente (SMA, 1994), propõe a Compartimentalização Ambiental, o que significa a análise de trechos de sub-bacias que apresentam, no que diz respeito ao uso do solo e água uma certa homogeneidade, dividindo a Bacia do Piracicaba em doze Compartimentos. Para nosso estudo, cinco compartimentos estão localizados nas três sub-bacias que envolvem os doze municípios acima discriminados:

- **Sub-bacia do Atibaia:** - C.PAN - (Compartimento Pinheiros/Anhumas): Valinhos, Vinhedo, parte de Campinas e Paulínia, - C.SGR - (Compartimento Salto Grande),
- **Sub-bacia do Jaguari:** - C.PPI – (Compartimento Pires/Pirapitingui): Cosmópolis, Holambra e Artur Nogueira,
- **Sub-bacia do Piracicaba:** - C.TQU – (Compartimento Tatu/Quilombo): parte de Campinas, Hortolândia, Sumaré, Nova Odessa, Americana, Santa Bárbara d'Oeste, Limeira, Cordeirópolis, - C.PIR (Compartimento Piracicaba): Piracicaba, Iracemápolis e Rio das Pedras.

Devido à concentração urbana, a vazão de captação de águas superficiais nessas regiões atingiu 70% de toda a vazão de captação<sup>1</sup> da Bacia do Piracicaba assim distribuídos: Compartimentos Ambientais Pinheiros/Anhumas (32%), Tatu/Quilombo (19%), Pires/Pirapitingui (11%) e Piracicaba (8%) (SMA, 1994).

As demandas locais<sup>2</sup> representaram nos Compartimentos Tatu/Quilombo (33%), Pinheiros/Anhumas (29%), Piracicaba (14%) e Pires/Pirapitingui (2,3%), que somam 76% das demandas locais da Bacia (SMA, 1994).

---

<sup>1</sup> Vazão de captação: volume de água captado no compartimento incluindo-se o volume exportado para outros compartimentos,

<sup>2</sup> Demanda local: volume de água utilizado no compartimento excluindo-se as reversões para fora do compartimento.

O setor industrial imprimiu uma necessidade de vazão de águas superficiais para suas atividades, assim distribuídos por percentuais em relação à Bacia: Compartimentos Pinheiros/Anhumas (26%), Tatu/Quilombo (24%), Piracicaba (19%), Pires/Pirapitingui (18%) e Corumbataí (8%), representando a ordem de 95% da vazão industrial de toda a Bacia, sendo que 95% do uso consuntivo industrial localiza-se nos Compartimentos Piracicaba (31%), Tatu/Quilombo (25%), Pires/Pirapitingui (21%) e Corumbataí (18%) (SMA, 1994).

No setor agropecuário, 56% da vazão hídrica utilizada localiza-se nos Compartimentos Pires/ Pirapitingui (20%), Tatu/Quilombo (12%), Pinheiros/Anhumas (11%), Corumbataí (9,2%) e Piracicaba (3,7%) (SMA, 1994).

No que diz respeito às cargas poluidoras, o relatório da Secretaria do Meio Ambiente aponta que somente 4% das cargas urbanas eram tratadas. Das cargas residuais lançadas pelo setor urbano, 71% originam-se dos Compartimentos assim distribuídos: Tatu/Quilombo 34%, Pinheiros/Anhumas 21% e Piracicaba 16% (SMA, 1994).

As cargas industriais orgânicas lançadas nos corpos d'água representam, segundo o relatório, 47,2% das cargas orgânicas, e 87% desse total são lançados nos Compartimentos Tatu/Quilombo (34%), Pinheiros/Anhumas (16%) e Piracicaba (8%). De toda forma, de 80% das cargas poluidoras lançadas nos corpos d'água, o Compartimento Tatu/Quilombo recebe 49%, o Pinheiros/Anhumas 19% e o Piracicaba 12% (SMA, 1994).

O projeto **Watershed Management 2000 (SMA, 1999)**, fruto da Cooperação Brasil-Canadá elaborou um relatório técnico sobre a Bacia do Rio Atibaia, utilizando a metodologia de compartimentalização ambiental. Ele considerou que a análise dos problemas dos recursos hídricos por sub-bacias é insuficiente, e subdividiu a Bacia em 5 compartimentos descritos abaixo:

- **Compartimento 1 – Sistema Cantareira** - O chamado Sistema Cantareira é constituído pelas Bacias dos rios Atibainha e Cachoeira.

- **Compartimento 2 – Atibaia** - Compreende o trecho entre o Sistema Cantareira e a foz do ribeirão Jacarezinho, em Itatiba. Neste compartimento, localiza-se a represa de Atibaia, projetada para geração de energia elétrica, e a captação de aproximadamente 1,2 m<sup>3</sup>/s, em épocas de estiagem, pelo município de Jundiaí com fins de abastecimento, volume esse transposto para o rio Jundiaí.
- **Compartimento 3 – Jacarezinho/Pinheiros** - Localiza-se entre a foz do ribeirão Jacarezinho e a captação de Campinas. Nesse trecho há um aumento na densidade industrial e populacional (ocupação urbana), com significativa deterioração da qualidade das águas devido aos lançamentos de esgotos sanitários dos municípios de Itatiba, Vinhedo e Valinhos, além do lançamento de 5% dos esgotos de Campinas. Nesse trecho estão localizadas a represa de Salto Grande da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), e as captações de Campinas e Valinhos.
- **Compartimento 4 – Sousas** - Situa-se entre o início da captação de Campinas e término da captação da Rhodia, no município de Paulínia.
- **Compartimento 5 – Paulínia**- Situa-se entre a captação da Rhodia e a captação de Sumaré no município de Paulínia. O uso predominante das águas neste trecho é industrial devido ao polo industrial de Paulínia, em destaque a Replan. Neste compartimento deságua o ribeirão Anhumas, transportando 40% dos esgotos sanitários de Campinas, os esgotos de Paulínia e dos efluentes industriais.
- **Compartimento 6 – Reservatório de Americana** - Abrange o reservatório de Americana, início da captação de Sumaré e termina na junção do rio Jaguari, formando o Piracicaba.

O projeto constata que na Bacia do Rio Atibaia o predomínio do uso de águas superficiais localiza-se junto ao Pólo Petroquímico de Paulínia (Compartimento 5), e salienta que o regime hídrico do rio é acentuadamente perturbado por grandes retiradas de suas águas e devoluções a jusante após uso, ocasionando trechos intermediários críticos com relação à vazão e condições sanitárias.

A disponibilidade hídrica desse rio é muito impactada entre o ribeirão Anhumas e a captação de Campinas, situada a jusante do ribeirão Pinheiros. A disponibilidade  $Q_{7,10}^3$  atinge por volta de  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , podendo ocorrer situações mais severas (SMA, 1999).

Além do regime hídrico, o rio é afetado pelo lançamento de águas poluidoras domésticas e industriais, sendo que as cargas de origem domésticas geradas em 1998 estavam na ordem de 30 t/dia (98% dos efluentes domésticos lançados sem tratamento). Portanto, no que diz respeito aos Compartimentos Ambientais, a criticidade manifesta-se mais intensamente a partir do Compartimento 3, abrangendo os Compartimentos 4, 5 e 6, ou seja, esse trecho do rio é fortemente impactado também pelos seus afluentes: o córrego Jacaré e os ribeirões Pinheiros e Anhumas (SMA, 1999).

O **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2001 (Cetesb, 2002)**, adota a divisão da UGRHI 05 em três bacias hidrográficas para a avaliação da qualidade das águas: as Bacias dos Rios Capivari, Jundiaí e Piracicaba. Esta divisão visa uma análise compartimentada para gerenciamento em função do adensamento urbano, importância do parque industrial, e a integração dos sistemas de abastecimento com a Região Metropolitana de São Paulo.

O denominado **Relatório Zero (1999)**, que tem o nome oficial de Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Capivari, Piracicaba e Jundiaí, divide a UGRHI 5 em 9 sub-bacias desconsiderando a parte mineira. São elas: *Sub-Bacias do Alto Jaguari* (da divisa de Minas Gerais até a foz do Rio Camanducaia), *Rio Camanducaia* (da divisa de Minas Gerais até foz do Rio Jaguari), *Baixo Jaguari* (da foz do Rio Camanducaia até o Rio Piracicaba), *Rio Atibaia* (da divisa de Minas Gerais até Rio Piracicaba), *Alto Piracicaba* (confluência dos Rios Jaguari e Atibaia até foz do Rio Corumbataí), *Rio Corumbataí* (da nascente até a foz), *Baixo Piracicaba* (da foz do Rio Corumbataí até o Rio Tietê), *Rio Capivari* (da nascente até a foz) e *Rio Jundiaí* (da nascente até a foz) (**Relatório Zero, 1999**).

---

<sup>3</sup>  $Q_{7,10}$  = Vazão mínima anual média de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno, isto é, o tempo provável esperado para que o fenômeno ocorra novamente.

### 6.3 Transposição de águas inter-bacias

É complexo o uso das águas das sub-bacias, particularmente do rio Atibaia a partir da captação de Campinas e do rio Piracicaba nos municípios de Americana e Santa Bárbara d'Oeste. Nesta complexidade, o sistema hídrico formado pelos três principais rios em questão sofre impactos de várias ordens.

O primeiro deles diz respeito a alteração de suas vazões devido a transposições externas, uma delas provocada pela entrada em operação, no ano de 1975 e completada em 1982, do chamado Sistema Cantareira. O Sistema desvia cerca de 31 m<sup>3</sup>/s de águas da Bacia do Piracicaba e 2 m<sup>3</sup>/s da Bacia do Juqueri (represa de Mairiporã) para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), representando 56% do abastecimento de água para essa região e atendendo 60% da população (**Haach, 2000**).

A primeira etapa em operação drena águas dos rios Cachoeira e Atibainha através dos reservatórios Cachoeira, localizado no município de Piracaia, e Atibainha, localizado no município de Nazaré Paulista. A vazão dos dois rios é de 16 m<sup>3</sup>/s para a formação dos reservatórios sendo liberada a efluência mínima de 1 m<sup>3</sup>/s para o rio Atibainha e mínima de 3 m<sup>3</sup>/s para o rio Cachoeira, drenando portanto 12 m<sup>3</sup>/s para a RMSP. Na segunda etapa, drena pela represa do Jaguari, localizada nos municípios de Vargem, Bragança Paulista, Joanópolis e Piracaia, 19 m<sup>3</sup>/s de água (**Haach, 2000**).

Outras duas transposições externas importantes no sentido de esvaziamento dos recursos hídricos da Bacia do Piracicaba referem-se à captação de 1,2 m<sup>3</sup>/s de água do rio Atibaia, em épocas de estiagem, para o abastecimento do município de Jundiaí, localizado na Bacia do Jundiaí. Além disso, temos a captação no mesmo rio de aproximadamente 3,3 m<sup>3</sup>/s, para servir ao abastecimento de Campinas, remetendo 1,16 m<sup>3</sup>/s, na forma de esgoto, para a Bacia do Capivari (**Relatório Zero, 1999**). O segundo impacto importante refere-se às transposições internas realizadas na bacia.

### 6.3.1 Barragens do Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira é um conjunto de obras hidráulicas, como reservatórios, adutoras, canais, estações de bombeamento e outras estruturas, e é composto pelos reservatórios Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro, na bacia do Juqueri (**Azambuja, 2000**).

*Reservatório Jaguari:* O mais importante do Sistema e a maior represa de todas. Localiza-se a aproximadamente 80 km da RMSP. Foi concluído em 1981 e está conectado ao Reservatório Jacareí através de canais controlados por barramentos, sendo ambos operados como um grande reservatório. Características: vazão afluyente média: 20,6 m<sup>3</sup>/s, área de drenagem 1.057 km<sup>2</sup>, volume total 134.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

*Reservatório Jacareí:* Terceiro maior da bacia, com vazão afluyente média de 3,8 m<sup>3</sup>/s, área de drenagem 195 km<sup>2</sup> e volume total 917.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Dos dois reservatórios acima são retirados entre 19 e 20 m<sup>3</sup>/s.

*Reservatório Cachoeira:* Concluído em 1974, localizado perto da cidade de Piracaia e distante aproximadamente 65 km da RMSP. É ligado ao Reservatório Atibainha.

*Reservatório Atibainha:* Segunda maior represa da bacia, entrou em operação em 1974. Vazão afluyente média 6,1 m<sup>3</sup>/s, área de drenagem 305 km<sup>2</sup>, volume total 301.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Dos dois reservatórios são retirados 11 m<sup>3</sup>/s

*Reservatório Paiva Castro:* Localizado fora dos limites da Bacia do Piracicaba, no rio Juqueri. Vazão afluyente média 4,4 m<sup>3</sup>/s, área de drenagem 314 km<sup>2</sup>, volume total 35,8.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

## 6.4 Potenciais dos sistemas aquíferos da Bacia do Rio Piracicaba

Os sistemas aquíferos que ocorrem na bacia foram caracterizados em função da superfície, profundidade e condições de armazenamento. De acordo com **Lopes (1994)**, são caracterizados como:

**Cristalino:** Ocupa aproximadamente metade da bacia (45,38%), com área de 5.786 km<sup>2</sup>, estendendo-se da parte Leste até o alinhamento entre Campinas e Sto Antônio da Posse. A espessura do aquífero é de 170 m, as vazões potenciais dos poços variando em torno de 1 a 50 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 10 m<sup>3</sup>/h), e com profundidade variando entre 30 e 350 m (para planejamento 170 m).

**Itararé ou Tubarão:** Ocupa a faixa central da Bacia (16,76%), a partir do Cristalino até um alinhamento entre Rio das Pedras e Cordeirópolis, com área aproximada de 2.150 km<sup>2</sup>. A espessura do aquífero é de 350 m, as vazões potenciais dos poços em torno de 2 a 80 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 10 m<sup>3</sup>/h), com profundidade variando entre 100 e 400 m (para planejamento 300 m).

**Passa Dois:** Ocupa a parte Centro-Oeste e Oeste da Bacia (10,41%), a partir do alinhamento Oeste do aquífero Itararé até as proximidades de Corumbataí, Ártemis e Charqueada, com área de 1328 km<sup>2</sup>. A espessura do aquífero é até 220 m, com vazão potencial de poço, para planejamento, em torno de 10 m<sup>3</sup>/h, e profundidade variando entre 50 e 150 m.

**Botucatu:** Ocupa a parte Oeste da Bacia (14,86%) com área de 1.895 km<sup>2</sup>, sendo o principal aquífero em termos de reserva e produtividade. A espessura é de 200 m, as vazões verificadas dos poços em torno de 10 a 110 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 150 m<sup>3</sup>/h), e com profundidade de poço, para planejamento, de 180 m.

**Diabásio:** Ocupa pequenas porções no interior dos aquíferos Itararé/Tubarão e Passa Dois e na extremidade Oeste da Bacia, abrangendo área de 819 km<sup>2</sup> (6,42%); a espessura é de até 180 m com vazões potenciais dos poços entre 2 a 30 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 10 m<sup>3</sup>/h).

**Cenozóico:** Ocupa pequenas porções no interior do aquífero Itararé/Tubarão; possui área de 388 km<sup>2</sup> (3,04%) e interliga-se com o Diabásio na região de Campinas-Sumaré com espessura de 30 m, com vazões potenciais dos poços entre 1 e 35 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 5 m<sup>3</sup>/h), e com profundidade de poço, para planejamento, em torno de 30 m.

**Bauru:** Aquífero de pequena ocorrência na Bacia do Piracicaba, situa-se na parte oeste e noroeste com superfície de 144 km<sup>2</sup> (1,13%). A espessura do aquífero na bacia é de 50 m, vazão potencial do poço entre 1 a 5 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 5 m<sup>3</sup>/h) e profundidade de 50 metros.

**Serra Geral:** Também de pequena ocorrência, restringindo-se a oeste e noroeste da Bacia, com superfície de 243 km<sup>2</sup> (1,90%), com espessura de 80 m e poços com vazão entre 2 a 10 m<sup>3</sup>/h (para planejamento 5 m<sup>3</sup>/h) e profundidade de 50 m.

## 6.5 Disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas

A disponibilidade hídrica média da Bacia próxima a Piracicaba é de ~ 165 m<sup>3</sup>/s assim distribuídos: Sub-bacia do Atibaia: 35 m<sup>3</sup>/s, Sub-bacia do Jaguari e Camanducaia: 63 m<sup>3</sup>/s, Sub-bacia do Corumbataí: 22 m<sup>3</sup>/s, e Sub-bacia do Piracicaba: 45 m<sup>3</sup>/s. Essa disponibilidade total cai para ~ 40 m<sup>3</sup>/s em períodos de estiagem. Devido à transposição do Sistema Cantareira, a disponibilidade média é de 128 m<sup>3</sup>/s, sendo que nos períodos de estiagens mais severas reduz-se para ~ 34 m<sup>3</sup>/s (SMA, 1994).

Para se determinar essa disponibilidade, é necessário realizar o balanço hídrico, utilizando o princípio da conservação da massa em um determinado período. Portanto, a disponibilidade relaciona-se diretamente com a precipitação, evapotranspiração, escoamento total e básico, determinados através de modelos matemáticos aplicados em dados levantados em campo, compondo séries médias em intervalos anuais, mensais ou diários (Lopes, 1994).

A disponibilidade hídrica subterrânea ( $Q_{disp}$ ) na Bacia do Rio Piracicaba está estimada em aproximadamente  $19,37 \text{ m}^3/\text{s}$  sendo que a região analisada explota uma vazão de  $2,31 \text{ m}^3/\text{s}$  indicando uma sub-utilização (**Anexo IV**). Entretanto, o potencial dos aquíferos é considerado baixo por não apresentar características favoráveis a grandes retiradas em função de serem heterogêneos, descontínuos, e apresentarem baixa transmissividade, indicando limitação à exploração sistemática (**Lopes, 1994**).

### 6.5.1 Estimativa do número de poços em funcionamento

O chamado **Relatório Zero (1999)**, considera que o cadastramento de poços tubulares nas bacias da UGHRI 5 é insuficiente, assim como são insuficientes os dados necessários para a caracterização mais precisa sobre a quantidade total de água explotada. Para estimar o número de poços ativos e o total de água explotada, o Relatório utilizou a metodologia elaborada por **Lopes (1994)**, considerando os mesmos parâmetros e índices.

A metodologia estima o número de poços tubulares nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari em 1993 a partir do número de poços cadastrados em 1980 pelo DAEE, e dos cadastrados em 1992 pelo Instituto Geológico (IG) no município de Campinas, supondo que:

- Os dados obtidos pelos dois cadastramentos revelaram-se muito próximos da situação real,
- O índice de crescimento do número de poços no município de Campinas reflete o índice de crescimento do número de poços na região, pois o município espelha o desenvolvimento regional e,
- Considerando que o crescimento dos municípios não se realiza de forma homogênea, atribuiu-se um índice de ponderação relacionando o crescimento do número de poços ao crescimento populacional de cada município.

Segundo **Lopes (1994)**, embora o aumento de perfurações de poços nos municípios não se deva apenas às taxas de crescimento populacional, mas também a outros fatores circunstanciais (econômicos, industriais, etc.), a metodologia evita distorções maiores.

O **Relatório Zero (1999)** estimou, para o início do ano de 1999, em 4.500 o número de poços tubulares existentes nas Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari. Seguindo a mesma metodologia (**Anexo IV**), estimamos em 4.687 o número de poços para as mesmas bacias. Segundo do Relatório, a vazão total de água explorada era de 3,54 m<sup>3</sup>/s sendo 50% (1,8 m<sup>3</sup>/s) para uso sanitário, 46% (1,6 m<sup>3</sup>/s) para uso industrial, e 4% (0,14 m<sup>3</sup>/s) para uso agrícola.

Com base no **Anexo IV**, estimamos o número de poços tubulares existentes no ano 2000 para os doze municípios em análise. A vazão estimada de exploração de águas subterrâneas foi de 2,31m<sup>3</sup>/s, o que corresponde ~ 65% da água explorada da Bacia do Piracicaba e parte da Bacia do Capivari, considerando na totalidade os municípios de Campinas e Vinhedo.

Adotando os índices percentuais estabelecidos no **Relatório Zero (1999)** elaborado pelo CBH-PCJ, a distribuição da vazão explorada segundo o uso para a região estudada seria:

- Uso Sanitário - 50% do total explorado: 1,15 m<sup>3</sup>/s  
Usos para abastecimento público, condomínios, particular doméstico e recreação.
- Uso Industrial – 46% do total explorado: 1,06 m<sup>3</sup>/s  
Usos em saneamento da indústria e no processo industrial.
- Uso Agro-pastoril – 4% do total explorado: 0,09 m<sup>3</sup>/s  
Usos em irrigação e criação de animais.

### **6.5.2 Demanda x disponibilidade**

A **Tabela 6.1** indica as disponibilidades hídricas em épocas de estiagem de cada sub-bacia, e a disponibilidade total da Bacia do rio Piracicaba.

**Tabela 6.1** Disponibilidade de águas superficiais nas sub-bacias do rio Piracicaba

Sub-bacia	Qn (m <sup>3</sup> /s)		Qd (m <sup>3</sup> /s)	Qi (m <sup>3</sup> /s)	Qe (m <sup>3</sup> /s)	Qtotal (m <sup>3</sup> /s)	
	Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95%</sub>				Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95%</sub>
Camanducaia	3,75	5,59	-	-	-	3,75	5,59
Jaguari	9,13	13,62	1,00	-	2,20	7,93	12,42
Atibaia	7,32	11,01	3,00	1,17	2,31	9,78	12,87
Corumbataí	4,96	8,06	-	0,03	0,44	4,55	7,65
Piracicaba	26,93	41,62	-	2,67	0,02	29,58	44,27
Total	26,93	41,62	4,00	3,89	4,98	29,84	44,53

Extraído de: Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003, Síntese do Relatório Final – PCH-PCJ

Qn: vazões naturais correspondentes às contribuições dos trechos das respectivas sub-bacias, a jusante dos reservatórios do Sistema Cantareira

Qd: vazões descarregadas pelo Sistema Cantareira nos rios Jaguari e Atibaia

Qi: vazões provenientes de importações

Qe: vazões exportadas

Qtotal: vazão total

Q<sub>7,10</sub>: vazão de estiagem que representa a mínima média de sete dias seguidos e período de retorno de 10 anos,

Q<sub>95%</sub>: vazão de estiagem com 95% de permanência

Na **Tabela 6.2** estão dispostas as demandas segundo os usos, as disponibilidades nas épocas de estiagem, e as relações percentuais entre as demandas e as disponibilidades, considerando cada sub-bacia. Percebe-se a criticidade em relação à vazão mínima (Q<sub>7,10</sub>), exceto na sub-bacia do Camanducaia. Na bacia do Atibaia, a demanda supera a disponibilidade, na bacia do Jaguari a demanda atinge 91,8% da disponibilidade e, na bacia do Corumbataí, esta porcentagem é de 76,4%. Em relação às vazões Q<sub>95%</sub>, a criticidade também se manifesta, indicando, em ambos os casos, altos índices de reuso das águas.

**Tabela 6.2** Demanda de água para abastecimento público, industrial e irrigação, disponibilidades, e comparação entre demanda e disponibilidade nas sub-bacias e total da Bacia do Rio Piracicaba

Sub-bacia	Demanda (m <sup>3</sup> /s)				Disponibilidade (m <sup>3</sup> /s)		Demanda x Disponibilidade (%)	
	Público	Industrial	Irrigação	Total	Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95%</sub>	Q <sub>7,10</sub>	Q <sub>95%</sub>
Camanducaia	0,22	0,1	0,6	0,92	3,75	5,59	24,5	16,4
Jaguari	3,58	3,1	0,6	7,28	7,93	12,42	91,8	58,6
Atibaia	5,52	6,5	1,62	13,64	9,78	12,87	139,4	106,0
Corumbataí	1,71	0,9	0,88	3,47	4,55	7,65	76,7	45,3
Piracicaba	1,49	3,8	2,66	7,95	29,78	44,27	26,7	17,9
Total Bacia	12,52	14,4	6,36	33,28	29,84	44,53	111,5	74,7

Adaptado de: Plano de bacia Hidrográfica 2000-2003 Síntese do Relatório Final – CBH-PCJ

Q<sub>7,10</sub>: vazão de estiagem que representa a mínima média de sete dias seguidos e período de retorno de 10 anos,

Q<sub>95%</sub>: vazão de estiagem com 95% de permanência

## 6.6 Captação e despejos dos municípios e geração de esgoto doméstico

O Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá lista, em seu **Relatório Zero**, as vazões de retirada e despejos de águas superficiais e de esgotos nos municípios da Bacia; essas vazões estão dispostas nas **Tabelas 6.3, 6.4 e 6.5**.

**Tabela 6.3** – Vazões de retiradas de água dos municípios no Rio Jaguari e afluentes, despejo de esgotos rios Atibaia, Piracicaba e afluentes

Município	Manancial	Retirada (l/s)	Despejo (l/s)
Hortolândia	Rio Jaguari	568,0	nd
	Total Jaguari	568,0	--
Paulínia	Rio Jaguari	306,0	--
	Rio Atibaia	--	150,0 (Atibaia)
	Total Jaguari	306,0	--
Americana	Rio Jaguari	800,0	--
	Rib. Quilombo <sup>1</sup>	--	356,0 (Piracicaba)
	Total Jaguari	800,0	--
<sup>1</sup> Deságua no Rio Piracicaba			
Cosmópolis	Rib. Pirapitingui <sup>2</sup>	184,0	--
	Córr. Três Barras <sup>2</sup>	--	26,0
	Total Jaguari	184,0	26,0
<sup>1</sup> Deságuam no Rio Jaguari			
Limeira	Rio Jaguari	458,0	--
	Rib. Ág. da Serra <sup>3</sup>	--	16,0 (Piracicaba)
	Rib. da Graminha <sup>3</sup>	--	16,0 (Piracicaba)
	Rib. do Tatú <sup>1</sup>	--	16,0 (Piracicaba)
	Rib. dos Pires <sup>4</sup>	--	318,0
	Total Jaguari	458,0	318,0
<sup>1</sup> Deságua no rio Piracicaba			
<sup>2</sup> Deságuam no rio Jaguari			
<sup>3</sup> Deságuam no ribeirão Coqueiro que deságua no Piracicaba			
<sup>4</sup> Deságua no Rib. Pinhal que deságua no Rio Jaguari			

Adaptado de Relatório Zero (1999)

- Vazão total de água retirada do rio Jaguari e afluentes: 2.316,0 l/s
- Vazão total de despejo no Jaguari e afluentes: 344 l/s
- Vazão total de água retirada do Jaguari e despejo no Atibaia: 150,0 l/s
- Vazão total de água retirada do Jaguari e despejo no Piracicaba e afluentes: 404,0 l/s

**Tabela 6.4** – Vazões de retirada de água e recebimento de esgotos dos municípios no rio Atibaia e afluentes, despejos no rio Piracicaba e afluentes, e rio Capivari e afluentes

Município	Manancial	Retirada (l/s)	Despejo (l/s)
Paulínia	Atibaia	--	150,0
Campinas			
	Rio Capivari	367,0 (Capivari)	359,0 (Capivari)
	Córr. do Banhado	--	9,5
	Rib. Anhumas <sup>1</sup>	--	500,0
	Rib. Picarrão <sup>2</sup>	--	513,0 (Capivari)
	Córr. Sete Quedas <sup>2</sup>	--	2,5 (Capivari)
	Rib. Quilombo <sup>3</sup>	--	106,0 (Piracicaba)
	Córr. Samambaia <sup>4</sup>	--	89,0
	Córr. da Lagoa <sup>5</sup>	--	50,0 (Piracicaba)
	Córr. Boa Vista <sup>5</sup>	--	115,0 (Piracicaba)
Barão Geraldo	Rib. Anhumas <sup>1</sup>	--	54,0
Joaquim Egídio	Rib das Cabras <sup>6</sup>	--	3,0
Souzas	Rio Atibaia	3917,0	21,0
	Total Atibaia	3917,0	826,5
<sup>1</sup> . Deságua no Rio Atibaia <sup>2</sup> . Deságua no Rio Capivari <sup>3</sup> . Deságua no Rio Piracicaba <sup>4</sup> . Deságua no Rib. Anhumas que deságua no Rio Atibaia <sup>5</sup> . Deságua no Rib. Quilombo que deságua no Rio Piracicaba <sup>6</sup> . Deságua no Rib. Pinheiros que deságua no Rio Atibaia			
Sumaré			
	Rio Atibaia	500,0	--
	Rib. Hortolândia <sup>1</sup>	90,0 (Piracicaba)	--
	Córr. Pinheirinho <sup>1</sup>	60,0 (Piracicaba)	--
	Rib. Quilombo	--	104,0 (Piracicaba)
Nova Veneza	Rib. Quilombo	139,0 (Piracicaba)	7,0 (Piracicaba)
	Total Atibaia	500,0	--
<sup>1</sup> Deságua no Rib. Quilombo que deságua no Rio Piracicaba			
Valinhos			
	Córr. Atibaia	145,00	--
	Córr. Bom Jardim <sup>1</sup>	30,00	--
	Córr. São José <sup>1</sup>	67,00	--
	Córr. Atibaia	55,00	--
	Rib. dos Pinheiros	--	222,00
	Total	297,00	222,00
<sup>1</sup> . Deságua no Rib. Pinheiros que deságua no Rio Atibaia			
Vinhedo			
	Corr. Bom Jardim <sup>1</sup>	10,00	--
	Corr. Cachoeira <sup>2</sup>	58,0 (Capivari)	18,0 (Capivari)
	Rib. do Moinho <sup>3</sup>	110,0 (Capivari)	--
	Total Atibaia	10,0	--
<sup>1</sup> Deságua no Ribeirão Pinheiros que deságua no Atibaia <sup>2</sup> Deságua no Ribeirão 7 Quedas que deságua no Capivari <sup>3</sup> Deságua no Rio Capivari			

Adaptado de Relatório Zero (1999)

- Vazão total de água retirada do rio Atibaia e afluentes: 4.714 l/s
- Vazão total de água retirada do rio Piracicaba e afluentes: 289 l/s

- Vazão total de água retirada do rio Capivari e afluentes: 536 l/s
- Vazão total de despejo no Atibaia e afluentes: 1048,0 l/s
- Vazão total de despejo no Piracicaba e afluentes: 382 l/s
- Vazão total de despejo no Capivari e afluentes: 892,5 l/s

**Tabela 6.5** Vazões de retirada de água e recebimento de esgotos dos municípios no rio Piracicaba e afluentes.

Município	Manancial	Retirada (l/s)	Despejo (l/s)
Campinas	Quilombo	--	106,0
	Córrego da Lagoa	--	50,0
	Córrego Boa Vista	--	115,0
	Total	--	271,0
Americana	Piracicaba	570,0	--
	Quilombo	--	356,0
	Total	570,0	356,0
Sumaré	Piracicaba	289,0	--
	Quilombo	--	111,0
	Total	289,0	111,0
Limeira	Ribeirão Coqueiro	--	32,0
	Ribeirão Tatu	--	16,0
	Total	--	48,0
Santa Bárbara d'Oeste	Ribeirão dos Toledos	515,0	439,0
	Córrego do Molón	--	242,0
	Córrego Socega	--	86,0
	Piracicaba	--	8,0
	Total	515,0	775,0
Piracicaba	Ribeirão das Anhumas	5,0	--
	Corumbataí	2.350,0 (Corumbataí)	100,0 (Corumbataí)
	Piracicaba	800,0	1.887,0
	Ribeirão do Enxofre	--	200,0
	Ribeirão Guamium	--	51,0
	Ribeirão Piracicamirim	--	556,0
	Ribeirão Batistada	--	25,0
Tupi (Piracicaba)	Ribeirão Tijuco Preto	--	2,0
Guamium (Piracicaba)	Ribeirão Guamium	--	0,5
Sta Terezinha (Piracicaba)	Córrego das Ondas	139,0	42,0
Ártemis (Piracicaba)	Córrego do Ceveiro	22,0	--
	Piracicaba	--	14,0
	Total Município Piracicaba	966,0	2.877,0
	Total no rio Piracicaba	2.340,0	4.438,0

Adaptado de: Relatório Zero (1999)

A **Figura XX** indica a captação e despejo dos municípios expressos nas **Tabelas 6.3, 6.4 e 6.5**

FIGURA XX: CAPTAÇÃO E DESPEJO DOS MUNICÍPIOS

As **Tabelas 6.3, 6.4, 6.5** indicam, além das vazões de retiradas superficiais dos corpos d'água pelos municípios, as vazões de esgotos despejados, além disso, elas demonstram as transposições entre rios, córregos e ribeirões o que altera suas dinâmicas hídricas, fato melhor visualizado na **Figura XX**.

É possível perceber o impacto em alguns cursos d'água, principalmente o ribeirão Quilombo e o rio Piracicaba. Esse ribeirão recebe 738 l/s de esgoto dos municípios de Campinas, Americana e Sumaré. O Anhumas recebe 500 l/s de esgoto do município de Campinas, o ribeirão Pinheiros, que também deságua no rio Atibaia, recebe 222 l/s de Valinhos e o Pires, 318 l/s de Limeira. Os municípios de Campinas e Vinhedo exportam 892 l/s de esgotos para a bacia do Capivari, segundo os dados do Relatório Zero.

Ao considerarmos o volume de captação de água como sendo a demanda dos municípios, dois itens nos chamam a atenção: o volume de despejo de Santa Bárbara d'Oeste é maior que o de captação, e o volume de captação do município de Piracicaba é muito alto ao ser comparado proporcionalmente com outros municípios, aliado ao fato de que Piracicaba já não capta água de seu rio. A **Figura XXI** mostra o rio Corumbataí desaguando no rio Piracicaba.

**Figura XXI:** Rio Corumbataí desaguando no rio Piracicaba com fluxo para a direita



Foto: Newton Landi Grillo. 14/7/2003

### 6.6.1 Comparações entre o Plano de Bacia Hidrográfica 2000 –2003 e o Relatório Zero

Segundo o **Plano de Bacia Hidrográfica 2000 – 2003 – Síntese do Relatório Final** (PBH-SRF) elaborado pelo **CBH-PCJ**, o parâmetro de consumo de água (demanda) pelos dados levantados pelo Hidroplan é de 346 l/hab/dia, havendo um índice médio de perda de 36% devido a vazamentos e micromedições não registradas. Cerca de 97% da demanda atual é proveniente dos corpos d'água superficiais e 3% dos mananciais subterrâneos.

O mesmo relatório estimou para o ano 2000 em 13,4 m<sup>3</sup>/s (13.400 l/s) a demanda de água para abastecimento público nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, sendo que desse total, 3% seriam fornecidos por poços tubulares.

Com esses dados podemos inferir que, de acordo com esse relatório, a vazão de água explorada em 2000 para abastecimento público era de 0,402 m<sup>3</sup>/s. De acordo com o Relatório Zero, a vazão de água explorada em 1999 nas duas bacias era de 3,54 m<sup>3</sup>/s e, para uso urbano, a vazão era de 1,8 m<sup>3</sup>/s, constituindo-se, portanto em dados conflitantes para uma mesma base informativa.

### 6.6.2 Carga poluidora urbana

Os doze municípios que compõem a base de análise participam com 120.628 kg DBO/dia (74,7% da Bacia), com média de coleta de 77,5% e com porcentagem de tratamento em torno de 15%, tal como indica a **Tabela 6.6**.

**Tabela 6.6** População da região dos municípios analisados, atendimento a esgotos e carga poluidora gerada

Municípios	Concessão	População		Atendimento		População não atend.	Carga poluidora kgDBO/dia		Receptor	Sub-bacia
		Total	Urbana	Coleta %	Tratam. %		Potencial	Reman.		
Americana	DAE	182.084	181.650	81	72	34.513	9.809	5.233	Rib. Quilombo	PIR
Campinas	SANASA	967.921	951.824	84	7	152.292	51.398	48.981	S./Anh. (45%) Quilom. (15%) Cativ. (40%)	ATB PIR CAP
Cosmópolis	DAE	44.367	42.511	82	0	7.652	2.296	2.296	C.Três Barras	JAG
Hortolândia	Sabesp	151.669	151.669	4	0	145.602	8.190	8.190	C. Jacuba	CPV
Limeira	AL S/A	248.632	237.959	100	5	0	12.850	12.336	Rib. Tatu	PIR
Nova Odessa	CODEN	42.066	41.106	90	0	4.110	2.220	2.220	Rib. Quilombo	PIR
Paulínia	Sabesp	51.242	50.667	97	0	1.520	2.737	2.737	Rio Atibaia	ATB
Piracicaba	SEMAE	328.312	316.518	94	30	18.991	17.092	13.236	Rio Piracic., Piraçimir, Rio Corumb.	PIR PIR PIR
Sta Bárbara d'Oeste	DAE	169.735	167.574	88	1	20.109	9.049	8.985	Rib. Toledos	PIR
Sumaré	DAE	196.055	193.266	88	0	23.192	10.436	10.436	Rib. Quilombo	PIR
Valinhos	DAEV	82.773	78.319	69	0	24.279	4.229	4.229	Rib. Pinheiros	ATB
Vinhedo	SAEMA	47.104	46.063	53	70	21.649	2.487	1.749	Rib. Pinheiros Rio Capivari	ATB CPV
<b>Total</b>		2.511.960	2.459.136	77,5	15,4	453.909	132.793	120.628		

Adaptado de: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2001 (Cetesb, 2002)

Da **Tabela 6.6** podemos estimar que 453.909 habitantes da região, que é considerada uma das mais ricas do país, não têm seus esgotos coletados e convivem com aproximadamente 24.500 kg de DBO gerados diariamente. Em termos de poluição hídrica superficial, podemos discriminar as quantidades despejadas em cada sub-bacia:

O Rio Atibaia recebe 2.737 kgDBO/dia do município de Paulínia, 4.229 kg DBO/dia do Ribeirão Pinheiros e 22.041,5 kg DBO/dia dos ribeirões Samambaia e Anhumas, provenientes de Campinas, totalizando 29.007,5 kg DBO/dia, o que representa 24 % da região. Parte dessa carga orgânica será depurada na represa de Salto Grande (Americana); se, por um lado, alivia o rio Piracicaba, por outro provoca sua eutrofização.

O rio Jaguari recebe 2.296 kg DBO/dia (2% da região) do município de Cosmópolis através do córrego três Barras.

A carga recebida pelo rio Piracicaba pode ser discriminada pelos seus afluentes:

- Ribeirão Quilombo recebe dos municípios de Campinas, Americana, Sumaré e Nova Odessa 25.236 kg DBO/dia (21% da região),
- Ribeirão Tatu recebe 12.336 kg DBO/dia (10,2% da região),
- Ribeirão dos Toledos recebe 8.985 kg DBO/dia (7,5% da região),
- O município de Piracicaba despeja no rio e afluentes que cortam a cidade, ribeirão Piracicamirim e rio Corumbataí, 13.236 kg DBO/dia (11% da região).

A quantidade de 19.592,4 kg DBO/dia oriundos da cidade de Campinas, e 8.190 kg DBO/dia do município de Hortolândia são exportados para o rio Capivari, totalizando 27.782,4 kg DBO/dia (23% da região).

## 6.7 Captação e despejo industrial de águas

O Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ, 1999) indica em seu **Relatório Zero**, as indústrias de acordo com a importância de retirada e despejos de águas superficiais. Indicaremos, abaixo, as vazões de retirada e despejo de águas de 57 indústrias localizadas em na região de estudo. As **Tabelas 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10** apresentam dados sobre vazões de retiradas de água e despejos de efluentes das indústrias instaladas nas Sub-Bacias do Piracicaba.

Os principais cursos d'água na área de estudo são os rios Piracicaba, Atibaia, Jaguari, Camanducaia (afluente do Jaguari), Corumbataí (afluente de Piracicaba), Passa-Cinco (afluente do Corumbataí), e os ribeirões Quilombo, Toledos e Tatú (afluentes do Piracicaba), Claro (afluente do Corumbataí), Anhumas e Pinheiros (afluentes do Atibaia), Lava-Pés (afluente do Jaguari), e Tijuco Preto (afluente do Quilombo), que são agrupados nas respectivas sub-bacias.

**Tabela 6.7** Retiradas de água despejo de efluentes de indústrias instaladas em municípios da sub-bacia do Atibaia, na região

Atividade	Indústria	Município	Manancial	Retirada (l/s)	Manancial	Despejo (l/s)
Fertilizante	Galvani	Paulínia	Atibaia	41,6	---	---
			<b>Faz. Deserto<sup>1</sup></b>	<b>11,7</b>	<b>Faz. Deserto*</b>	<b>7,5</b>
Papel/Celulose	Rigesa	Valinhos	Córr. Ortizes <sup>2</sup>	41,7	---	---
			Rib. Pinheiros <sup>3</sup>	8,3	Rib Pin./Jardim <sup>4</sup>	36,1
	J. Bresler	Paulínia	Atibaia	166,7	Atibaia	141,7
<b>Petroquímica</b>	<b>Replan</b>	<b>Paulínia</b>	<b>Jaguari*</b>	<b>444,4</b>	<b>Atibaia</b>	<b>277,8</b>
Química	Du Pont	Paulínia	nd	nd	Atibaia	1,9
	Hércules	Paulínia	Atibaia	1,7	Atibaia	0,4
	Liquid Carbinic	Campinas	Atibaia	61,1	Anhumas <sup>5</sup>	61,1
	Rhodia	Paulínia	Atibaia	2347,2	Atibaia	2198,6
					Anhumas	27,8
	Zêneca	Paulínia	Atibaia	2,0	Atibaia	0,1
	Degussa	Americana	Atibaia	8,4	---	---
			<b>Piracicaba*</b>	<b>7,0</b>	<b>Piracicaba</b>	<b>2,5</b>
			<b>Total*</b>	<b>2.679,0</b>	<b>Total*</b>	<b>2745,0</b>

<sup>1</sup> Deságua no Quilombo, que deságua no Piracicaba  
<sup>2</sup> Deságua no Pinheiros  
<sup>3,4</sup> Deságuam no Atibaia  
\*Excluindo a captação da Replan no Jaguari, a captação e despejo da Galvani no Córrego Fazenda do Deserto e a captação e despejo da Degussa no rio Piracicaba

Adaptado de: Relatório Zero, (1999)

**Tabela 6.8** Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias instaladas em municípios da sub-bacia do rio Jaguari, na região

Atividade	Indústria	Município	Manancial	Retirada (l/s)	Manancial	Despejo (l/s)
Alimentos	Ajinomoto	Limeira	Jaguari	547,2	Jaguari	325,0
			Camanducaia	5,5	Camanducaia	4,5
Açúcar e Álcool	U. Ester	Cosmópolis	Pirapitingui <sup>1</sup>	3.810,7	Pirapitingui	437,2
Bebidas	Spal	Cosmópolis	Jaguari	55,0	Jaguari	22,0
			Cia Antarctica	Jaguariúna	Jaguari	333,9
	Citrosuco	Limeira	Rib. do Pinhal <sup>2</sup>	20,8	Rib. do Pinhal	41,7
Papel/Papelão	Papirus	Limeira	Jaguari	139,0	Jaguari	133,3
<b>Petroquímica</b>	<b>Replan</b>	<b>Paulínia</b>	<b>Jaguari</b>	<b>444,4</b>	<b>Atibaia*</b>	<b>277,8</b>
Química	Elly-Lilly	Cosmópolis	Jaguari	7,2	Jaguari	2,8
			Sanofi	Cosmópolis	Jaguari	3,6
Ração	Cargil	Jaguariúna	Jaguari	18,5	Jaguari	9,5
			<b>Total</b>	<b>5368,0</b>	<b>Total</b>	<b>1229,0</b>

<sup>1</sup> Forma a represa da Usina Ester e deságua no Jaguari  
<sup>2</sup> Forma a Represa do Tatu e deságua do Jaguari  
\* Excluindo o despejo da Replan no Atibaia

Adaptado de: Relatório Zero, (1999)

A vazão do rio Jaguari é influenciada pelo represamento na Barragem Jaguari e o desvio de 19 m<sup>3</sup>/s causado pelo Sistema Cantareira, pela usina hidrelétrica Geraldo Toste em Bragança Paulista, das hidrelétricas Jaguari, Macaco Branco e Engenheiro Bernardo Figueiredo em Pedreira, e da hidrelétrica Cachoeira (fora de operação), em Cosmópolis.

A vazão do rio Atibaia é afetada pelo desvio de 11 m<sup>3</sup>/s na represa do Atibaia provocado pelo Sistema Cantareira, e a captação de 1,2 m<sup>3</sup>/s para o abastecimento do município de Jundiá, além do represamento em Americana. É significativo o impacto causado por retiradas e despejos industriais nesse rio, destacando-se a Replan e a Rhodia, que o segmenta no sentido de alterar sua vazão ao retirar grande volume a montante e devolver, também em grande volume, a jusante.

**Tabela 6.9** Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias na sub-bacia do rio Corumbataí, na região

Atividade	Indústria	Município	Manancial	Retirada (l/s)	Manancial	Despejo (l/s)
Açúcar e Alcool	Costa Pinto	Piracicaba	Corumbataí <sup>1</sup>	278,0	Corumbataí	139,0
Frigorífico	Angelelli	Piracicaba	Corumbataí	7,5	Corumbataí	5,5
Papel/Embalag.	Comapa	Piracicaba	Corumbataí	14,0	Corumbataí	11,0
	Sta Luzia	Piracicaba	Corumbataí	2,3	Corumbataí	9,7
Química	Butilamil	Piracicaba	Corumbataí	458,5	Corumbataí	458,0
			<b>Total</b>	<b>760,0</b>	<b>Total</b>	<b>623,0</b>

<sup>1</sup> Deságua no Piracicaba

Adaptado de: Relatório Zero, (1999)

**Tabela 6.10** Retiradas de água e despejo de efluentes de indústrias na sub-bacia do Piracicaba, na região

Atividade	Indústria	Município	Manancial	Retirada (l/s)	Manancial	Despejo (l/s)
Alimentos	Minasa	Sumaré	Rib. Quilombo <sup>1</sup>	15,5	Quilombo	11,4
					Rib. Vermelho	1,0
Açúcar e Alcool	Furlan	S.B. d'Oeste	Rib. Lambari <sup>2</sup>	269,7	Rib., Lambari	198,5
	Sta Helena	Piracicaba	Piracicamirim. <sup>3</sup>	555,5	Piracicamirim	486,0
	São José	Rio das Pedras	Tijuco Preto <sup>4</sup>	50,0	Tijuco Preto	25,0
Mec/Siderurgia	Belgo	Piracicaba	Piracicaba	18,5	nd	Nd
	Caterpillar	Piracicaba	Córr. Figueira <sup>5</sup>	19,5	Córr. Figueira	1,8
Papel/Celulose	Limeira	Limeira	Rib. Tatú <sup>6</sup>	111,1	Rib. Tatú	114,4
	Markentil	Limeira	Rib. Tatú	19,4	nd	nd
	Ripasa	Limeira	Piracicaba	1.000,0	Piracicaba	639,0
	Klabin	Piracicaba	Piracicaba	18,0	Piracicaba	19,0
	Votorantim	Piracicaba	Piracicaba	228,0	Piracicaba	224,5
<b>Fertilizante</b>	<b>Galvani*</b>	<b>Paulínia</b>	<b>Faz. Deserto<sup>7</sup></b>	<b>11,7</b>	<b>Faz. Deserto</b>	<b>7,5</b>
Pneus	Goodyear	Americana	Piracicaba	50,0	Piracicaba	77,0
	Pirelli	Sumaré	Quilombo	5,0	Quilombo	6,4
Química	3M	Sumaré	Tijuco Preto <sup>8</sup>	2,8	Quilombo	2,6
	Buckman	Sumaré	Jacuba/Hort <sup>9</sup>	11,5	nd	nd
	<b>Degussa</b>	<b>Americana</b>	<b>Atibaia*</b>	<b>8,4</b>	---	---
			Piracicaba	7,0	Piracicaba	2,5
		Akso-Nobel	Americana	Piracicaba	8,4	Piracicaba
Têxtil	Fibra	Americana	Piracicaba	320,0	Piracicaba	310,0
	Bellan	Americana	Piracicaba	8,4	Piracicaba	6,7
	Distral	Americana	Córr. Parque <sup>10</sup>	16,7	nd	nd
	Tatuapé	Americana	Piracicaba	41,7	Piracicaba	33,4
	Bertie	Americana	Quilombo	7,0	nd	nd
	Jacyra	Americana	Quilombo	58,0	nd	nd
	Jolítex	Americana	Quilombo	3,2	Quilombo	2,0
	União Fabril	Americana	Faz. Angélica <sup>11</sup>	12,0	nd	nd
	Dahruj	Americana	Quilombo	12,5	Quilombo	9,7
	Feltrin	Nova Odessa	Quilombo	11,1	Quilombo	12,2
	Nova Odessa	Nova Odessa	Quilombo	12,5	Quilombo	0,8
					Córr. Bassara <sup>11</sup>	16,7
Tinturaria	Anhanguera	Americana	Piracicaba	1,8	Piracicaba	1,8
	Primor	Americana	Quilombo	4,4	Quilombo	4,6
	Tasa	Americana	Quilombo	8,4	nd	nd
	Walman	Americana	Piracicaba	5,0	Quilombo	5,0
	Wiesel	S.B.d'Oeste	Quilombo	31,4	Quilombo	41,7
	Canatiba	S.B.d'Oeste	Córr. Molón <sup>12</sup>	14,0	Córr. Molón	14,0
			<b>Total *</b>	<b>2.970,0</b>	<b>Total</b>	<b>2.345,0</b>

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12 Deságuam no Piracicaba  
8, 9, 10, 11 Deságuam no Quilombo  
\* Excluindo a captação da Degussa no Atibaia

Adaptado de: Relatório Zero, (1999)

Através das **Tabelas 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10**, elaboramos a **Figura XXII**, na qual constam as localizações industriais e locais de captações urbanas.

**FIGURA XXII**

**MAPÃO**

Das **Tabelas 6.7 a 6.10**, as demandas industriais de água nas sub-bacias podem ser agrupadas:

Captação de águas superficiais: 11,79 m<sup>3</sup>/s

Despejo em águas superficiais: 6,9 m<sup>3</sup>/s

## 6.8 Comparação de dados de captação industrial entre o Relatório Zero e outras referências

A Usina de Cogeração Anhanguera (UC Anhanguera) é um projeto não instalado na região cujo objetivo seria o de fornecer, de forma centralizada, vapor e energia a grandes indústrias localizadas nos municípios de Americana e Limeira. O Estudo de Impactos Ambientais de maio de 2002 (**EIA UC-Anhanguera**), apresenta dados de captação de água fornecidos pelas empresas, e são comparados com o Relatório Zero, **Tabela 6.11**.

**Tabela 6.11:** Captações hídricas industriais – comparação entre fontes

Entidade Co-participante	Outorga l/s (1)	Vazão Captada (l/s)		
			(1)	(2)
Goodyear do Brasil Produtos de Borracha Lda	50,00	superficial	28,94	50,0
		Concessionária	0,50	(*)
Têxtil Tabacow Ltda	não tem	poço	10,76	(*)
Ficap S.A.	não tem	poço	7,30	2,78
Ajinomoto Interamericana Indústria e Comércio	500,00	superficial	263,89	347,22
Polyenka Ltda	não tem	superficial	21,07	83,33
		Concessionária	0,00	(*)
Papirus	81,00	superficial	83,33	138,89
		poço	5,00	(*)
Santista Têxtil	41,70	superficial	32,78	(*)

(1) “Projeto Anhanguera de Co-Geração – Relatório de Avaliação do Uso e Abastecimento de Água”, Estudos Técnicos e Projetos - ETEP Ltda, Junho 2001  
(2) “Relatório de Situação de Recursos Hídricos da UGRHI 5”, CBH-PCJ  
(\*) Informação não constante no documento fonte

Extraído de: Estudo de Impactos Ambientais, maio 2002. Usina de Cogeração Anhanguera –Tabela parcial

O Relatório Usinas termelétricas de pequeno porte no Estado de São Paulo (**UTPPESP, 2001 - SP**), elaborado pela Comissão de Serviços Públicos de Energia do Estado de São Paulo, tal como já visto, reúne informações sobre o funcionamento de centrais termelétricas instaladas em indústrias no Estado de São Paulo, apresentando também dados de vazão de captação. A

**Tabela 6.12** apresenta dados comparativos sobre vazão de captação de águas superficiais entre o **UTPPESP (2001)** e o **Relatório Zero (1999)**.

**Tabela 6.12** Dados comparativos entre o UTPPESP e o Relatório Zero sobre vazão média de captação de águas superficiais em algumas indústrias na região

Indústria	Município	Manancial	Vazão de captação l/s	
			UTPPESP	Relatório Zero
Cia União de Refinadores de Açúcar e Café	Limeira	Poço	31,45	nd
Fibra	Americana	Rio Piracicaba	264,00	320,00
Replan	Paulínia	Jaguari	666,7	444,4
Rhodia	Paulínia	Atibaia	394,5	2.347,2

Adaptado de: Usinas termelétricas de pequeno porte no Estado de São Paulo, 2001, e CBH-PCJ, 1999

No Capítulo 3 (**Tabela 3.3**), foram feitas comparações entre os dados do UTPPESP e o Relatório Zero em relação as vazões de água captada em usinas de açúcar e álcool. No item 6.6.1 realizamos comparações entre o Relatório Zero e o relatório Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003, Síntese do Relatório Final. Percebeu-se que há grandes discrepâncias entre os dados referentes às captações de águas subterrâneas.

As discrepâncias notadas na **Tabela 6.8** (captação da Usina Ester), **Tabelas 6.11 e 6.12** (notadamente as captações da Rhodia e da Replan), poderiam ser explicadas pelo fato de que os dados do Relatório Zero não são consolidados, ou que as fontes de informações para outros relatórios não coincidem com as do Relatório Zero, ou que os dados fornecidos pelas empresas variem de acordo com o agente captador, ou pela utilização de metodologias divergentes.

## 6.9 Qualidade das águas e níveis de poluição em trechos da região

**Meletti (1997)** avaliou a qualidade da água e do sedimento na Bacia do Rio Piracicaba através de testes de toxicidade aguda em peixes. Os testes de toxicidade aguda são o primeiro passo para se entender os efeitos tóxicos de substâncias no sistema aquático; os chamados testes crônicos são o segundo passo e informam o nível de contaminação não prejudicial ao sistema.

Para avaliar a qualidade, foram coletadas água e sedimentos em seis pontos de amostragem na bacia: Ponto 1: Represa do Tatú, Ribeirão do Pinhal (região chamada Controle), a

500 m antes da captação de Limeira; Ponto 2: captação de Limeira, rio Jaguari; Ponto 3: captação de Americana no rio Piracicaba; Ponto 4: futura captação de Santa Bárbara d'Oeste e Ponto 5: captação de Piracicaba, ambos no rio Piracicaba; Ponto 6: captação de Sumaré, rio Atibaia, e Ponto 7: captação de Campinas no rio Atibaia.

Detectaram-se metais pesados, através de análises químicas nas seguintes concentrações: zinco na concentração de 0,160 mg/l em 12/1/96 e 2,520 mg/l em 24/5/96 em Limeira, 0,250 mg/l em 24/5/96, em Sumaré. Nas outras localidades as concentrações não ultrapassaram 0,054 mg/l, sendo o limite estabelecido por lei em 0,18 mg/l. Além disso, foi encontrado chumbo na concentração de 0,0510 mg/l em 19/1/96, em Sumaré, 0,02 mg/l em Americana (Meletti, 1997).

Detectou-se chumbo também em outros pontos coletados mas em concentrações menores, sendo o limite legal estabelecido em 0,03 mg/l. O cádmio foi encontrado em alta concentração, 0,0017 mg/l, em 19/1/96, em Sumaré. O limite legal é de 0,001 mg/l. A maior concentração de Níquel, 0,0064 mg/l, foi detectada em Santa Bárbara, em 19/1/96. O limite legal é de 0,025 mg/l (Meletti, 1997). Nas análises de toxicidade avaliadas em sedimentos, o resultado dos testes estão descritos no **Quadro 6.1**.

**Quadro 6.1** Toxicidade nas amostras de sedimentos nos pontos de coleta na Bacia do Piracicaba

Data*	19/1/96		24/5/96	17/10/96						18/11/96	
Organismos	P.s.		P.r.	P.r.			C.s.		H.b.		C.s.
Localidades	teste I	teste II	teste I	teste II	teste III	teste I	teste II	teste I	teste II	In situ	
Tatú (Controle)	NT	NT/BT	NT/BT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT/BT	
Limeira	BT	BT	NT/BT	MT	BT	NT	NT	NT	NT/BT	NT	
Americana	NT	BT	BT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	BT	
Piracicaba	MT	MT	NT	BT	NT/BT	NT	NT	NT/BT	NT/BT	—	
Santa Bárbara	BT	BT	NT/BT	NT	BT	NT	NT	NT/BT	NT	—	
Sumaré	AT	MT	NT	NT/BT	NT/BT	AT	AT	AT	AT	MT/AT	
Campinas	NT	NT/BT	NT	BT	NT/BT	NT	NT	NT	NT	—	

Extraído de: Meletti, (1997)

As datas se referem aos dias de coleta das amostras de sedimentos para os testes em laboratório, com exceção de 18/11/96, que é a data do início dos testes *in situ*. Os traços significam que não foram realizados testes *in situ* nos locais.

LEGENDA: NT = não tóxico

BT = baixa toxicidade

MT = média toxicidade

AT = alta toxicidade

P.s. = *Prochilodus scrofa*, P.r. = *Poecilia reticulata*, C.s. = *Cheirodon stenodon*, H.b. = *Hyphessobrycon bifasciatus*

Concluindo, os testes de toxicidade e análises químicas indicaram, segundo **Meletti (op. cit.)** condições críticas no rio Atibaia no ponto de captação de Sumaré, condições preocupantes no rio Jaguari próximo à captação de Limeira, e no rio Piracicaba.

**Fonseca (1997)** também estuda a toxicidade da água e de sedimentos nos mesmos pontos analisados por **Meletti (op. cit.)**, os quais são considerados estratégicos, dado que são pontos de captação de água para abastecimento de importantes cidades da Bacia do Rio Piracicaba; As amostras de água foram captadas nos dias 12/4/95, 19/1/96 e 17/10/96, junto aos canais de captação das estações de tratamento.

Na captação de Sumaré observaram-se valores de cádmio (metal cancerígeno), chumbo (ataca o sistema nervoso central) e manganês acima do estabelecido pelo CONAMA. O trabalho de **Fonseca (op. cit.)** relata relatório da CETESB indicando presença, em maio de 1995, de 0,006 mg/l de mercúrio, índice 2 vezes maior que o estabelecido pelo CONAMA, e de 0,007 mg/l de fenol, índice 6 vezes maior ao estabelecido também pelo CONAMA em amostras coletadas na ponte do rio Atibaia, rodovia Campinas-Cosmópolis.

Foram detectados teores de zinco em 0,16 mg/l, bem próximos aos estabelecidos por lei (0,18 mg/l) no ponto monitorado do rio Jaguari. No que diz respeito ao oxigênio dissolvido (OD), no rio Piracicaba, nas captações de Americana, Piracicaba e na futura captação de Santa Bárbara d'Oeste, os níveis eram inferiores a 5,0 mg/l em 90% das amostras colhidas (pelo CONAMA o índice mínimo é de 5,0 mg/l de OD em rio classe 2).

No rio Atibaia, próximo a Paulínia, o OD esteve em níveis inferiores a 5,0 mg/l em 67 % das amostras colhidas e teores de fenol superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA (0,001 m/l) em 83% das análises.

Foram analisados os relatórios de qualidade de água elaborados pela Cetesb, cujos testes realizados em 1994 e 1995 avaliaram a toxicidade da água em organismos aquáticos que detectaram toxicidade crônica no mês de maio e aguda no mês de setembro de 1994 no rio Atibaia. No caso do rio Piracicaba, foi observada toxicidade crônica no mês de maio de 1995 e não foi

revelada toxicidade no rio Jaguari; entretanto, **Fonseca (op. cit.)** considera que somente esse teste não avalia de modo preciso a qualidade da água, havendo necessidade de se realizar ensaios com sedimentos, pois neles se acumulam contaminantes presentes nos compartimentos analisados. Consideremos o seguinte exemplo:

Nas amostras de água na captação de Sumaré não foi detectada toxicidade aguda aos organismos testes (*sladoceros*), mas, em testes realizados com sedimentos do local, houve 100% de mortandade, indicando o local como altamente tóxico e de qualidade ruim.

O trabalho conclui que, com base nas análises físicas e químicas da água e dos sedimentos nos locais próximos às captações de água nos locais descritos, a água não tem a qualidade necessária ao consumo devido às toxicidades aguda e crônica detectadas. Nesta linha, identifica-se a captação de Sumaré como local altamente contaminado, as captações de Americana, Piracicaba e Limeira como locais contaminados, e as captações de Santa Bárbara e Campinas como locais levemente contaminados, além do que, os locais amostrados indicam tendência à eutrofização em virtude dos altos níveis de fosfato verificados.

**Salati (1996)** analisa as condições da água do rio Corumbataí através de análises coletadas em nove estações ou pontos de coleta nos períodos de inverno (julho a agosto de 1994) e verão (janeiro a março de 1995) de acordo com os seguintes parâmetros: Temperatura da água, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Turbidez, PH, Alcalinidade, Material em Suspensão (total, orgânico e inorgânico), Carbono Total, Carbono Inorgânico, Carbono Orgânico Total, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Nitrato, Nitrito, Amônia, Boro, Bário, Cálcio, Cádmiio, Cromo, Cobre, Ferro, Manganês, Magnésio, Chumbo, Silício e Zinco.

As nove estações distribuíram-se ao longo do rio, iniciando em Analândia, próximo à nascente, e terminando na foz, em Piracicaba. São elas:

- Estação 1: Município de Analândia (antes da emissão do esgoto urbano)
- Estação 2: Município de Analândia (após a emissão do esgoto urbano)
- Estação 3: Município de Corumbataí

- Estação 4: Estrada para Araras
- Estação 5: Município de Rio Claro (antes da cidade)
- Estação 6: Município de Rio Claro (Usina Corumbataí – CESP)
- Estação 7: Distrito de Assistência
- Estação 8: Distrito de Recreio
- Estação 8: Município de Piracicaba (bairro Santa Terezinha)

Pela resolução do CONAMA, o rio Corumbataí foi enquadrado como pertencente à Classe 2, entretanto, foram detectados 4 parâmetros acima dos limites que definem sua classe:

- 1 Turbidez: Valores acima de 100 UNT em Janeiro/95 nas estações 08 e 09, Fevereiro/95 estações 03 a 09, Março/95 nas estações 06, 07, 08 e 09.
- 2 Oxigênio Dissolvido: Valores abaixo de 5,0 mg/l em Julho e Agosto/94 na estação 06, Setembro/94 estação 05 a 09, Janeiro/95 estação 09 e Fevereiro/95 estações 04 a 09.
- 3 Manganês: Valores acima de 0,10 mg/l em Agosto/94 estação 09, Janeiro/95 estações 08 e 09, Fevereiro/95 em todas as estações exceto a 07 e Março/95 em todas as estações, exceto a 04.
- 4 Amônia: Valores acima do limite em Julho e Setembro/94 nas estações 06, 07 e 08, Agosto/94 nas estações 06, 07, 08 e 09.

Portanto, os parâmetros no período estudado, que ficaram acima do limite nos meses de verão foram especificamente o Manganês, Oxigênio Dissolvido e a Turbidez; no inverno foram a Amônia e o Oxigênio Dissolvido. **Salati (op. cit.)** observa, dentre outras conclusões, que o rio Corumbataí estava fora de sua classificação e que, também, apresenta alta taxa de depuração.

A pesquisa de **Haach (2000)** avalia a qualidade da água no rio Atibaia através de simulação matemática (modelo Streeter-Phelps) no período de estiagem, medindo o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DQO), considerando a transposição hídrica do Sistema Cantareira (subtrai 9 m<sup>3</sup>/s de seus formadores), e a hipótese de não haver tal transposição.

O rio Atibaia, segundo **Haach (2000)**, insere-se no conceito de “Descontinuidade Serial” por ser depositário, em vários de seus trechos, de grandes quantidades de efluentes industriais, esgotos sanitários e fontes difusas de matéria orgânica e inorgânica tornando-o o rio que apresenta maior degradação na região de Campinas.

Assim, o Atibaia recebe efluentes da indústria química Rhodia, efluentes da Replan, além de outras indústrias, e é depositário do ribeirão Anhumas, que carrega em seu leito esgotos da cidade de Campinas, além de esgotos industriais e urbanos de indústrias e cidades a montante.

Para seu estudo, **Haach (2000)** dividiu o rio em sub-trechos, considerando: a) localização dos principais pontos de captação de água, b) localização de descargas poluidoras mais significativas, c) localização das principais represas, d) localização de pontos onde ocorrem maiores descargas de efluentes, e) localização de pontos de amostragem de qualidade de água para a montagem do perfil sanitário, f) identificação de pontos onde há mudanças marcantes nas características do sistema fluvial (profundidade e velocidade).

A **Tabela 6.13** discrimina os sub-trechos ao longo do rio onde se detectam os maiores impactos e apresenta os dados de OD e DBO obtidos por simulação considerando reversão e não reversão.

**Tabela 6.13** Valores de DBO e OD obtidos por simulação em sub-trechos do rio Atibaia considerando a transposição e não transposição do Sistema Cantareira

Sub-trechos	km a jusante	DBO* mg/l		OD* mg/l	
		com transp.	sem transp	com transp	sem transp
Rib. Pinheiros lanç/ urbano Campinas, Valinhos, Vinhedo. lanç/ industrial Valinhos, Vinhedo	90,17	6,00	4,00	5,70	7,40
Ponto de monitoramento, captação Campinas	92,26	5,50	3,75	5,60	7,30
Rib. Anhumas lanç/ urbano e industrial Campinas	141,04	17,75	11,00	6,00	7,50
Lanç/ Rhodia	141,45	16,00	11,75	5,90	7,40
Lanç/ Bann Química	142,87	15,50	11,00	5,25	6,50
Lanç/ Replan	145,06	14,00	10,00	4,50	6,25
Lanç/ urbano Paulínia	152,00	11,00	9,00	2,50	4,50
Lanç/ J. Bresler	152,20	11,50	9,25	1,90	4,40
Ponto de monitoramento, captação Sumaré	153,70	11,00	8,00	1,50	4,00
Barragem	170,50	2,50	3,00	0,50	2,50

Adaptado de Haach, (2000)  
Valores extraídos de gráficos

**Carmo (2000)** estudou a presença de clorofenóis no reservatório de Salto Grande, que se localiza no município de Americana e é formado pelo rio Atibaia. O estudo coletou amostras em Maio e Junho de 1998 (período seco), Novembro de 1998 e Fevereiro de 1999 (período chuvoso) em 4 localidades também chamadas de Estações, assim enquadradas:

- Estação 1: Ponto de captação de água para Sumaré
- Estação 2: Entrada do Alagado (entrada do reservatório)
- Estação 3: Localizado a 22° 43'32.8'' S; 47°13'45''W (meio da represa)
- Estação 4: Saída do reservatório

Primeira Campanha, Maio de 1998: Na Estação 2 predominou material inorgânico possivelmente pelo aporte do rio Atibaia, clorofenóis 2,5-DCP (Diclorofenol) de possível origem inseticida ou herbicida em concentração em torno de 0,020 µg/l, 2,4,6-TCP (Triclorofenol) e 2,3,4-TCP, ambos de possível origem inseticida em concentrações inferiores a 0,010 µg/l, todas abaixo de 0,10 µg/l limite estabelecido pelo Ministério da Saúde. Na Estação não foram encontrados clorofenóis nos sedimentos, possivelmente carregados pelo fluxo de água do rio Atibaia.

Na Estação 4 foram detectados em sedimentos o 2,5-DCP, o 2,4,6-TCP e o 2,4,5-TCP de possível origem inseticida ou fungicida em concentração menor que 2,50 µg/kg<sup>4</sup>. Os valores obtidos na Estações 2 e 4 podem estar subestimados em função de perdas no processo de análise das amostras.

Segunda Campanha, Junho de 1998: Na Estação 2, pelas amostras de água, houve diminuição na concentração de PCP (pentaclorofenol), possivelmente de origem fungicida ou inseticida, em relação à primeira Campanha (de 0,011 µg/l para 0,010 µg/l).

---

<sup>4</sup> µg/l unidade expressa na análise de água, e µg/kg unidade expressa na análise de sedimentos

Nas amostras de água da Estação 4 foram detectadas concentrações inferiores a 0,010 µg/l de PCP, possivelmente pela diluição de compostos devido a maior velocidade do fluxo da água; também foram detectados 2,5-DCP em concentrações de 0,012 µg/l, 0,016 µg/l e 0,010 µg/l. Detectaram-se os compostos 2,3,6-TCP, 2,4,6-TCP possivelmente de origem inseticida, e PCP em concentrações menores que 0,50 µg/l. Em análise de sedimentos foram encontradas concentrações de PCP menores que 0,50 µg/kg e, para os demais clorofenóis, concentrações menores que 2,5 µg/kg.

Terceira Campanha, Novembro de 1998: Nesta Campanha foi detectado o composto 2,3,6 TCP em todas as Estações exceto na Estação 3 na profundidade de 2 m, e amostra de superfície da Estação 4. Foi detectado também o composto PCP em todas as estações exceto na profundidade de 14 m na Estação 4, e todos os compostos foram encontrados em concentrações inferiores a 0,010 µg/l.

Em análise de sedimentos, a distribuição de clorofenóis foi mais irregular entre as Estações devido às taxas de sedimentação diferenciadas e também às diferentes velocidades de fluxo de água em direção à barragem. Nesta Campanha, somente o composto 2,3,4-TCP foi encontrado em todas as Estações; nas Estações 1 e 4 foram encontrados clorofenóis em concentrações menores que 2,5 µg/kg e, nas Estações 2 e 3, encontrou-se PCP em concentrações menores que 0,50 µg/kg e 2,3,4-TCP em concentrações menores que 2,50 µg/kg.

Quarta Campanha, Fevereiro de 1999: Detectou-se baixa concentração de oxigênio na água provavelmente pelo aporte de material carregado pelas chuvas; foram encontrados os compostos 2,3,4-TCP e PCP em todas as Estações em concentrações inferiores a 0,010 µg/l; nesta mesma concentração foram encontrados os compostos 2,3,4-TCP, 2,3,6-TCP e PCP nas Estações 3 e 4. Pela análise de sedimentos, o clorofenol 2,3,6-TCP esteve presente nas Estações 1, 2 e 3 em concentrações menores que 0,50 µg/kg e, para os demais clorofenóis, inferiores a 2,5 µg/kg.

**Carmo (2000)** conclui que o reservatório encontra-se hipereutrofizado, em avançado estágio de contaminação. Os principais poluentes detectados são de origem doméstica, industrial agrícolas. Dentre os contaminantes há os fenóis decorrentes de cargas remanescentes industriais, principalmente de indústrias químicas. Vale observar que muitos compostos fenólicos têm sido incluídos na legislação ambiental de muitos países. Além disso, lembramos que a maioria dos países desenvolvidos têm restringido o uso do PCP, especialmente na agricultura e aplicação doméstica.

### **6.9.1 Lançamento de amônia pela Replan**

Sobre a qualidade dos efluentes, o Relatório de Desempenho da ETDI que consta no processo **IC 24/97** indicou o descarte médio de amônia em 23 mg/l para o mês de janeiro de 2000 (parâmetro Conama 20/86 indica máximo de 5,0 mg/l).

Sobre esse mesmo problema, isto é, emissão de amônia no rio Atibaia, o Relatório do Departamento de Bioquímica e Microbiologia do Instituto de Biociências da Unesp, Campus Rio Claro, de dezembro de 1999, relata as condições da dispersão dos efluentes da Replan no rio Atibaia indicando que, a montante da devolução dos efluentes, o rio é classe 4<sup>5</sup>, que a biota era extremamente pobre, e que as alterações crônicas da qualidade da água deste rio deveriam ser creditadas principalmente aos lançamentos “in natura” dos esgotos domésticos (**IC 24/97**).

O relatório avaliou também que o efluente da Replan não apresentava toxicidade aguda para os microorganismos *Spirillum Volutans* e *Daphnia Similis* e que, no que toca a amônia, a quantidade despejada não apresentava potencial de alteração na qualidade das águas a jusante do lançamento. Conclui o Relatório que o efluente da Replan pouco alterava a qualidade da água do Atibaia.

O Perito no processo **IC 24/97** considerou que a questão da amônia é um problema no rio Atibaia e que a solução não é pontual, mas deve envolver os lançadores domésticos e industriais

---

<sup>5</sup> Nesse trecho o rio Atibaia é classe 2

deste composto nesse trecho do rio. Além disso, ele considerou que a conclusão da Unesp deve ser vista com cautela, dado que o relatório apresenta um resultado e não um estudo sobre o impacto da amônia.

Segundo o parecer do Assistente Técnico da Promotoria, as medições do relatório foram feitas entre os dias 14 de outubro e 24 de novembro de 1999 (11% dos dias do ano), numa época de chuvas e com grande variação de vazões. Portanto, as medições teriam validade somente no período analisado, e havendo registro sistemático das chuvas e vazões do rio. Além disso, não foi apresentado um estudo da pluma de dispersão das descargas e enxurradas provenientes da Replan (Sevá Fº, 2000-b).

Os testes de toxicidade e contagem de coliformes, bactérias, algas, para medições químicas do pH e dos compostos de nitrogênio contidas nas amostras foram comparadas com amostras coletadas do rio Jaguari; no entanto, não se especificou em qual ponto do rio foi feita a coleta (Seva Fº, 2000 -b).

Outra questão relevante é que não foram correlacionadas variáveis entre pH e NH<sub>3</sub> total para se ter idéia da faixa de formação de amônia livre em água mais alcalina. Por fim, o relatório não menciona o processo produtivo e gerador da amônia e do nitrogênio e nem do processo de abatimento de efluentes, omitindo por onde chegam as cargas poluidoras e enxurradas no trecho particular do Atibaia e de sua bacia de drenagem (Seva Fº, 2000 -b).

As medições de Amônia, Nitrito e Nitrato medidas em outubro e novembro a montante e a jusante a Replan indicaram as seguintes concentrações (Seva Fº, 2000 -b):

- **Amônia** (NH), rio Jaguari: entre 0,13 e 0,41 mg/l  
rio Atibaia: entre 1,95 e 4,4 mg/l (10 a 15 vezes maior)
- **Nitritos** (NO<sub>2</sub>), rio Jaguari: entre 0,08 e 0,22 mg/l  
rio Atibaia: entre 0,21 e 0,58 mg/l (2,6 vezes maior)
- **Nitratos** (NO<sub>3</sub>), rio Jaguari: 1,83 mg/l  
rio Atibaia: entre 2,2 e 2,46 mg/l (20 a 30% maior)

## 6.9.2 Índices de qualidade de água em 2002

Os índices mais recentes sobre a qualidade das águas (IQA) dos rios Atibaia, Jaguari, Camanducaia, Piracicaba e Corumbataí estão contidos no Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo (Cetesb, 2003-a), indicando agravamento em vários parâmetros através de comparações com séries históricas. Os pontos de monitoramento estão dispostos no **Quadro 6.2**.

O índice IQA incorpora nove parâmetros que são considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para o abastecimento público. É calculado por ponderação a qualidade da água correspondente aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio DQO<sub>5,20</sub> (5 dias, 20°C), coliforme fecal, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez.

**Quadro 6.2** Alguns pontos de monitoramento para avaliação do IQA realizado pela Cetesb, na Bacia do Rio Piracicaba

Ponto de Amostragem	Corpo d'Água	Localização
JAGR02100	Rio Jaguari	Ponte na rodovia SP-95 no trecho que liga Bragança Paulista/Amparo (Km 9)
JAGR02500		Ponte na rodovia SP-332, próximo às captações de Paulínia e Hortolândia
JAGR02800		Na captação de Limeira
CMDC02900	Rio Camanducaia	Ponte na rodovia SP-340 no trecho que liga Campinas a Mogi Mirim
ATIB02010	Rio Atibaia	Junto a captação do município de Atibaia
ATIB02065		Na captação de Campinas, na divisa entre os municípios de Campinas e Valinhos
ATIB02605		Ponte da rodovia SP-332 que liga Campinas a Cosmópolis
PCAB02100	Rio Piracicaba	Junto a captação de água de Americana, na localidade de Carioba
PCAB02135		Ponte de concreto da estrada Americana-Limeira, divisa de Limeira e S.B.d'Oeste
PCAB02192		Ponte a 50 m do Km 135,3 da estrada Piracicaba-Limeira, próximo à Usina M.Alegre
PCAB02220		Margem esquerda, 2,5 Km a jusante da foz do rib. Piracicamirim, na captação de Piracicaba
PCAB02800		Em frente à fonte sulfurosa, junto ao posto 4D-07 do DAEE, na localidade de Ártemis
PCBP02500	Braço do Piracic.	Ponte na rodovia SP-191, no trecho que liga Sta Maria da Serra a São Manuel
CRUM02200	Rio Corumbataí	Ponte na estrada Assistência/Paraisolândia
CRUM02500		Na captação de Piracicaba

Extraído de: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2002 (Cetesb, 2003-a) – tabela parcial

Os pontos de monitoramento estão localizados na **Figura XXIII**

FIGURA XXIII - MAPA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO CETESB

Segundo o Relatório de Águas Interiores do Estado de São Paulo (Cetesb, 2003 -a), o rio Atibaia apresentou aumento na condutividade elétrica na medida em que ele vai recebendo esgotos urbanos não tratados. O ponto crítico é o ATIB 02065, captação de Sumaré, localizado a jusante do polo industrial de Paulínia e do Ribeirão Anhumas, que carrega 35% do esgoto doméstico não tratado de Campinas, e a jusante do Ribeirão Pinheiros, que recebe grande parte dos despejos de Valinhos e Vinhedo.

O trecho apresenta valores críticos de  $DBO_{5,20}$ , níveis significativamente altos de coliformes termotolerantes, aumento na concentração de fenóis e elevação expressiva na porcentagem de resultados não conformes de mercúrio no ano 2002 em relação à série histórica (Cetesb, 2003-a).

Rios Camanducaia e Jaguari: A qualidade de ambos os rios é comprometida pelo lançamento de esgotos domésticos não tratados; o principal município poluidor do Camanducaia é Amparo e do Rio Jaguari são os municípios Camanducaia, Bragança Paulista e Cosmópolis (Cetesb, 2003-a).

Rio Piracicaba: A qualidade das águas do Rio Piracicaba apresenta piora acentuada em relação as medidas realizadas em anos anteriores em termos de matéria orgânica biodegradável, fósforo total e contaminação fecal após receber o ribeirão Quilombo. O ribeirão, tal como já demonstrado neste trabalho, recebe esgotos domésticos dos municípios de Campinas, Sumaré e Americana. Observa-se que nele deságua também o ribeirão Tijuco Preto em Sumaré, o qual constitui uma importante fonte de poluição (Cetesb, 2003-a).

Entre os municípios de Americana e Piracicaba o rio recebe o lançamento de Limeira, pelo Ribeirão Tatú e de Santa Bárbara d'Oeste, pelo Ribeirão dos Toledos. No trecho situado a jusante do ribeirão Quilombo e do ribeirão Tatú há aumento percentual na concentração de cobre em relação a anos anteriores (Cetesb, 2003-a).

Os níveis médios de oxigênio dissolvido encontram-se bastante comprometidos ao longo de quase toda extensão do Piracicaba. Em seu trecho final (PCAB02800), observa-se recuperação da condutividade e oxigênio dissolvido em função da maior disponibilidade hídrica, capacidade assimilativa e ausência de fontes de poluição; Porém, as médias de 2002 para DBO<sub>5,20</sub>, nitrogênio amoniacal e fósforo total mantiveram-se superiores às médias históricas, o que imprime um incremento do desequilíbrio ambiental no reservatório Barra Bonita já bastante eutrofizado (Cetesb, 2003-a).

Os pontos PCAB02220 e PCAB02800 apresentaram elevação substancial na percentagem de mercúrio em resultados não conformes ao longo de 2002 (Cetesb, 2003-a). Os resultados dos índices estão dispostos no **Quadro 6.3**.

**Quadro 6.3** Índice de qualidade das águas, classificação dos pontos de monitoramento para o ano 2002

Código do ponto	Corpo d'água	jan	mar	mai	jul	set	nov	Média
ATIB02010	Rio Atibaia	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
ATIB02065		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
ATIB02605		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
CMDC02900	Rio Camanducaia	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
CRUM02200	Rio Corumbataí	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Ruim	Boa
CRUM02500		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
JAGR02100	Rio Jaguari	Boa	Boa	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
JAGR02500		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
JAGR02800		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
PCAB02100	Rio Piracicaba	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Boa
PCAB02135		Boa	Boa	Ruim	Boa	Ruim	Ruim	Boa
PCAB02192		Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim	Ruim
PCAB02220		Boa	Boa	Boa	Boa	Boa	Péssima	Ruim
PCAB02800		Boa	Boa	Ruim	Boa	Boa	Ruim	Boa
PCBP02500	Braço do Piracicaba	Ótima	Ótima	Ótima	Boa	Boa	Boa	Ótima

Qualidade:

Ótima	Boa	Regular	Ruim	Péssima
-------	-----	---------	------	---------

Extraído de: Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2002 (Cetesb, 2003-a) – tabela parcial

## 6.10 Conclusões

O trecho da Bacia do Rio Piracicaba compreendido entre os municípios de Campinas, Paulínia até Piracicaba apresenta a maior concentração populacional e industrial da Bacia, e revela-se como um local onde o uso de seus recursos hídricos é intenso.

A pressão urbana exercida sobre esses recursos revela-se nos volumes de captação e perdas. O índice médio de perdas de água na região é de 36% da vazão captada, sendo que o percentual aceitável, segundo o jornal Folha de São Paulo (**Anexo III**) seria em torno de 25%, indicando a importância da manutenção em tubulações e ajustes nas medições, principalmente em uma região que se caracteriza pela escassez.

A outra pressão significativa diz respeito ao baixo índice percentual de tratamento de esgotos do trecho em análise, situando-se em torno de 15,4% revelando o alto índice de poluição dos corpos d'água. A pressão urbana traduzida em captações e despejos, também provoca alterações na vazão dos rios, córregos e ribeirões, decorrentes das captações e despejos dispostos como uma malha (**Figura XX**), o que pode ocasionar transbordamentos em locais urbanizados de forma inadequados.

A pressão industrial se manifesta nas inúmeras captações de volumes significativos de água para seus processos, em alguns casos com expressivo uso consuntivo e devoluções acima dos padrões permitidos pelo CONAMA, órgão que indica valores máximos de concentrações no efluente. Tais concentrações se somam, portanto, ao longo de cada ponto de despejo.

Os lançamentos urbano e industrial provocam baixos índices na qualidade das águas. Vários autores investigaram os níveis de toxidade nos corpos d'água superficiais, e detectaram locais comprometidos e altamente contaminados com cargas orgânicas, problemas de eutrofização e metais pesados, inclusive em locais de captações urbanas.

Além desses, o reservatório de Salto Grande, também eutrofizado, é depositário de compostos de origem inseticida e pesticida, carregados para suas águas através da lixiviação de terras agrícolas, domésticas e industriais, imprimindo efeitos nocivos ao rio Piracicaba.

Análises atuais indicam pontos críticos a jusante do polo industrial de Paulínia, em pontos de captação de muitos municípios, o que significa desperdício de recursos e busca de novas fontes de captação. Os principais ribeirões, Anhumas, Pinheiros, Quilombo e Tatú, comprometidos por contaminações de fenol e metais pesados, afetam diretamente o rio Piracicaba, depositário natural da bacia.

O rio Piracicaba, assim como seus afluentes, apresentam baixo índice de oxigênio dissolvido, agravamentos na sua qualidade em comparações históricas e alto índice de reutilização. Somam-se às condições de degradação provocadas pela poluição, os usos consuntivos e o esvaziamento dos rios Atibaia, Jaguari e, conseqüentemente do Piracicaba, pelas transposições externas, com tal intensidade que o Salto do Piracicaba (**Figura I**) tornou-se um espectro do que era, em épocas passadas.

A crescente indisponibilidade das águas superficiais pressiona o aumento da extração de águas subterrâneas. Embora esse recurso natural seja sub-utilizado, o potencial do aquífero é baixo, limitado, e não há controle sobre essas captações, desenhando um quadro incerto e preocupante.

A investigação sobre os recursos hídricos na região defronta-se, em muitos casos, com a imprecisão dos dados. Muitas das vezes, fontes distintas apresentam valores discrepantes sobre as mesmas informações; alguns dados de EIA/Rima, que se utilizam de valores industriais necessários ao projeto, não coincidem, muitas vezes, com os dados de relatórios oficiais.

Entretanto, em que pesem algumas discrepâncias entre as fontes de informação, a análise sobre os recursos hídricos aponta condições preocupantes, pois seus limites já se encontram superados, seja no que diz respeito à vazão, ou à poluição.

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSÕES**

#### **7.1 Conclusões finais**

Esta pesquisa revela que a poluição atmosférica na região em análise caracteriza-se, principalmente, pela emissão de compostos derivados da queima de combustíveis fósseis, poeiras e queima da palha da cana-de-açúcar, de tal forma que as precipitações das chuvas apresentam características ácidas.

A pesquisa identifica que no município de Piracicaba, a poluição decorrente da queima da palha da cana é a principal responsável pela internação de crianças, adolescentes e idosos. As medições em postos de monitoramento localizados em Campinas-centro e Paulínia, indicam altas concentrações de poluentes oriundos da queima de combustíveis em fontes industriais e automotivas.

Os níveis de poluição aérea são agravados pela queima de resíduos, inclusive perigosos, em incineradores industriais, pelas emanações provenientes das estações de tratamento de efluentes, e outras decorrentes da aplicação de vinhoto no solo.

Várias áreas da região apresentam sérias contaminações. O lançamento anual de grandes quantidades de vinhoto no solo modifica as propriedades do mesmo, indicando haver possibilidade de sua salinização.

O transporte de combustíveis por dutos não é isento de riscos. Possíveis vazamentos em locais próximos a áreas urbanas e corpos d'água afetariam diretamente a população, interferindo também nas captações urbanas e industriais.

Com relação às duas grandes empresas, Rhodia e Replan, foram estudadas medidas de remediação às contaminações. A intervenção do Ministério Público foi decisiva para que se adotassem rotinas e procedimentos com o objetivo de diminuir ou evitar novos impactos, e para que se desenvolvessem ações de descontaminação.

Fica evidente que os recursos hídricos da região estão seriamente afetados pelo volume de retiradas e pelo lançamento de poluentes. Além disso, como não há controle sobre o número de poços tubulares existentes, não se tem quantificações claras sobre as vazões de retiradas de águas subterrâneas.

As transposições externas e o extenso uso das águas superficiais provocam a diminuição drástica das vazões dos rios, e as transposições internas alteram as vazões de córregos e ribeirões.

As águas superficiais recebem devoluções urbanas com baixos índices de tratamento e muitos efluentes industriais, de tal forma que os níveis de qualidade apresentam agravamentos em medidas de série históricas. Em alguns trechos dos rios, inclusive próximos aos locais de captação, são detectados baixos índices de oxigênio dissolvido, altos teores de fenol, metais pesados e problemas de eutrofização.

As águas da represa Salto Grande encontram-se eutrofizadas, recebem cargas de contaminantes de origem fungicida e herbicida, alguns proibidos em muitos países.

Os testes de toxicidade das águas devem ser realizados também em sedimentos, devido a possibilidade de acúmulo de contaminantes.

São altos os índices de reutilização das águas superficiais. A ampliação de grandes empresas significa maiores pressões sobre os recursos hídricos, e aumento da poluição atmosférica pela intensificação do uso de combustíveis.

Essa é uma região com grande densidade populacional, que sofre prejuízos no que diz respeito às poluições e contaminações indicadas. Seus recursos hídricos já não comportam tantas evasões, tornando-se escassos para tantos usos.

Os aumentos de retiradas poderão afetar de forma incisiva a qualidade de vida da população, inviabilizando, inclusive, o funcionamento de empresas.

## ANEXO I

**Tabela A1** Consumo de cana, fabricação de açúcar e álcool, água captada, e potência das usinas

Usina	Município	Fonte de dados	Safra	Cana moída (t)	Açúcar fabricado (t)	Álcool fabricado (m <sup>3</sup> )	Água captada para o processo industrial (m <sup>3</sup> /h)	Água descartada do processo industrial (m <sup>3</sup> /h)	Potência instalada (kW)
Costa Pinto	Piracicaba	Usina Costa Pinto	2001/2002	3.838.000	240.000	224.000	560,0	50,0	nd
		Relatório Zero <sup>(1)</sup>	nd	nd	nd	nd	1.000,8	500,0	nd
		UTPPESP <sup>(2)</sup>	nd	nd	nd	nd	nd	nd	9.360
São José	Rio das Pedras	Usina São José	2001/2002	800.000	73.870	9.104	nd	nd	nd
		Relatório Zero	nd	nd	nd	nd	180,0	90,0	nd
		UTPPESP	nd	nd	nd	nd	500,0	nd	2.400
Santa Helena	Rio das Pedras	Cosan	2002	1.520.000	128.000	64.000	nd	nd	nd
		Relatório Zero	nd	nd	nd	nd	2.000,0	1.750	nd
		UTPPESP	2000	1.750.000	155.000	42.500	2.000,0	nd	4.350
Furlan	Sta B. d'Oeste	Relatório Zero	nd	nd	nd	nd	971,0	714,6	nd
		UTPPESP	2000	1.500.000	110.000	44.000	400,0	nd	2.400
Iracema	Iracemópolis	Relatório Zero	nd	nd	nd	nd	1.372,0	nd	nd
		UTPPESP	2000	2.700.000	180.000	106.000	1.620,0	nd	14.000
Ester	Cosmópolis	Usina Ester	2001/2002	1.132.498	69.750	49.488	nd	nd	nd
		Relatório Zero	nd	nd	nd	nd	13.781,0	1.574,0	nd
		UTPPESP	2000	1.500.000	100.000	55.000	1.700,0	nd	7.600

(1) dados do Relatório Zero referem-se ao ano 1999

(2) dados do relatório Usinas Termelétricas de Pequeno Porte referem-se ao ano 2000

Adaptado de: Relatório Zero (1999), Usinas Termelétricas de Pequeno Porte (2001), Usina Costa Pinto, Usina São José, Usina Ester

## ANEXO II

**Tabela A II** Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/90)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	Amostragem de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
Partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	Refletância
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
Dióxido de enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	Pararosanilina
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
Dióxido de nitrogênio	1 hora <sup>1</sup>	320	190	Quimiluminescência
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
Monóxido de carbono	1 hora <sup>1</sup>	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas <sup>1</sup>	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	Quimiluminescência

Extraído de: Relatório de qualidade do ar do Estado de São Paulo 2001 – São Paulo: CETESB, 2002

1 Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

2. Média geométrica anual.

3 Média aritmética anual

### **ANEXO III**

Algumas reportagens de jornais expondo problemas e na região em estudo.

#### **Poluição atmosférica:**

*Campinas está dois graus mais quente. Pesquisa aponta elevação de temperaturas mínima na cidade; alteração climática também modificou níveis das chuvas.* **Correio Popular**, Campinas, 30 de agosto de 2001. Cidades, p. 1.

*São Paulo exporta poluição para refúgios “verdes”. Estudo da USP mostra que transporte de poluentes é feito pelo movimento das massa de ar; saída é poluir menos.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 18 de fevereiro de 2002. Folha Campinas, p. C3.

*Queimada aumenta as internações. Pesquisa foi feita com crianças com menos de 13 anos e idosos com idade a partir de 65 anos, com doenças respiratórias, durante 11 meses.* **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 20 de abril de 2002. Capa, p. A1.

*Ambientalistas protestam contra queimadas. Lei aprovada prorroga até 2031 o uso das queimadas.* **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 03 de outubro de 2002. Cidade, p. A 5.

*Relatório aponta saturação de ozônio. Indústrias instaladas no pólo petroquímico de Paulínia são responsáveis diretas pelo problema e MP vai pedir providências.* **O Liberal**, Americana, 20 de dezembro de 2002, Cidades, p.3.

#### **Contaminações nos solos, e riscos para trabalhadores e moradores**

*Shell admite nova contaminação de área. Promotoria estipula prazo para que acordo seja assinado e afirma que a empresa omitiu dados; Shell nega acusações.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 30 de março de 2001, Folha Campinas p. C1.

*Paulínia é a 2ª maior produtora de lixo tóxico. Levantamento da Cetesb mostra que cidade produz 22 mil toneladas ao ano de resíduos e só perde para Cubatão. Folha de São Paulo, Campinas, 22 de abril de 2001. Folha Campinas, p C1.*

*Região atinge limite com indústria química. Cidade gerou 22,6 mil toneladas de lixo tóxico ano passado; para pesquisadores, os aterros estão esgotados. Folha de São Paulo, Campinas, 17 de junho de 2001. Folha Campinas, p. C1.*

*Shell sabia de contaminação desde 93. Relatório da ERM, encomendado pela empresa, detectou a presença de metais pesados em bairro de Paulínia. Folha de São Paulo, Campinas, 03 de abril de 2001, Folha Campinas, p. C1.*

*Aterro contamina água em Posse (Santo Antônio de Posse).Ministério Público determina que 56 empresas façam recuperação ambiental de área próxima a aterro industrial. Folha de São Paulo, Campinas, 07 de junho de 2001, Folha Campinas, p. C1.*

*Áreas urbanas se aproximam de aterros. Para pesquisador da Unicamp, melhor ocupação geográfica diminuiria a probabilidade de ocorrências de danos. Folha de São Paulo, Campinas, 17 de junho de 2001, Folha Campinas, p. C3.*

*Nutriplant promove auditoria ambiental. Empresa é acusada por moradores de chácaras vizinhas de contaminar o solo e água do bairro Betel, em Paulínia. Folha de São Paulo, Campinas, 29 de novembro de 2001, Folha Campinas, p. C8.*

*IBGE aponta contaminação de mananciais. Dado faz parte de pesquisa nacional de saneamento básico do IBGE; poluição encarece tratamento. Folha de São Paulo, Campinas, 30 de março de 2002, Folha Campinas, p. C1.*

*CEI aponta contaminação em lixão de Paulínia. Relatório da comissão pede remoção de aterro desativado; estudo apontou presença de substâncias químicas. Folha de São Paulo, Campinas, 16 de maio de 2002, Folha Campinas, p. C1.*

*Região registra 37 áreas contaminadas. Balanço divulgado pela Cetesb mostra que as cidades de Paulínia e Campinas lideram o ranking de ocorrências. **Folha de São Paulo**, Campinas, 22 de maio de 2002, Folha Campinas, p. C5.*

*Funcionário de construtora fará exames. Medida afeta funcionários que trabalham no Parque Primavera, que tem o solo e lençol contaminados em Campinas. **Folha de São Paulo**, Campinas, 30 de maio de 2002, Folha Campinas, p. C1.*

*Metais pesados contaminam água de lagoa. A Vigilância Sanitária de Piracicaba já interditou dois poços e vai analisar animais e frutas cultivados na área. **Folha de São Paulo**, Campinas, 20 de julho de 2002, Folha campinas, p. C1.*

*Saúde analisa se população foi contaminada. Pesquisa sobre metais pesados será feita entre 3.000 trabalhadores do pólo cerâmico e moradores de Santa Gertrudes. **Folha de São Paulo**, Campinas, 23 de julho de 2002, Folha Campinas, p. C1.*

*Cetesb reprova 52,9% dos lixões da região. Levantamento aponta que 36 cidades têm pouco ou nenhum controle sobre a disposição de resíduos domiciliares. **Folha de São Paulo**, Campinas, 21 de janeiro de 2003, Folha Campinas, p. C1.*

*Cetesb encontra mais 3 áreas contaminadas. Região do aterro Mantovani, já contaminada por resíduos tóxicos, tem outros depósitos irregulares. **Folha de São Paulo**, Campinas, 27 de janeiro de 2003, Folha Campinas, p. C1.*

*Rhodia contamina área no centro de Rafard. Laudo da Cetesb aponta furfural, ácido sulfúrico, manganês, ferro, e fenóis no solo de 175 mil metros quadrados no centro da cidade, ao lado da prefeitura e de casas. **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 17 de abril de 2003, Cidades, p. A4.*

*Empresas são responsáveis por contaminação, diz especialista. Para Paulo Afonso Machado, Rhodia pode ser responsabilizada, ao lado da Cosan, por poluição na área de Saltinho.* (Rafard). **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 07 de maio de 2003, Cidades, p. A7.

*Paulínia tem mais sete áreas contaminadas. Cetesb apontou que sete grandes distribuidoras de combustíveis foram responsáveis pela contaminação.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 09 de maio de 2003. Folha Campinas, p. C1.

### **Contaminação de água, desperdício e Sistema Cantareira**

*Campinas perde 26,7% da água captada. Perda mundial aceitável é de 25%; mais de 93 milhões de litros são desperdiçados diariamente na cidade.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 05 de março de 2001. Folha Campinas, p. C1.

*Racionamento “em cascata” ameaça interior de SP. Presidente da Sabesp afirma que, se não houver aumento das chuvas, bacia do Piracicaba será afetada.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 24 de março de 2001. Folha Campinas, p. C1.

*Sabesp maquia crise no sistema Cantareira. Documento da empresa orienta funcionários a “minimizarem especulações” sobre racionamento na Grande SP.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 29 de março de 2001. Folha Campinas, p. C5.

*Sanasa quer reduzir tarifa de água para o setor industrial. Objetivo é modificar o conceito de cobrança por metro cúbico.* **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 30 de março de 2001. Planalto Paulista, p. 1.

*Sabesp perde cerca de um terço da água produzida diariamente. 15,5% são desperdiçados em vazamentos.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 30 de março de 2001. Folha Campinas, p. C6.

*SP admite risco de colapso no Cantareira. Se o nível de água continuar caindo até outubro, sistema ficará prejudicado por até 2 anos. Sabesp adia rodízio.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 29 de junho de 2001. Folha Campinas, p. C5.

*Região é a que mais despeja lixo em rios. IBGE revela que, dos 919 mil lares da região, 9,69% jogam o lixo em mananciais; índice é o maior do interior.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 20 de dezembro de 2001. Folha Campinas, p. C3.

*Queda de oxigênio na água causa morte de peixes. A queda de oxigênio dissolvido na água provocou a morte de peixes, o que assustou os frequentadores das margens do rio Piracicaba.* **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 10 de setembro de 2002, Cidade, p. A4.

*Fórum que amenizar o impacto do Cantareira. Organismo que promover a união de todas as entidades que lutam isoladamente em defesa da recuperação do Piracicaba; líderes criticam Sistema Cantareira.* **Jornal de Piracicaba**, Piracicaba, 13 de novembro de 2002, Cidade, p A6.

*Esgoto tratado só atinge metade de meta. Cidades da região devem alcançar média de 25% somente até o final de 2003; Estado esperava 50%.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 15 de dezembro de 2002, Folha Campinas, p. C1.

*Prefeitura quer controlar poço artesiano. Número de perfurações em Campinas cresceu 200% nos últimos 5 anos; governo admite falta de controle.* **Folha de São Paulo**, Campinas, 14 de abril de 2003, Folha Campinas, p. C1.

## ANEXO IV

### Metodologia para exploração de água subterrânea nas Bacias do Piracicaba e Capivari

O relatório elaborado pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Relatório Zero) considera carente o cadastramento de poços tubulares nas bacias de tal forma que os dados para caracterizar mais precisamente a quantidade total de água explorada são insuficientes; para estimar o número de poços ativos e o total de água explorada o relatório utilizou a metodologia elaborada por Lopes (1994) considerando os mesmos parâmetros e índices.

O relatório estimou em 4500 o número de poços tubulares nas duas bacias; seguindo a mesma metodologia obtivemos o número de 4687 poços para o ano de 1988, ou seja, uma variação de 4%.

Para estimarmos o número de poços existentes nos municípios das bacias para o ano 2000, levamos em consideração o crescimento do número de poços no município de Campinas que se localiza nas Bacias do Rio Piracicaba e Capivari, tendo como referência a construção de um índice; Em 1980 o número de poços cadastrados neste município era de 244 sendo 140 na Bacia do Piracicaba e 104 na Bacia do Capivari, e, ao final de 1993, era de 740 com 420 poços na Bacia do Piracicaba e 320 na Bacia do Capivari. O crescimento pode ser expresso por uma taxa anual:

$740/244 = 3,03$  ou seja, a taxa de crescimento anual é expresso por:

$$i = \sqrt[3]{740/244} = 1,089$$

$i$  = taxa de crescimento anual do número de poços no município de Campinas

Com essa taxa de crescimento anual projetamos a estimativa do número de poços no município para o final do ano 2000 em 1344 poços. Para estimarmos o crescimento dos número de poços em cada município, utilizamos as seguintes relações:

(número de poços estimados no ano de 1993) x (% de crescimento populacional do município / % do crescimento populacional do município de Campinas entre os anos de 1993 e 2000) x (taxa de crescimento do número de poços no município de Campinas entre os anos 2000 e 1993), onde:

A taxa de crescimento do número de poços no município de Campinas entre os anos 2000 e 1993 é dada por:  $1344/740 = 1,8$

Desta estimativa total considera-se parte em funcionamento e parte inativo. **Lopes (1994)** considerou em 70% o número de poços em funcionamento observando que, em 1980, 25% dos poços estavam inativos e, em 1992, essa percentagem atingia 35%. Tomando como base que 70% dos poços estejam em atividade, inferimos que na Bacia do Rio Piracicaba e parte da Bacia do Capivari abaixo analisadas estão em funcionamento 5.000 poços tubulares profundos.

Os aquíferos que se distribuem nas duas bacias, sobretudo em áreas onde se observa maiores demandas de água, apresentam, segundo **Lopes (1994)**, uma característica pouco favorável a grandes retiradas em função de sua baixa transmissividade, grande heterogeneidade e descontinuidade, o que limita a exploração exigindo um grande número de poços os quais nem sempre proporcionam retiradas viáveis em termos técnicos e econômicos.

Da **Tabela A IV** abaixo concluímos que os doze municípios, ou seja, Campinas, Vinhedo, Valinhos, Sumaré, Hortolândia, Nova Odessa, Paulínia, Cosmópolis, Americana, Limeira, Santa Barbara d'Oeste e Piracicaba, somam um total de 4329 poços, dos quais 30% serão considerados inativos, portanto, o número estimado é de 3030 poços.

A vazão média regional contínua por poço é estimada em  $2,75 \text{ m}^3/\text{h}$ ,

A vazão média explorada na bacia do Piracicaba e parte do Capivari é de:  $5000 \times 2,75 = 13.750 \text{ m}^3/\text{h}$  ou  $3,82 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A vazão total estimada para os municípios é:  $3030 \times 2,75 = 8332 \text{ m}^3/\text{h}$ , ou  $2,31 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Tabela AIV Poços estimados na Bacia do Piracicaba e parte do Capivari no ano 2000**

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO		% de crescimento 2000/1993	IRC	Poços 1993	Poços 2000	Aquíferos explorados
	1993	2000					
01. Águas de São Pedro	1.740	1.845	6,03	0,95	28	48	IT-PD
02. Americana	160.070	182.084	13,75	1,02	105	193	IT-DB
03. Amparo	52.716	60.268	14,32	1,02	172	315	CR-CZ
04. Analândia	3.139	3.579	14,01	1,02	12	22	BT-PD
05. Artur Nogueira	22.386	33.089	47,81	1,32	70	166	IT-DB
06. Atibaia	91.199	111.055	21,77	1,09	195	382	CR-CZ
07. Bom Jesus dos Perdões	10.501	13.213	25,82	1,13	10	20	CR
08. Bragança Paulista	104.613	124.888	19,38	1,07	108	208	CR
09. Campinas *	870.883	968.172	11,17	1,00	740	1344	CR-IT-DB
10. Charqueada	11.222	13.001	15,85	1,04	27	50	BT-PD
11. Cordeirópolis	14.089	17.586	24,82	1,12	21	42	IT-DB
12. Corumbataí	3.284	3.796	15,59	1,03	03	05	IT-PD
13. Cosmópolis	36.494	44.324	21,45	1,09	41	80	IT-DB
14. Holambra	5.928	7.231	21,98	1,09	134	263	IT
15. Hortolândia	98.224	151.669	54,41	1,38	113	280	IT
16. Ipeúna	3.021	4.318	42,93	1,28	11	25	IT-PD-CZ
17. Iracemópolis	12.667	15.524	22,45	1,10	07	14	IT-DB
18. Itatiba	65.437	80.884	23,60	1,11	147	293	CR
19. Jaguariúna	24.590	29.450	19,76	1,07	110	211	CR
20. Jarinu	12.253	17.677	44,26	1,29	39	90	CR
21. Joanópolis	8.686	10.388	19,59	1,07	05	09	CR
22. Limeira	215.943	248.632	15,13	1,03	226	419	IT-DB
23. Monte Alegre do Sul	5.618	6.323	12,54	1,01	25	45	CR
24. Morungaba	8.529	9.919	16,29	1,04	06	11	CR
25. Nazaré Paulista	12.176	14.379	18,09	1,06	03	05	CR
26. Nova Odessa	35.764	42.066	17,62	1,05	52	98	IT-DB
27. Paulínia	39.476	51.242	29,80	1,16	110	229	IT-DB-CZ
28. Pedra Bela	5.285	5.604	6,03	0,95	03	05	CR
29. Pedreira	29.332	35.242	20,14	1,08	43	83	CR
30. Pinhalzinho	8.940	10.971	22,71	1,10	06	12	CR
31. Piracaia	19.815	22.986	16,00	1,04	20	37	CR
32. Piracicaba	288.344	328.312	13,86	1,02	125	229	IT-PD-DB
33. Rio Claro	143.989	168.087	16,76	1,05	108	204	IT-PD-CZ
34. Rio das Pedras	19.948	23.441	17,51	1,05	17	32	IT-DB
35. Saltinho	5.284	5.775	9,29	0,98	12	21	IT-PD-CZ
36. Santa Bárbara d'Oeste	149.851	169.735	13,27	1,01	105	191	IT-DB
37. Santa Gertrudes	11.500	15.898	38,24	1,24	19	42	IT-PD-DB
38. Santa Maria da Serra	4.357	4.619	6,01	0,95	15	25	BT-SG-CZ
39. Santo Antônio da Posse	14.501	18.145	15,13	1,12	28	56	CR-IT-DB
40. São Pedro	21.664	27.866	28,62	1,15	66	136	BT-SG-CZ
41. Sumaré	151.496	196.055	29,41	1,16	122	254	IT
42. Tuiuti	4.299	4.933	14,74	1,03	06	11	CR
43. Valinhos	70.855	82.773	16,82	1,05	363	686	CR
44. Vargem	5.406	6.975	29,02	1,16	03	06	CR
45. Vinhedo*	36.290	47.104	29,79	1,16	110	229	CR
<b>Total calculado</b>					<b>3.691</b>	<b>7.150</b>	
<b>Total em funcionamento considerando 70% do total calculado</b>					<b>2.584</b>	<b>5.005</b>	

Adaptado de: IBGE, SEADE, Lopes (1994).

\* Municípios localizados nas Bacias do Rio Piracicaba e Capivari

CR = Cristalino, TB = Tubarão, PD = Passa Dois, BT = Botucatu, DB = Diabásio, CZ = Cenozóico, SG = Serra Geral

IRC: Índice de Referência a Campinas. - % de crescimento populacional do município/ % do crescimento populacional do município de Campinas considerado entre os anos de 1993 e 2000.