

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**INDICADORES DE PRESSÃO PARA
O CÓRREGO DO PIÇARRÃO**

Ana Luiza Roma Couto Serra

CAMPINAS - SP

2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**INDICADORES DE PRESSÃO PARA
O CÓRREGO DO PIÇARRÃO**

Ana Luiza Roma Couto Serra

Orientadora: Profa. Dra. Emilia Rutkowski

Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

Campinas - SP

2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**INDICADORES DE PRESSÃO PARA
O CÓRREGO DO PIÇARRÃO**

Ana Luiza Roma Couto Serra

**Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora,
constituída por:**

Profa. Dra. Emilia Rutkowski
Presidente e Orientadora/Faculdade de Engenharia Civil/Unicamp

Prof. Dr. Carlos Mello Garcias
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Junior
Faculdade de Engenharia Civil/Unicamp

Campinas, 30 de setembro de 2002

Dedicatória

Ao Flávio e ao meu querido filho Gabriel, pelo apoio nesta jornada.

Aos meus pais, Paulo e Antonieta, pelo carinho.

Agradecimentos

À Profa. Dra. Emilia Rutkowski, pela orientação.

À Profa. Dra. Rozely Ferreira dos Santos, pela forma clara como transmite seus conhecimentos.

Às amigas Cida e Daniella, pela atenção, carinho e ajuda.

Ao colega Elson, pelo apoio recebido.

Ao Engenheiro Plínio Escher Júnior da CETESB, pela atenção e colaboração na disponibilização de informações, no transcorrer deste trabalho.

À Polícia Ambiental de Campinas, pela atenção dispensada no trabalho de campo.

À Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S. A. - SANASA, pela disponibilização de mapas.

Ao técnico Adilson, do Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campinas, pela atenção e esclarecimentos que facilitaram meu trabalho de pesquisa.

À Paula, Noemia, Meire, Sandra e Carlos da FEC/UNICAMP, pela atenção e gentileza.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro concedido.

“Examinei uma serie de vertentes que correm para este correjo [do Piçarrão] e em todas ellas encontrei as aguas limpidas, puras, agradaveis ao paladar, frescas (15° cent. à 18°).....Qualquer d’essas fontes são excellentes portanto para um abastecimento publico”

Engenheiro Antonio Francisco de Paula Souza (1880).

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	IX
Lista de Figuras.....	X
Lista de Abreviaturas	XII
Resumo.....	XIV
1. Introdução	1
2. Objetivo	4
3. Revisão Bibliográfica	5
3.1 Indicadores Ambientais	5
3.1.1. Definições	7
3.1.2. Funções dos Indicadores	10
3.1.3. A Pirâmide de Informações	11
3.1.4. O Processo de Tomada de Decisões	15

3.15. Modelos para a Classificação de Indicadores	17
3.16. Critérios para a Seleção de Indicadores	27
3.2. Bacias ambientais	30
3.3. O Córrego do Piçarrão	38
3.3.1. Seu Município: breve caracterização.....	38
3.3.2. Sua Bacia Hidrográfica	42
3.3.3. Suas Águas.....	45
3.3.4. Sua Unidade de Planejamento Municipal.....	53
3.3.5. Processo de Ocupação de suas terras.....	62
3.3.6. Situação Ambiental da Bacia do Córrego do Piçarrão	72
4. Estratégia Metodológica	79
4.1. Análise e Estudos em Bacias Ambientais	79
4.2. Construção de Indicadores Ambientais.....	81
4.3. Estudo de Caso: o Córrego do Piçarrão.....	83
4.3.1. Definição da Escala de Trabalho e da Área de Estudo	84
4.3.2. Identificação dos Indicadores de Pressão Ambiental	85

5.	Resultados e Discussões.....	87
5.1.	Identificação de Atividades Impactantes e Problemas Relacionados ao Recurso Água	87
5.2.	Levantamento de Metas, Objetivos e Projetos Propostos para a UGRHI-PCJ e para a Região da Bacia do Córrego do Piçarrão	90
5.3.	Estabelecimento de Critérios para a Seleção dos Indicadores de Pressão.....	91
5.4.	Seleção dos Indicadores de Pressão	92
6.	Considerações Finais e Recomendações	99
	Anexos.....	101
	Anexo 1 –Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão.....	102
	Anexo 2 – Categorias de Uso do Solo no Município de Campinas	106
	Referências Bibliográficas.....	111
	Abstract.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Setor/Sub-bacia de Tratamento de Esgotos do município de Campinas	48
Tabela 3.2 – Distâncias e tempos de trânsito entre as seções consecutivas e as velocidades médias calculadas com esses valores.....	50
Tabela 3.3 – Vazões médias nas seções consideradas.....	52
Tabela 3.4 – Cargas de DBO _{5,20} no Rio Capivari em toneladas por dia	52
Tabela 3.5 – Crescimento populacional do município de Campinas no período 1940 – 2000	72
Tabela 5.1 – Quadro de Impactos.....	89
Tabela 5.2 – Forças Motrizes, Pressões e Indicadores de Pressão Identificados para a Bacia do Piçarrão.....	94
Tabela 5.3 – Descrição e Justificativa dos Indicadores Propostos para a Bacia do Córrego do Piçarrão	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Pirâmide de Informação	12
Figura 3.2 – Cinco Estágios de Tomada de Decisões	15
Figura 3.3 – Modelo Pressão-Estado-Resposta	18
Figura 3.4 – Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta	22
Figura 3.5 – Fluxograma das Relações Causais no Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Resposta	23
Figura 3.6 – Representação do Ciclo Hidrológico Mostrando Grandes e Pequenos Pontos de Intervenção Humana	30
Figura 3.7 – Fluxograma Simplificado do Segmento Terrestre do Ciclo Hidrológico	31
Figura 3.8 – Processos que Ocorrem numa Área Urbanizada	33
Figura 3.9 – Posição Relativa de Campinas no Estado de São Paulo	36
Figura 3.10 – Córrego do Piçarrão	40
Figura 3.11 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Piracicaba, Capivari e Jundiá	42

Figura 3.12 – Setor/Sub-Bacia de Tratamento de Esgotos do Município de Campinas	43
Figura 3.13 – Esquema Unifilar da Bacia do Rio Capivari	47
Figura 3.14 – Inserção da Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão nas Macrozonas 4 e 5 (1:50.000)	50
Figura 3.15 – Vista Aérea do trecho onde o Córrego do Piçarrão corre paralelamente à Rodovia Anhangüera.....	53
Figura 3.16 – Aterro Santa Bárbara e suas imediações	54
Figura 3.17 – Mancha da evolução urbana no perímetro da Fepasa em 1900	60
Figura 3.18 – Trabalho realizado no Matadouro Municipal	61
Figura 3.19 – Despejos oriundos do Matadouro Municipal na planície da bacia do Córrego do Piçarrão.....	62
Figura 3.20 – Obras do PROCEN no Piçarrão	69
Figura 3.21 – Ocupação da várzea do Córrego do Piçarrão em sua porção inferior	71
Figura 3.22 – Atividade de mineração na bacia do Córrego do Piçarrão	73

LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CIAT – The International Center for Tropical Agriculture

CSD – The Commission on Sustainable Development

EEA – European Environment Agency

EPA – Environmental Protection Agency

ESCAP – Economic and Social Commission for Asia and Pacific

EUROSTAT – Statistical Office of the European Communities

IIED – International Institute for Environmental and Development

IISD – International Institute for Sustainable Development

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development

PMC – Prefeitura Municipal de Campinas

PNUMA – Programa de Evaluación del Medio Ambiente

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S. A.

SCOPE – Scientific Committee on Problems of the Environment

UNCED – United Nations Conference on Environment and Development

UNEP – The United Nations Environment Programme

UNESCAP – United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific

RESUMO

Serra, Ana Luiza Roma Couto. INDICADORES DE PRESSÃO PARA O CÓRREGO DO PIÇARRÃO. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

Palavras - chave: Indicadores Ambientais, Indicadores de Pressão, Águas urbanas, Córrego do Piçarrão.

Atender demandas por água potável e soluções sanitárias adequadas nas cidades e, ao mesmo tempo, considerar aspectos sociais, ecológicos e econômicos de sustentabilidade, representa um enorme desafio. Neste contexto, o uso de indicadores ambientais gera uma percepção sistemática e integrada da realidade ambiental, considerando grande quantidade de informações e vinculando questões, aparentemente, divergentes.

Os impactos da urbanização conduziram a muitos problemas e desequilíbrios ambientais, principalmente nas bacias hidrográficas. A falta de uma visão holística conduziu, a maioria dos cursos d'água urbanos, a um colapso ambiental: muitos rios são, agora, canais sanitários e a mata ciliar desapareceu. O resultado é que muitas cidades estão enfrentando crises de água potável, despendendo elevados recursos para trazerem “águas limpas” distantes e, ao mesmo tempo, afastar problemas de saúde pública de seus rios poluídos. Este é caso de Campinas, a segunda maior cidade do Estado de São Paulo. Nela, o Córrego do Piçarrão foi considerado fonte potencial de abastecimento de água, entretanto, desde o começo do último século, a ocupação

humana tem ameaçado esta bacia com o lançamento contínuo de parte dos esgotos *in natura* da cidade. O presente trabalho visa identificar indicadores de pressão ou estressores, que apontem os eventos que estão degradando a qualidade das águas deste córrego.

1. INTRODUÇÃO

Indicadores ambientais são instrumentos fundamentalmente ligados à comunicação. Seu uso possibilita organizar e sintetizar informações para melhor utilizá-las nas questões às quais estão relacionados. Desta forma, ao quantificarem e simplificarem informações relevantes, derivadas de fenômenos ou sistemas complexos, podem direcionar decisões nos níveis de administração — definições de políticas e suas respectivas regulamentações — e de gestão de recursos, que maximizem ganhos sociais e econômicos e minimizem impactos ambientais (PINTÉR et al., 2000). Sem indicadores, estratégias e programas bem elaborados podem tornar-se sem sentido, pois sem instrumentos para medi-los, não há como determinar avanços e recuos (SHYAMSUNDAR, 2002). Entretanto, sua utilidade está condicionada à disponibilidade, à qualidade e à validade de dados. Nesse sentido, informações e dados obtidos regularmente de monitoramentos e pesquisas são essenciais para o desenvolvimento de indicadores e índices ambientais.

No contexto dos centros urbanos e de sua interface com a temática ambiental, crescem as preocupações com a ruptura do funcionamento do ambiente natural em decorrência da concentração humana e das atividades a ela relacionadas (FUJIMOTO, 2000). Diante disso, e em convergência com a necessidade de se avaliar variáveis que causam ou podem causar problemas ambientais, para melhor conduzir os muitos desequilíbrios que afligem o espaço ambiental urbano, merece destaque o emprego dos indicadores ambientais, em especial os indicadores de pressão por possibilitarem a obtenção de uma visão geral das pressões exercidas sobre o meio ambiente, resumindo grande quantidade de informações e vinculando questões e dinâmicas aparentemente divergentes. Desse modo, tendências são visualizadas rapidamente, políticas

podem ser formuladas em consonância com a situação e o processo decisório orientado para soluções custo/benefício.

Nesses termos, embora a construção de conjuntos de indicadores ambientais não seja tarefa das mais fáceis — pois deve apreender as complexidades do sistema a ser retratado, custos, disponibilidade e dificuldades de agregação de dados — sua elaboração e posterior utilização como instrumento de apoio à decisão é essencial em função da diversidade e profusão de problemas e desequilíbrios ambientais decorrentes das pressões exercidas pelas atividades humanas desenvolvidas no espaço urbano, que têm afetado, principalmente, a qualidade das águas doces urbanas.

Especificamente, com relação à análise espacial dos processos interativos que ocorrem entre os cursos d'água urbanos e as diversas interferências que o modificam, o espaço deve ser compreendido *“não só como o meio ecológico, mas também como o locus onde ocorrem as relações sociais de ordem cultural, política e econômica”* (RUTKOWSKI, 1999), tendo em vista que *“nas cidades, o homem é o principal iniciador e operador das alterações ambientais”* (MOTA, 1999).

Portanto, a análise de impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas nas águas doces presentes nas regiões de implantação das cidades não deve ser limitada à área de influência imediata e local, ou de contenção de pressões, mas, sim, possuir uma visão holística que compreenda as múltiplas relações da região em estudo. Nesta perspectiva, surge o conceito de bacia ambiental (RUTKOWSKI, 1999) que, levando em conta aspectos sociais, flexibiliza os limites físicos do espaço em estudo para conter os diversos tipos de interferências modificadoras de tal espaço.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo principal selecionar indicadores de pressão relevantes para retratar as pressões ou estressores que degradam a qualidade das águas do Córrego do Piçarrão, localizado em Campinas, importante pólo de desenvolvimento regional do Estado de São Paulo.

Para nortear a construção do objetivo principal foram definidos os seguintes objetivos específicos: a) identificar as principais ações ou atividades potencialmente impactantes à qualidade das águas do córrego em estudo; b) levantar metas, objetivos e projetos para a região da bacia; c) definir critérios para a seleção dos indicadores de pressão. A hipótese deste trabalho preconiza que os indicadores de pressão, por apontarem alterações resultantes da ação de políticas sobre as causas dos problemas ambientais em um curto prazo, são instrumentos de particular importância para subsidiar o processo de tomada de decisões no caso das bacias urbanas.

O Córrego do Piçarrão faz parte da bacia hidrográfica do Rio Capivari, sendo o único córrego, cuja bacia hidrográfica está totalmente inserida na área urbana do município de Campinas. Nas últimas cinco décadas, entretanto, este córrego vem sofrendo significativos distúrbios físicos, químicos e biológicos, cujas raízes encontram-se no processo histórico da ocupação urbana, na variedade de atividades humanas desenvolvidas e, principalmente, em função do lançamento *in natura* de parte dos esgotos da cidade de Campinas. Desta forma, o Córrego do Piçarrão se constitui num desafio para sucessivas administrações municipais, consumindo vultosos recursos para a correção dos inúmeros problemas que incidem praticamente em toda a sua extensão.

Espera-se que os indicadores propostos sejam instrumentos úteis no auxílio à tomada de decisões necessárias à recuperação do referido córrego; e que, em um futuro próximo, este possa ser reenquadrado para atender às necessidades da comunidade local.

2. OBJETIVOS

A proposta do presente trabalho é contribuir para a seleção de indicadores que sejam úteis ao processo de tomada de decisões necessárias à recuperação do Córrego do Piçarrão. Para tanto, optou-se por trabalhar com indicadores de pressão. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo principal selecionar um conjunto de indicadores de pressão que reflita as pressões ou estressores que degradam a qualidade das águas do Córrego do Piçarrão. Os objetivos específicos estabelecidos são: a) identificar as principais ações ou atividades potencialmente impactantes à qualidade das águas do córrego em estudo; b) levantar metas, objetivos e projetos para a região da bacia; c) definir critérios para a seleção dos indicadores de pressão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Indicadores Ambientais

Foi a partir da realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992, no Rio de Janeiro, que a construção de indicadores e índices ambientais evidenciou-se no cenário internacional, estimulando a incorporação da informação ambiental no processo de tomada de decisões, embora já na década de 1970, discussões teórico-metodológicas direcionadas ao desenvolvimento de indicadores e índices ambientais fossem verificadas (LENZ et al., 2000). Entretanto, dificuldades metodológicas foram responsáveis por um período de calmaria nesta área, na década de 1980. Com a crescente atenção à questão do desenvolvimento sustentável, renovou-se o interesse por indicadores e índices ambientais, bem como por métodos estatísticos, para representar e interpretar a informação sobre a qualidade do meio ambiente (BAKKES et al., 1994; LENZ et al., 2000). No entanto, tal manifestação não se difundiu de maneira uniforme e, no período atual, muitos países estão montando suas redes de monitoramento ambiental e, conseqüentemente, construindo seus indicadores ambientais (RIGBY et al, 2000).

Esta renovada atenção pode ser remetida à reunião dos chefes de Estado e Governos (G-7) em Paris, 1989 (BAKKES et al., 1994). Embora conjuntos de indicadores já tenham sido propostos por organismos da Organização das Nações Unidas (*United Nations Environment Programme* - UNEP em 1984 e *United Nations Economic Commission for Europe* - UNECE em

1985), estes nunca passaram do estágio de propostas (BAKKES et al., 1994). Na reunião em Paris do G-7, colocou-se a necessidade da *Organisation for Economic Co-operation and Development* - OECD trabalhar no desenvolvimento de indicadores ambientais como um instrumento na busca do desenvolvimento sustentável. Este foi o ponto de partida que provocou uma avalanche de ações governamentais e de instituições internacionais na pesquisa e implementação de indicadores ambientais (BAKKES et al., 1994). Bakkes et al. (1994) citam várias datas de iniciativas de desenvolvimento de indicadores mas, com exceção das iniciativas da UNEP e UNECE, todas são posteriores a 1989. Portanto, o desenvolvimento de indicadores ambientais tem seu ápice a partir da década de 1990.

Com relação a iniciativas de países pioneiros no desenvolvimento de indicadores ambientais Bakkes et al. (1994) citam os trabalhos desenvolvidos pelo Canadá, Holanda, Dinamarca e Noruega.

Em junho de 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento aprovou, entre outros, a Agenda 21. Esta é um roteiro para implantação do desenvolvimento sustentável. Através de seus 40 capítulos apresenta diretrizes para a elaboração de um modelo de desenvolvimento que considere a sustentabilidade do manejo dos recursos naturais e da biodiversidade, equitativo nas relações econômicas internacionais e na distribuição da riqueza nacional, economicamente viável e que obtenha aceitação de todos os segmentos da sociedade (POLIDORO, 2000).

Para atender as demandas oriundas da Agenda 21, criou-se a Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Uma das necessidades anunciadas por esta Comissão foi a de estabelecer um conjunto de padrões para medir este progresso (MOLDAN & BILHARZ, 1997). Neste sentido, firmou-se um compromisso, no âmbito das Nações Unidas, para identificar conjuntos de indicadores, definir estruturas para organizá-los, descrever metodologias, testá-los no contexto nacional e promover treinamentos relativos ao seu uso. Assim, diversos órgãos das Nações Unidas, organizações internacionais e nacionais, ONGs, vêm trabalhando neste sentido. Vale a pena citar as seguintes: *Food and Agriculture Organisation* (FAO), *United Nations Development Program* (UNDP), *United Nations Environment Program*

(UNEP), *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), Banco Mundial, *World Resources Institute* (WRI), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), *Statistical Office of the European Commission* (EUROSTAT).

Os trabalhos desenvolvidos por estas instituições refletem um investimento cada vez maior na obtenção e análise de dados estatísticos aos níveis nacional e internacional. Um aspecto importante, nestes trabalhos, diz respeito à falta de consenso de quais indicadores seriam os mais apropriados para a construção de uma base comum para a avaliação dos dados obtidos em direção à sustentabilidade ambiental.

No âmbito dos países da América Latina e Caribe, a construção de conjuntos de indicadores ambientais ainda é incipiente. As iniciativas existentes são de competência de organismos governamentais de meio ambiente e/ou instituições estatísticas, compreendendo escalas diversas e enfoques metodológicos distintos (QUIROGA, 2001).

No que tange ao Brasil, a construção de seu conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável esteve a cargo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE, que os agregou quanto às Unidades da Federação. Foram produzidos 50 indicadores organizados nas dimensões social, ambiental, econômica e institucional, compreendendo os seguintes temas: Equidade, Saúde, Educação, População, Habitação, Segurança, Atmosfera, Terra, Oceanos, Mares e Áreas Costeira, Biodiversidade, Saneamento, Estrutura Econômica, Padrões de Produção e Consumo e Estrutura e Capacidade Institucional (IBGE, 2002). Esta iniciativa apoiou-se no documento publicado pela CSD em 1996, intitulado “indicadores de desarrollo sostenible: marco y metodologias” e as recomendações adicionais que o sucederam, adequando seu conteúdo à realidade brasileira (IBGE, 2002).

3.1.1. Definições

O uso de terminologias na área de indicadores é particularmente confuso (BAKKES et al., 1994). Autores definem indicadores diferentemente; há muitas ambigüidades e contradições com relação ao conceito geral de um indicador (GALLOPÍN, 1997).

Algumas definições específicas de indicadores na literatura incluem:

✓ *“parâmetro ou valor derivado de parâmetro, o qual provê informação a respeito do estado de um fenômeno, ambiente ou área, cujo significado excede àquele diretamente associado ao valor do parâmetro”*. Parâmetro por sua vez, é definido como *“uma propriedade que é medida ou observada”* (OECD, 1993);

✓ uma variável *“hipoteticamente ligada à variável estudada que não pode ser diretamente observada”* (CHEVALIER¹ et al., 1992 apud GALLOPÍN, 1997);

✓ *“um modelo empírico da realidade”* (HAMMOND² et al., 1995 apud GALLOPÍN, 1997);

✓ *“idealmente um indicador é um meio utilizado para reduzir uma grande quantidade de dados à forma mais simples, retendo significado essencial para as perguntas que estão sendo feitas aos dados”* (OTT³, 1978 apud LENZ et al., 2000);

✓ *“um indicador ambiental é um número que se refere ao estado, resposta ou desenvolvimento de aspectos importantes do meio ambiente”* (ALFSEN & SAEBO⁴, 1993 apud LENZ et al., 2000);

✓ *“um indicador é uma variável que descreve o estado de um sistema”* (WALZ, 2000);

✓ *“um indicador, compreendendo uma variável ou algumas variáveis agregadas, descreve um sistema ou processo, de tal forma que seu significado vai além do valor de cada um dos seus componentes. Seu objetivo é comunicar informação sobre o sistema ou processo”* (LORENZ et al., 2001).

¹ CHEVALIER, S. et al. **User guide to 40 Community health indicators**. Community Health Division, Health and Welfare Canadá, Ottawa. 1992.

²HAMMOND et al. **Environmental indicators**: a Systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, Washington, D.C. 1995.

³ OTT, W.R. **Environmental indices**. Theory and practice. [S.l.]: Ann Arbor, 1978.

⁴ ALFSEN, K.; SAEBO, H. Environmental Quality indicators: background, principles and exemplos from Norway. **Environ. Resour. Econ.**, 1993. v. 3, p. 415-435.

Bakkes et al. (1994) e Gallopín (1997) destacam que o termo indicador é, às vezes, utilizado livremente para incluir quase todos os tipos de informações quantitativas e que falta clareza e consenso a respeito do que é um indicador e que tal consenso requer, além de entendimento político, conhecimento lógico e epistemológico.

Para Bakkes et al. (1994) um indicador é uma peça de informação que é parte de um processo de gerenciamento específico e que pode ser comparado aos objetivos daquele processo de gerenciamento, além de ter associado a ele um significado que transcende seu valor real. Para eles os “*indicadores correspondem a visões específicas e servem a usuários específicos, o que os torna diferentes dos propósitos estatísticos gerais*” (BAKKES et al., 1994).

Gallopín (1997) considera os indicadores não como valores, mas como variáveis que representam um atributo de um sistema (qualidade, característica, propriedade). O atributo do sistema é quantificado através de medições ou observações, que o autor chama de entidades (dados concretos).

Segundo Herculano (1998) “*os indicadores ambientais são modelos que descrevem as formas de interação das atividades humanas com o meio ambiente, entendido este como: 1. fonte de recursos: minerais, energia, alimentos, matérias-primas em geral; 2. depósitos de rejeitos: lixo industrial e domésticos; efluentes líquidos e gasosos; 3. suporte da vida e da biodiversidade*”.

Godfrey & Todd (2001) observam que, historicamente, o termo indicador progrediu de uma definição mais ampla para definições mais pertinentes à medida que a necessidade deste instrumento estratégico ficava mais aparente. Esta evolução pode ser percebida nas definições a seguir procedentes da *United States Environmental Protection Agency* – EPA:

✓ um indicador é definido como uma “*estatística ou medida que facilita a interpretação e julgamento sobre uma condição, ou elemento do mundo, ou sociedade em relação a um padrão ou meta*” (EPA⁵, 1972 apud Godfrey & Todd, 2001);

⁵ Environmental Protection Agency-EPA, 1972. Quality of life indicators as cited in Dilks, D., Lura Group. In: MEASURING URBAN SUSTAINABILITY: CANADIAN INDICATORS WORKSHOP, 1995. **Proceedings...**

✓ “indicadores medem o progresso em direção a metas, marcos e objetivos. Eles geram informações sobre meio ambiente e qualidade do ecossistema ou fornecem evidências confiáveis de tendências em qualidade” (EPA⁶, 1996 apud Godfrey & Todd, 2001);

✓ “indicadores apresentam informações sobre condições ou tendências do estado ambiental, medem pressões ou estressores que degradam a qualidade ambiental, e podem avaliar as respostas da sociedade indicadas para melhorar as condições ambientais” (EPA, 1996 apud Godfrey & Todd, 2001).

3.1.2. Funções dos Indicadores

Segundo Bakkes et al. (1994) os indicadores ambientais deixaram de ser números ou estatísticas, pura e simplesmente, para tornarem-se representações do estado de um sistema, uma vez que são elementos específicos de monitoramentos. Conseqüentemente, os indicadores estão habilitados a guiar ações. Entretanto, deve-se ter claro que indicadores são elementos específicos de um dado processo, logo indicadores satisfatórios para uma função, podem não o ser para outras; não há um conjunto de indicadores ambientais que seja universal. Sua configuração deverá atender as necessidades de seus usuários.

Na visão da OECD (1993), as principais funções dos indicadores ligam-se à redução do número de medidas e parâmetros necessários para gerar uma representação exata de uma dada situação, além de simplificarem o processo de comunicação com o usuário, resumindo os resultados das medições feitas no sistema analisado⁷.

⁶ Environmental Protection Agency-EPA. **United States Environmental Protection Agency report 841-R-96-002: Environmental indicators of water quality in the United States.** 1996.

⁷ A OECD (1993) enfatiza que: “devido à simplificação das informações e adaptações necessárias para atender as necessidades dos usuários, os indicadores nem sempre atendem ao rigor científico para demonstrar a rede de causalidade. Desta forma, devem ser considerados como uma expressão do melhor conhecimento disponível.”

Tunstall⁸ (1992) citado por Bakkes et al. (1994) ressalta as seguintes funções: 1. avaliação das condições e tendências ambientais numa escala nacional, regional e global; 2. comparação entre países e regiões; 3. prognosticar e projetar tendências; 4. fornecer informações preventivas; 5. avaliar condições e tendências em relação a metas e objetivos.

Winograd et al. (1995) salientam as funções de:

- ✓ determinar mudanças e condições no meio ambiente em relação à sociedade e ao processo de desenvolvimento;
- ✓ diagnosticar causas e efeitos potenciais dos problemas detectados, ou mudanças no estado do meio ambiente para elaborar respostas e adaptar ações;
- ✓ prognosticar futuros impactos das atividades humanas, das mudanças ambientais, e elaborar estratégias e políticas alternativas.

Gallopin (1997) distingue a relevância dos indicadores para a política e à tomada de decisões, destacando que os atributos representados pelos indicadores devem ser considerados importantes pelos tomadores de decisões e pelo público em geral.

3.1.3. A Pirâmide de Informações

A produção de informação ambiental direcionada à tomada de decisões, implica em um processo dinâmico de síntese e agregação de dados e observações que se realiza em diferentes etapas (WINOGRAD et al., 1995; WALZ, 2000). Desta forma, para se elaborar um sistema de indicadores capaz de cumprir com as funções de simplificação, quantificação, análise e

⁸ TUNSTALL, D. **Developing Environmental Indicators: Definitions, Framework, and issues** , In World Resources Institute Workshop on global Environmental indicators, Washington, D.C. 1992.

comunicação, deve-se estruturar o volume de observações e dados coletados, de maneira a facilitar sua agregação e agrupamento lógico.

Schomaker (1996) salienta que, neste processo, deve existir uma ligação mais direta entre o produtor e o usuário da informação pois dependendo de quem quer saber, diferentes níveis de detalhes e de formas da informação são requeridas. Uma vez que o porquê esteja claro, os dados necessários podem ser decididos.

A coleta de dados e a organização da informação podem ser representadas pela pirâmide de informação (figura 3.1). Esta organiza a informação em camadas. A base ampla e o ápice indicam níveis crescentes de agregação de dados. As camadas não são categorias independentes, utiliza-se a anterior para construir as camadas posteriores indicando um aumento no conteúdo de informação, assim como, no grau de consolidação e simplificação desta. Na parte superior da pirâmide encontram-se os indicadores e índices que representam a forma mais sintética de agrupamento de dados primários derivados de monitoramentos e análises de dados. Esta estrutura hierárquica baseia-se no princípio de que os índices são “uma agregação matemática de variáveis ou indicadores” (LORENZ et al., 2001) ou de que um índice é freqüentemente construído ponderando-se vários indicadores (LENZ et al., 2000), portanto o resultado final de um elevado grau de agregação de indicadores.

Dados primários referem-se a medidas diárias de parâmetros de interesse em uma estação de monitoramento, por exemplo. Dados analisados podem incluir médias anuais para cada um dos parâmetros analisados — agregação de dados — e/ ou combinação de parâmetros — reunião de dois ou mais parâmetros para originar nova informação. Usualmente as análises são apresentadas como séries temporais de informação — mostram mudanças no parâmetro medido em dada localização ao longo do tempo (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 1999).



Figura 3.1 - Pirâmide de Informação.

Fonte: ASIAN DEVELOPMENT BANK (1999).

A rigor, como metodologias para coleta e análise de dados são bem conhecidas, particularmente em relação a parâmetros físicos, as principais preocupações têm sido se os dados estão sendo efetiva e adequadamente coletados, se existe um padrão de análise e de apresentação dos dados e, finalmente, se a informação está realmente influenciando a tomada de decisões (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 1999), pois decisões mal tomadas podem ser, elas próprias, a causa de problemas ambientais.

Um aspecto fundamental que dificulta a elaboração de indicadores e índices, segundo o relatório do *Asian Development Bank* (1999), diz respeito à excessiva quantidade de dados em relação ao número de indicadores e índices desejados. Diante disso a pirâmide de informações pode ser pensada como um funil invertido, cuja base comporta uma grande quantidade de dados que devem ser comprimidos para gerar, no topo, um índice (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 1999). Entretanto, o trabalho de Segnestam et al. (2000), *“Developing Indicators: Lessons Learned from Central América”*, mostrou que, na prática, existe uma falta generalizada de dados primários nos países analisados, levando ao desenvolvimento de indicadores e índices a partir de uma quantidade limitada de dados. Corroborando com a visão desses autores, a *Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável – CSD* (2001), destaca que existem *gaps*

significativos na disponibilidade e uso da informação em muitos países, principalmente, naqueles em desenvolvimento.

Vale ressaltar que a construção de um índice é uma maneira de se reduzir o volume de dados e, ao mesmo tempo, reter significado para questões particulares (BAKKES et al., 1994). Nesse sentido, devido ao elevado grau de agregação envolvido na construção do índice, a metodologia empregada deve ser cuidadosamente escolhida, pois ela dará maior credibilidade à aplicação deste. Em geral, se o índice é apropriadamente construído, ele pode representar um quadro simplificado do estado do ambiente, e proporcionar uma visão mais ampla aos tomadores de decisões, do que um simples indicador ou mesmo um conjunto de indicadores pode proporcionar (LENZ et al., 2000). Outra forma de pensar os indicadores e índices é dada por Lorenz et al. (2001), que salientam que enquanto os indicadores são construídos, tendo como base critérios científicos; os índices refletem uma forma densa e compacta de informação para gerenciamento e desenvolvimento político, onde os critérios de ponderação das informações para construção do índice refletem as preferências sociais. Na visão destes autores, a construção do índice tem como objetivo “responder às necessidades da sociedade”.

Para Bakkes et al. (1994), o conceito de índice está relacionado ao “resultado da combinação de várias variáveis ou parâmetros em um único valor, atribuindo um peso relativo a cada componente”.

A EPA⁹ (1995) citada por Winograd et al. (1995) conceitua “índice como uma agregação de estatísticas e/ou indicadores que resumem grande quantidade de informação relacionada e que utiliza algum processo sistemático para atribuir pesos relativos, escalas e agregação de variáveis em um único resultado”.

⁹ Environmental Protection Agency-EPA, 1995 **A conceptual framework to support the development and use of environmental information for decision-making**. Environmental Statistics and Information Division, Office of Police, Planning and Evaluation. 1995.

3.1.4. O Processo de Tomada de Decisões

O processo de tomada de decisões é dinâmico e cíclico, realizado em diferentes níveis da sociedade, levando-se em conta diversos aspectos culturais, sociais, econômicos, institucionais, políticos e ambientais (WINOGRAD et al., 1995); neste sentido, modelos tradicionais de tomada de decisões, estreitamente focados em respostas para problemas percebidos isoladamente, acabam tornando-se parte do problema (PINTÉR et al., 2000).

Cada estágio do ciclo de tomada de decisões usa e requer informação diferenciada. Assim, os indicadores são instrumentos específicos para cada fase do ciclo (MOLDAN, 1997). De forma geral, o uso de indicadores nestas diferentes etapas pode ajudar, entre outros, a sintetizar e analisar abundante informação técnica, a propor medidas e ações sobre temas prioritários, a identificar problemas e áreas de ação, a fixar metas e objetivos de desenvolvimento e qualidade ambiental e a medir e comunicar evoluções e tendências sobre o estado do meio ambiente e recursos naturais (WINOGRAD et al., 1995).

Bakkes et al. (1994) caracterizam três fases neste processo: 1. identificação do problema, 2. desenvolvimento de políticas para atacá-lo/solucioná-lo e 3. controle dos resultados. Moldan (1997) apresenta para este processo, uma estrutura mais detalhada, composta de cinco estágios (figura 3.2):

✓ estágio 1 - Identificação do problema: problemas ambientais podem não ser óbvios. Devido à complexidade das interações, a identificação de um problema ambiental pode levar décadas. O primeiro passo é definir um fenômeno como um problema e, neste estágio, o uso de indicadores pode caracterizar a questão de uma maneira clara e persuasiva (MOLDAN, 1997).

Para Winograd et al. (1995), os indicadores adequados a esta fase são os do tipo descritivo, que sintetizam um conjunto de situações e medidas individuais para diferentes tipos de problemas;

✓ estágio 2 - Reconhecimento público do problema: inicialmente, o envolvimento do público é pequeno, mas para que um efeito ambiental seja considerado um problema, o envolvimento do público é fundamental, pois as soluções, para este, passam necessariamente pelo envolvimento político, dada à complexidade dos problemas e à multiplicidade dos agentes envolvidos. Nesta etapa o uso dos indicadores se torna fundamental pois, pela sua agregação, permitem a visualização fácil das tendências ambientais, permitindo o engajamento público no processo decisório (MOLDAN, 1997);

✓ estágio 3 – Formulação de políticas: nesta etapa é necessário estabelecer metas ou objetivos. Estes objetivos/metasp são formulados pelos agentes que efetivamente participam do processo de decisão e discutidos com os agentes que serão afetados, por tais medidas, na procura de um consenso (MOLDAN, 1997). Assim são requeridos indicadores agregados capazes de sintetizar e analisar as recomendações e que possibilitem inter-relacionar setores e problemas, de maneira a produzir e comunicar informação útil para a formulação de políticas e estratégias (WINOGRAD et al., 1995);

✓ estágio 4 - Implementação de políticas: esta é a etapa mais demorada no processo decisório e a mais difícil. Devido ao grande número de atores envolvidos e a possibilidade real de existirem interesses conflitantes, a tomada de decisões envolverá a participação ativa de processos políticos de negociação (MOLDAN, 1997). Segundo Winograd et al. (1995) um conjunto de indicadores agregados e índices associados a objetivos e metas gerais devem ser elaborados nesta fase;

✓ estágio 5 - Avaliação das políticas implementadas: esta etapa apresenta dois objetivos principais: avaliar se as políticas formuladas na etapa quatro foram efetivamente executadas e em qual extensão e se estas foram efetivas para o atendimento dos objetivos estipulados no item três (MOLDAN, 1997).

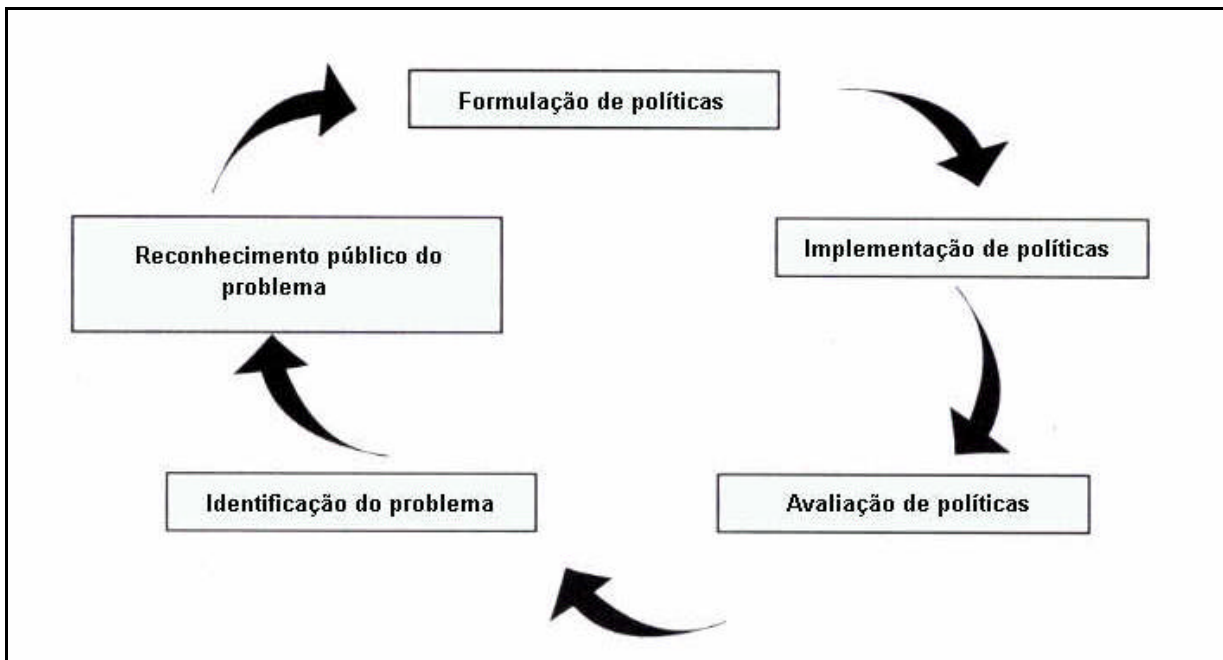


Figura 3.2 - Cinco estágios do ciclo de tomada de decisões.

Fonte: MOLDAN (1997).

Por fim, como o processo é dinâmico, novos problemas podem surgir tornando necessário novas identificações e diagnósticos para posteriores definições de políticas e suas respectivas implementações e avaliações.

3.1.5. Modelos para a Classificação de Indicadores

A literatura pertinente à área de indicadores recomenda a elaboração de um arcabouço teórico que norteie a classificação destes. Neste sentido, várias diretrizes ou estruturas metodológicas têm sido desenvolvidas.

Na visão de Segnestam et al. (2000), a definição deste arcabouço teórico implica em um delicado equilíbrio entre validade científica, anuência política e exequibilidade técnica. Os autores salientam que:

✓ os modelos são cruciais para estruturar a informação requerida, no sentido de reconhecer padrões de desenvolvimento, identificar necessidades e prioridades, definir políticas e implementar ações;

✓ a ausência de um modelo conceitual gera dados incompatíveis, dificuldade de utilizar a informação e a multiplicação de conjuntos de indicadores que são difíceis de ajustar;

✓ o modelo deve ser flexível, respondendo: ao nível de análise selecionado (nacional, regional e local), ao que se deseja monitorar e quais indicadores e índices devem ser utilizados para monitorar os aspectos relevantes, no nível de análise selecionado. Desta forma, diferentes necessidades podem ser apreendidas do modelo escolhido;

Segundo *“United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific”* — UNESCAP (2001), essas estruturas conceituais permitem:

✓ guiar o processo de coleta de dados e informações;

✓ são instrumentos de comunicação úteis para os usuários, estruturam e resumizam informações de diferentes fontes;

✓ sugerem agrupamentos úteis e lógicos para conjuntos de dados relacionados, promovendo sua interpretação e integração;

✓ podem ajudar a identificar questões importantes para as quais falta informação adequada, identificando a necessidade da coleta de dados;

✓ ajudam a estender a carga de trabalho, estruturando a coleta, o processo de análise e relato das informações através dos vários assuntos e áreas pertinentes.

Bakkes et al. (1994) salientam que a classificação dos indicadores, seguindo um modelo, conduz a um maior entendimento de quais indicadores devem ser empregados para se obter uma melhor descrição do sistema, e quais indicadores devem ser combinados para se lograr um índice. Em seu trabalho de revisão eles propõem uma classificação tridimensional baseada: no propósito

de uso dos indicadores – político ou desenvolvimento científico; nos assuntos que descrevem, pode ser um compartimento do meio ambiente – como água ou ar, ou um tema como fertilização ou acidificação; e na posição que ocupam numa cadeia de causalidade.

Dos diversos modelos conceituais disponíveis para guiar a seleção e o desenvolvimento de indicadores, o modelo Pressão-Estado-Resposta da OECD (figura 3.3) é o mais aceito a nível mundial, pela sua simplicidade, facilidade de uso e possibilidade de aplicação em diferentes níveis, escalas e atividades humanas. Tal modelo foi gerado, a partir do original de Pressão-Resposta desenvolvido por Friend & Rapport (1979)¹⁰ para ecossistemas (WINOGRAD et al., 1995).

Baseia-se no conceito de causalidade: as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente alterando sua quantidade e qualidade de recursos naturais (estado). A sociedade responde a essas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta da sociedade). Esta última representa nova atividade humana que fecha o ciclo, exercendo novas pressões sobre o meio ambiente. Obviamente, que o mundo real é mais complexo e dinâmico do que uma rede de causalidade pode expressar; a própria OECD (1993) ressalta que a noção de causalidade implícita neste modelo tende a sugerir relacionamentos lineares nas interações entre meio ambiente e atividades humanas; o que não deve obstruir a visão de relacionamentos mais complexos nos ecossistemas e nas interações entre economia e meio ambiente.

Nesta mesma linha, Gallopín (1997) enfatiza que os usuários deste modelo são facilmente tentados a utilizá-lo dentro de uma visão mecanicista, vendo a pressão como causa, o estado como efeito, e a resposta como uma realimentação reguladora. Este autor destaca ainda que o meio ambiente não é um receptor passivo das influências humanas; tanto o subsistema ambiental como o humano apresentam dinâmicas que resultam em efeitos que não são simples funções diretas dos *inputs*.

¹⁰ FRIEND, A.; RAPPORT, D. **Towards a comprehensive framework for environment statistics: A stress-response approach.** [Ottawa: Statistics Canada], 1979. Catalogue 11-510.

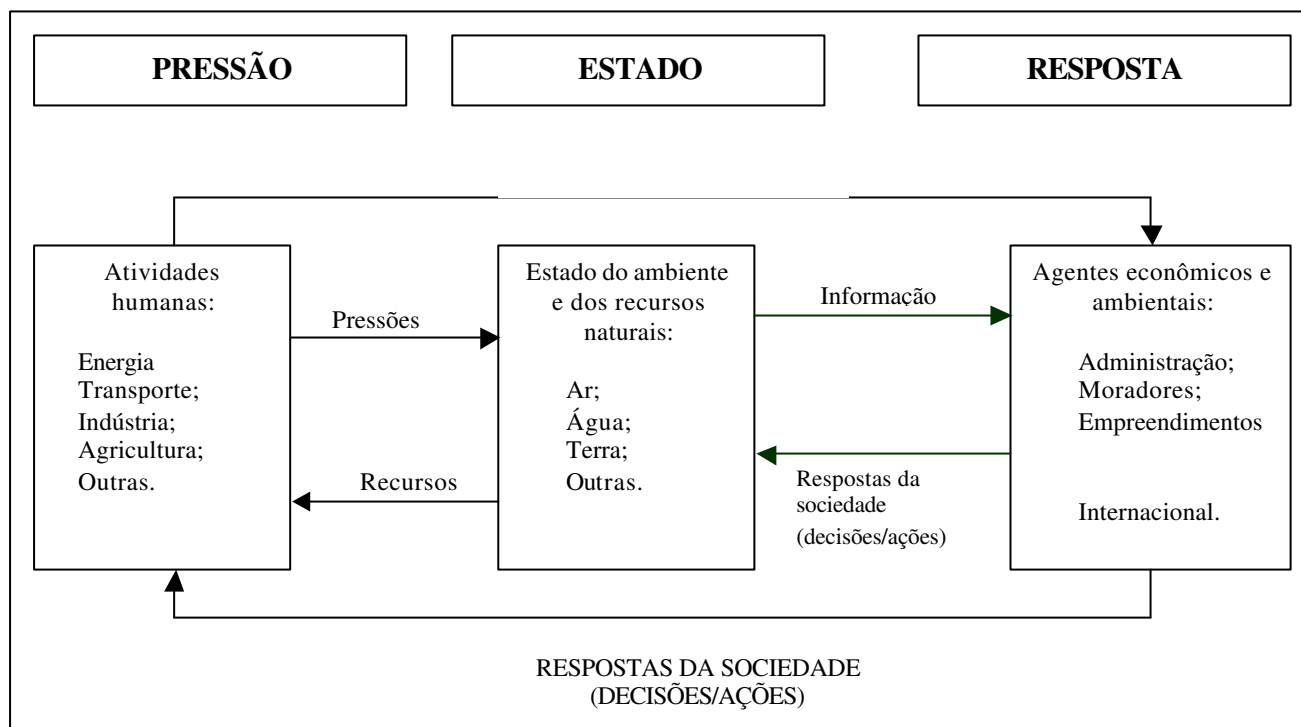


Figura 3.3 - Modelo Pressão-Estado-Resposta.

Fonte: Environment Monographs nº 83 (OECD, 1993).

A dinâmica de mudança dos sistemas a uma força perturbadora pode ser caracterizada pela sua inércia — a resistência do sistema a uma força perturbadora; e a sua resiliência — forma como o sistema responde a uma força perturbadora (WESTMAN, 1985). Estes fatores tornam difícil a correlação direta e simples entre os elementos causadores de pressão e a resposta do ecossistema. Complicando ainda mais a análise, tanto a inércia como a resiliência dos ecossistemas, dependem da natureza da força perturbadora e do atributo do ecossistema avaliado (WESTMAN, 1985). Como consequência, a identificação das relações causa/efeito nos sistemas socioambientais, sem estudos detalhados, torna-se difícil.

Outro aspecto importante ressaltado por Gallopín (1997), é o risco de uma visão linear conduzir a políticas errôneas, que podem falhar ou voltar-se contra, se aplicadas indiscriminadamente. Finalizando, ele observa que o modelo da OECD, mesmo para o caso dos indicadores ambientais, é melhor percebido como uma taxonomia útil para se ordenar indicadores, mas sem uma causalidade funcional subjacente.

Três tipos de indicadores são identificados neste modelo:

✓ Indicadores de Pressão: descrevem as pressões exercidas pelas atividades humanas sobre o meio ambiente, incluindo a qualidade e quantidade de recursos naturais. Estes indicadores são classificados em dois grupos: de pressão direta e indireta sobre o meio ambiente. O primeiro grupo corresponde a externalidades criadas pelas atividades humanas, como, por exemplo, o volume de resíduos gerados, emissões de poluentes atmosféricos. Ao segundo grupo, estão relacionadas questões socioeconômicas, tais como, crescimento populacional e desenvolvimento econômico (BAKKES et al.,1994). Pintér et al. (2000) consideram as pressões exercidas no meio ambiente como o ponto de partida para se tentar resolver os problemas ambientais, sob a perspectiva política.

✓ Indicadores de Estado: referem-se à qualidade do ambiente assim como a qualidade e quantidade dos recursos naturais. Devem fornecer uma avaliação da situação (estado) do ambiente e sua evolução no tempo e não, das pressões sobre ele.

Na prática, a distinção entre pressões e condições ambientais pode ser ambígua e a mensuração desta última difícil e de alto custo. Desta forma, freqüentemente utilizam-se medidas de pressão ambiental em substituição às medidas das condições ambientais, por exemplo, qualidade do ar avaliada através de medições de concentrações de contaminantes atmosféricos (OECD, 1993).

✓ Indicadores de Resposta: são medidas que mostram as respostas da sociedade às mudanças e preocupações ambientais. Estas respostas referem-se a ações individuais ou coletivas para mitigar, adaptar ou prevenir impactos negativos decorrentes das ações humanas sobre o meio ambiente e deter ou reverter danos ambientais. Também incluem ações para preservação e conservação do meio ambiente e recursos naturais. Indicadores ou medidas de respostas sociais satisfatórios, tendem a ser os mais difíceis de desenvolver e interpretar¹¹(OECD, 1993).

Por sua vez, estes três tipos de indicadores são reunidos por temas que refletem desafios ambientais atuais. Tais temas *“servem como um foco para o desenvolvimento dos indicadores”*

¹¹ A natureza quantitativa dos indicadores torna os indicadores de resposta social limitados, à medida que muitas respostas só podem ser expressadas em termos qualitativos (OECD, 1993).

(OECD, 1993). Os temas propostos pela OECD são: mudança climática, redução da camada de ozônio, eutrofização, acidificação, contaminação tóxica, qualidade ambiental urbana, biodiversidade, paisagens, resíduos, recursos hídricos, recursos florestais, recursos pesqueiros, degradação do solo — desertificação e erosão, e indicadores gerais — não atribuídos a temas específicos. Cabe ressaltar que esta listagem não é, necessariamente, final nem exaustiva, pelo contrário, trata-se de uma listagem flexível que permite incluir ou abandonar temas de acordo com sua relevância ambiental. Os nove primeiros temas ambientais reportam-se à qualidade do ambiente e são considerados orientados para o reservatório — “*sink-oriented*” — os quatro seguintes focam sobre a quantidade dos recursos naturais e são considerados orientados para a fonte — “*source-oriented*”—, enquanto o último tema, destina-se a abrigar indicadores que não estão associados diretamente a um tema específico (OECD, 1993).

Gouzee et al. (1995), analisando onexo entre o processo de tomada de decisões e os indicadores do modelo retratado acima, assinalam que os indicadores de estado são importantes na identificação e construção da percepção dos problemas ambientais e que eles têm limitações para as outras etapas do ciclo. Para esses autores, os indicadores de pressão são, particularmente, úteis na formulação, implementação e avaliação de políticas, pois sintetizam informações sobre as causas dos problemas ambientais, fornecendo valores para o estabelecimento de objetivos a serem implementados, além de concederem padrões úteis para a avaliação de políticas. Para os autores, os indicadores de resposta também oferecem importantes medidas dos esforços institucionais ou governamentais, entretanto, eles não revelam informação diretamente ligada à efetividade das políticas em alcançar metas, ou seja, sobre as melhorias ocorridas no meio ambiente. Gouzee et al. (1995) concluem que “*os indicadores de pressão são de particular importância para apoiar o processo de tomada de decisões*”.

O modelo Força Motriz–Estado–Resposta foi adotado em 1995 pela Comissão das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável como um instrumento para organizar a informação sobre desenvolvimento sustentado e, para desenvolver, apresentar e analisar indicadores de desenvolvimento sustentável (MORTENSEN, 1997).

Neste modelo os componentes são:

- ✓ Força Motriz — Driving Force — referem-se a atividades humanas, processos e padrões que exercem impactos sobre o desenvolvimento sustentável;
- ✓ Estado: referem-se ao “estado” do desenvolvimento sustentável;
- ✓ Resposta: medidas políticas e outras respostas às mudanças no desenvolvimento sustentável.

Este modelo deriva da abordagem Pressão–Estado–Resposta da OECD e permite uma melhor inclusão de variáveis não ambientais (RIGBY et al., 2000). A substituição do termo “pressão”, do modelo da OECD, pelo termo forças motrizes foi motivada pelo desejo de se incluir indicadores econômicos, sociais e institucionais de desenvolvimento sustentável (RIGBY et al., 2000).

Outro aspecto que separa este modelo do seu predecessor é que não há suposição de causalidade entre os indicadores de cada uma das categorias¹² (RIGBY et al., 2000). O termo força motriz indica que houve um impacto sobre o desenvolvimento sustentado, o qual pode ser positivo e/ou negativo¹³ — algumas atividades têm impacto positivo sobre aspectos do desenvolvimento sustentável, mas impacto negativo sobre aspectos do meio (MORTENSEN, 1997).

O modelo Força Motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta (figura 3.4) é uma adaptação avançada do modelo de Pressão-Estado-Resposta da OECD pela *Statistical Office of European Union* — EUROSTAT e pela *European Environment Agency* — EEA, sendo útil para descrever as conexões entre as origens e as conseqüências dos problemas ambientais (SMEETS&WETERINGS, 1999).

¹²Este modelo é de fato uma matriz que incorpora três tipos de indicadores horizontalmente e as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável — social, econômica, ambiental e institucional — verticalmente.

¹³ O que não é o caso da categoria pressão utilizada pela OECD.

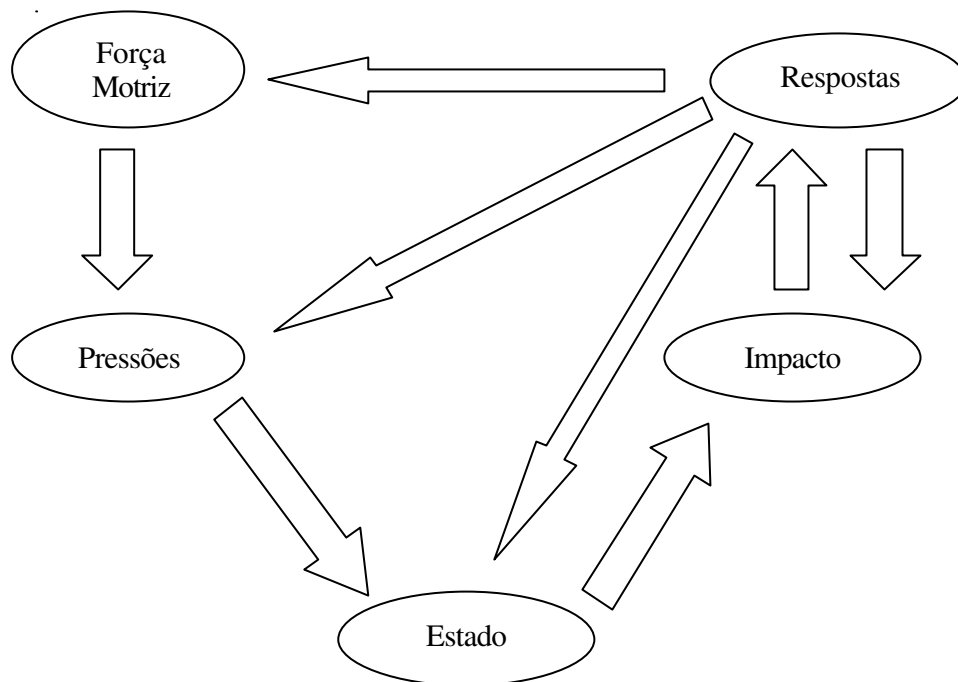


Figura 3.4 – Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

Fonte: SHAH (2000).

As categorias presentes neste modelo incluem: Forças Motrizes — *Driving Force*— que representam o desenvolvimento econômico, social e demográfico da sociedade e as correspondentes mudanças nos estilos de vida, níveis de consumo e padrões de produção. As principais forças motrizes segundo Shah (2000) são o crescimento da população e as mudanças nas necessidades e atividades individuais. Tais forças provocam mudanças nos níveis de produção e consumo e desse modo exercem pressões sobre o meio ambiente, que podem se manifestar, por exemplo, pelo uso excessivo de recursos naturais, mudanças no uso do solo e emissões para a água, ar e solo.

Os indicadores de Pressão portanto, descrevem variáveis que causam ou podem causar problemas ambientais; comunicam com este propósito, informações sobre emissões, aplicações de agentes químicos e biológicos, uso do solo e de outros recursos.

As pressões exercidas pelos padrões de produção e consumo da sociedade são subsequentemente transformadas em uma variedade de processos naturais que podem resultar em mudanças no estado do meio ambiente. Dessa forma, o componente Estado transmite

informações sobre o nível, qualidade e/ou quantidade de fenômenos físicos, químicos e biológicos em uma dada área num tempo determinado. Esses indicadores mostram a condição atual do meio ambiente. As mudanças no estado do meio ambiente podem gerar impactos econômicos e ambientais sobre os ecossistemas e, eventualmente, sobre a saúde e bem estar humanos. Com relação ao componente Impacto, este apresenta dados sobre o impacto que a mudança de estado causou no meio ambiente. Seus indicadores descrevem os efeitos finais das mudanças de estado.

As respostas referem-se às reações da sociedade aos impactos, a fim de prevenir, mitigar, melhorar ou adaptar-se a esses impactos. Neste sentido, os indicadores de Resposta demonstram os esforços da sociedade — decisores, público em geral, políticos — para resolver os problemas ambientais (SHAH, 2000).

O fluxograma abaixo (figura 3.5) ilustra essas relações.

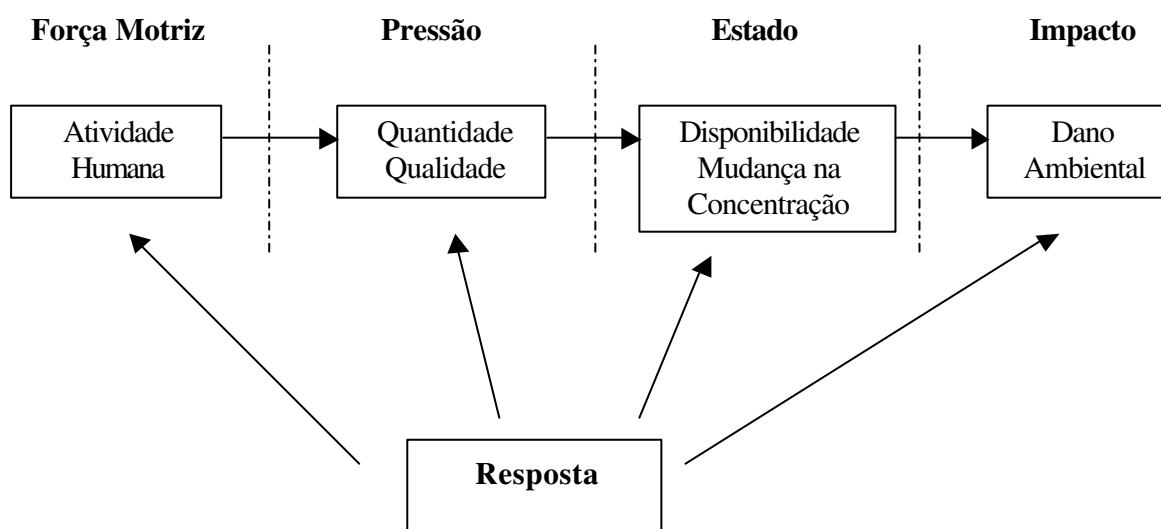


Figura 3.5 - Fluxograma das relações causais no modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta.

Fonte: modificado de SHAH (2000).

O modelo Pressão-Estado-Impacto/Efeito-Resposta é também uma variação do modelo da OECD, proposto por Winograd et al. (1995) para o estudo de indicadores ambientais e de sustentabilidade para a América Latina e Caribe. Nele são propostos cinco grupos de indicadores:

- ✓ indicadores de pressão sobre o meio ambiente: observam as causas dos problemas ambientais;
- ✓ indicadores de estado do meio ambiente: relacionam-se à qualidade do meio ambiente em função dos efeitos das ações antrópicas;
- ✓ indicadores de impacto sobre o meio ambiente e a sociedade: observam os efeitos ou impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente e vice-versa;
- ✓ indicadores das respostas sobre o meio ambiente: referem-se às medidas e respostas tomadas pela sociedade para melhorar o meio ambiente;
- ✓ indicadores dos progressos para a sustentabilidade: são indicadores prospectivos que se relacionam com os progressos necessários para a sustentabilidade.

Para cada categoria do modelo proposto, são identificados e selecionados indicadores em função de variáveis regionais definidas com base em problemas e áreas consideradas prioritárias para a América Latina e Caribe. As variáveis são: população, desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e humano, energia e transporte, indústria e materiais, atmosfera e clima, resíduos, agricultura e alimentação, florestas e savanas, ecossistemas e uso das terras, biodiversidade, recursos costeiros, águas doces, eventos naturais.

Deve-se explicitar as relações causais e analisar as relações entre as variáveis. O autor observa que em muitos casos as relações entre pressão, estado, impacto/ efeito e resposta não são lineares e o uso do modelo neste caso organizará a informação de maneira taxonômica. De qualquer forma, será possível visualizar algumas interações e relações existentes, possibilitando uma visão de conjunto acerca do processo de desenvolvimento e sua relação com o meio ambiente.

Modelos que organizem a seleção e o desenvolvimento de indicadores são essenciais. Não obstante, deve-se reconhecer que qualquer modelo é uma ferramenta imperfeita para

organizar e expressar as complexidades e inter-relações abrangidas pelos subsistemas ambiental e humano.

Desta maneira, tanto a escolha do modelo mais adequado como do conjunto de indicadores devem ser centradas nas necessidades e prioridades dos usuários — decisores, sociedade civil e técnicos, responsáveis em última instância pela utilização desse tipo de informação (UNEP, 2001).

3.1.6. Critérios para a Seleção de Indicadores

Indicadores ambientais são, fundamentalmente, informações que representam de forma simplificada sistemas complexos e dinâmicos, cuja finalidade é o uso no processo decisório. Este uso requer informação apropriada para a tomada de decisões. Desta forma, os indicadores ambientais devem ser capazes de satisfazer critérios de seleção pré-determinados para assegurar sua validade. Esses critérios fornecem uma série de diretrizes que se ajustam ao processo de tomada de decisões, para resultar em um indicador que satisfaça as necessidades de seus usuários.

Walz (2000) salienta a importância em se atender critérios científicos, funcionais e pragmáticos. Com relação aos critérios científicos, este autor enfatiza a consideração do contexto ecológico, a escolha de escalas espaciais e temporais apropriadas, bem como clareza, transparência e reprodutibilidade de resultados. A importância de se preencher estes últimos requisitos, segundo Walz (2000), deve-se ao fato de um sistema de indicadores ambientais apresentar julgamentos de valor, em função da alta complexidade dos sistemas ecológicos, a qual é apreendida somente parcialmente. Assim, a necessidade de transparência e reprodutibilidade dos resultados têm a função de garantir que seja possível controlar os resultados obtidos. Além disso, estes critérios visam garantir que os valores de julgamentos, suposições e simplificações estejam explicitamente claros, tornando a discussão destes itens possíveis.

Quanto ao desenvolvimento do indicador, este deve ser acompanhado da documentação de sua estrutura interna e lógica, em conjunto com a nomeação dos critérios utilizados no processo de seleção.

Vários requisitos funcionais devem ser satisfeitos para que um sistema de indicadores seja considerado bem sucedido. Assim para cumprir a finalidade de melhorar a comunicação sobre o meio ambiente e refletir tendências temporais, um sistema de indicadores ambientais deve fornecer uma perspectiva geral deste, em vez de uma visão detalhada dos problemas ambientais selecionados (WALZ, 2000). Logo, é necessário limitar o número de indicadores para se alcançar o grau de agregação necessário a este requisito.

Para servir como um instrumento que subsidie a elaboração de políticas, um sistema de indicadores deve ser inteligível, e estar relacionado aos problemas ambientais discutidos na sociedade, além de conterem variáveis sensíveis às mudanças no meio ambiente ao longo do tempo e que sejam influenciadas pelas políticas ambientais adotadas, servindo, desta forma, como um tópico das políticas ambientais (WALZ, 2000).

Com referência aos critérios pragmáticos, Walz (2000) destaca os custos na obtenção do indicador, que devem ser razoavelmente baixos. Assim, os indicadores ambientais devem estar baseados em sistemas de informações ambientais já existentes, além de serem construídos em curto a médio prazo, de modo a atender a necessidade de uso dos mesmos, tão logo estejam disponíveis, o que enfatiza a necessidade de se ter uma base de dados disponível.

Entretanto, Walz (2000) registra que se deve ter em mente, que estes diferentes critérios, necessariamente não se complementam e algumas vezes entram em conflito. Dessa forma, é necessário realizar uma escolha equilibrada entre os diferentes critérios. Como resultado, um sistema de indicadores ambientais se desviará das exigências ideais, em maior ou menor grau (WALZ, 2000).

Os critérios propostos pela OECD (1993) para guiar a seleção de indicadores apropriados são¹⁴:

¹⁴ A OECD (1993) ressalta que estes critérios descrevem um indicador ideal e não os encontrados na prática

1 - Com relação à relevância política e utilidade aos usuários:

- ✓ devem gerar uma imagem representativa das condições ambientais, pressão sobre o meio ambiente ou resposta da sociedade;
- ✓ devem ser simples, fáceis de interpretar e capazes de mostrar tendências ao longo do tempo;
- ✓ devem ser sensíveis às mudanças no meio ambiente e às atividades humanas relacionadas;
- ✓ devem gerar uma base para comparações;
- ✓ devem estar associados a metas ou valores de referência, que sirvam para comparações, de modo a possibilitar aos usuários avaliar o significado dos valores associados a ele;

2 - Com respeito à base analítica:

- ✓ ser teoricamente bem fundamentado em termos científicos e técnicos;
- ✓ ser baseado em normas e consensos internacionais sobre sua validade;
- ✓ ser capaz de se relacionar a modelos econômicos, sistemas de informações e previsões;

3 - Com relação à mensurabilidade: os dados utilizados na construção dos indicadores devem:

- ✓ ser facilmente disponíveis ou tornados disponíveis a um custo razoável;
- ✓ ser adequadamente documentados e de qualidade conhecida;
- ✓ ser atualizados a intervalos regulares de acordo com procedimentos confiáveis.

Bakkes et al.(1994) e Walz (2000) atentam para o fato de que muitas vezes a seleção de indicadores é mais dirigida pela disponibilidade de dados do que pelas exigências para se estruturar um sistema de indicadores representativo.

3.2. Bacias Ambientais

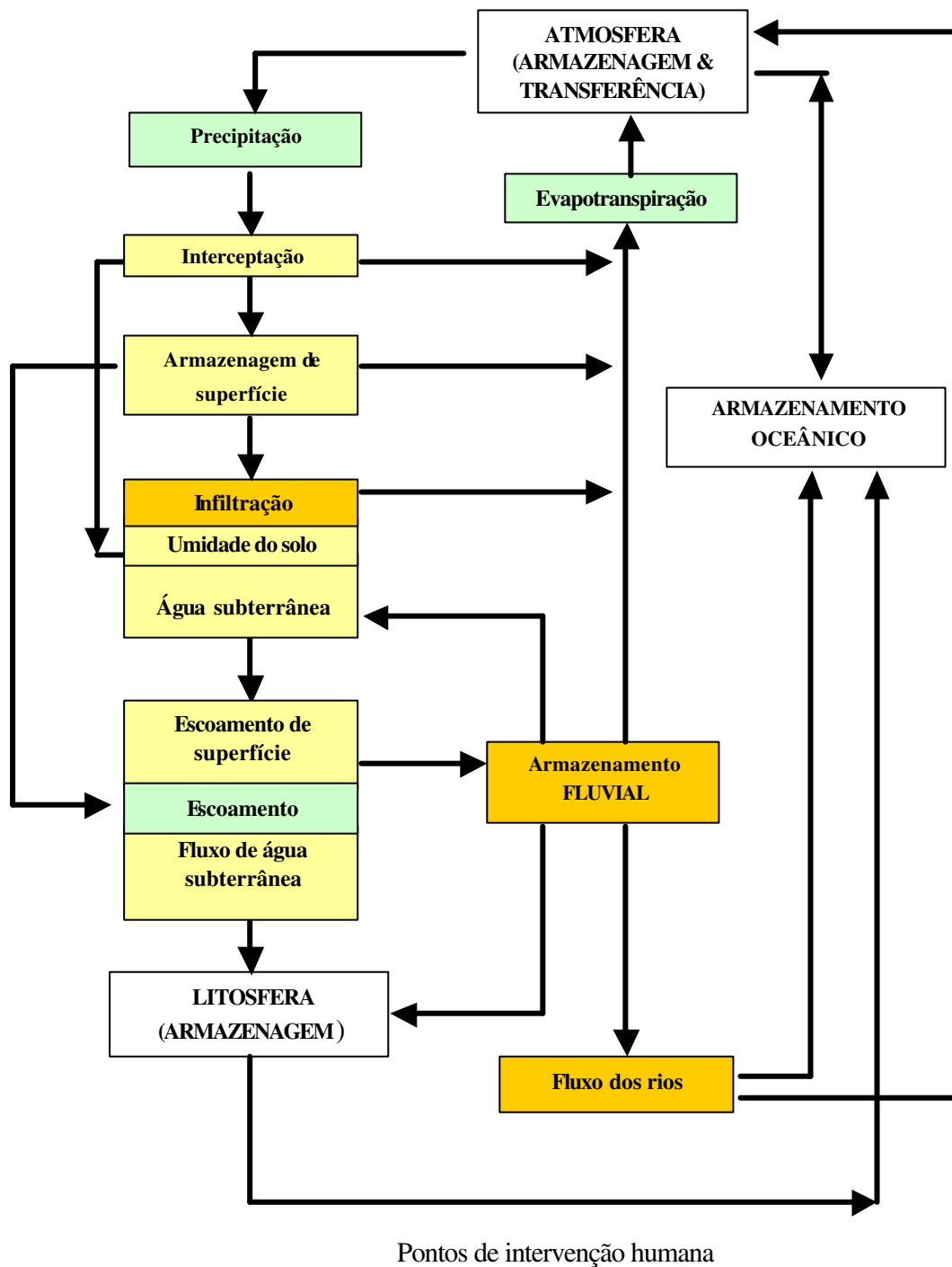
Um dos recursos mais importantes para a humanidade, as águas doces estão distribuídas de forma bastante desigual em todo o mundo. Por esta razão, alterações em sua ocorrência no tempo e no espaço, motivaram os primeiros ensaios do homem em modificar o ambiente natural (DREW, 1998).

Através da história, o desenvolvimento de nossa sociedade organizada sempre esteve ligado ao controle das águas, especialmente para a irrigação. Contudo, é no período posterior à evolução das técnicas, que esta temática assume um caráter mais profundo; atualmente poucos são os sistemas de drenagem em todo o mundo, inteiramente naturais. Para Drew (1998) os diversos benefícios econômicos e sociais e a relativa facilidade com que se conseguem realizar modificações de grande porte no ciclo da água explicam este alto grau de interferência humana nos sistemas hidrológicos.

Na natureza, a água encontra-se em contínua movimentação: a energia solar que atinge a terra evapora tanto a água dos oceanos como a da superfície terrestre, para a atmosfera redistribuindo-a ao longo do mundo, no que é conhecido como ciclo hidrológico. Como a quantidade de água evaporada dos oceanos é maior do que a precipitada neles, existe uma contínua transferência de água sobre a superfície terrestre, a qual é acumulada nos lagos, aquíferos subterrâneos ou no solo; ou corre pela superfície na forma de rios e correntes (GLEICK, 2000). Pode-se considerar o ciclo hidrológico como um sistema com vários pontos de armazenamento de água — rios, lagos, aquíferos subterrâneos — interligados por sistemas de transferência, cujo destino final são os oceanos (DREW, 1998). Este ciclo, fechado a nível global, é heterogêneo quanto à sua ocorrência, circulação, distribuição e relações com o meio ambiente.

Dentre os elementos naturais que contribuem para que haja esta heterogeneidade nas manifestações do ciclo hidrológico, nos diferentes pontos do globo terrestre, Silveira (2001) destaca a não uniformidade com que a energia solar atinge os diversos locais; o diferente comportamento térmico dos continentes em relação aos oceanos; a quantidade de vapor de água; gás carbônico e ozônio na atmosfera; a variabilidade espacial de solos e coberturas vegetais e a influência da rotação e inclinação do eixo terrestre na circulação atmosférica.

Além da interferência causada pelos fatores naturais, a interferência humana no ciclo hidrológico tem sido considerável (figura 3.6). Esta interferência processa-se pela contaminação dos pontos de armazenamento e por alterações nos sistemas de transferências (figura 3.7). O impacto destas interferências pode ser profundo, pois mesmo eliminada a fonte de contaminação o efeito pode perdurar por muito tempo, como no caso dos aquíferos profundos ou glaciais; que se caracterizam por tempos de residência da água que podem atingir centenas, milhares ou mesmo centenas de milhares de anos (GLEICK, 2000).



Impacto leve
 Impacto moderado
 Grande impacto

Figura 3.6 – Representação do ciclo hidrológico mostrando grandes e pequenos pontos de intervenção humana.

Fonte: DREW (1998).

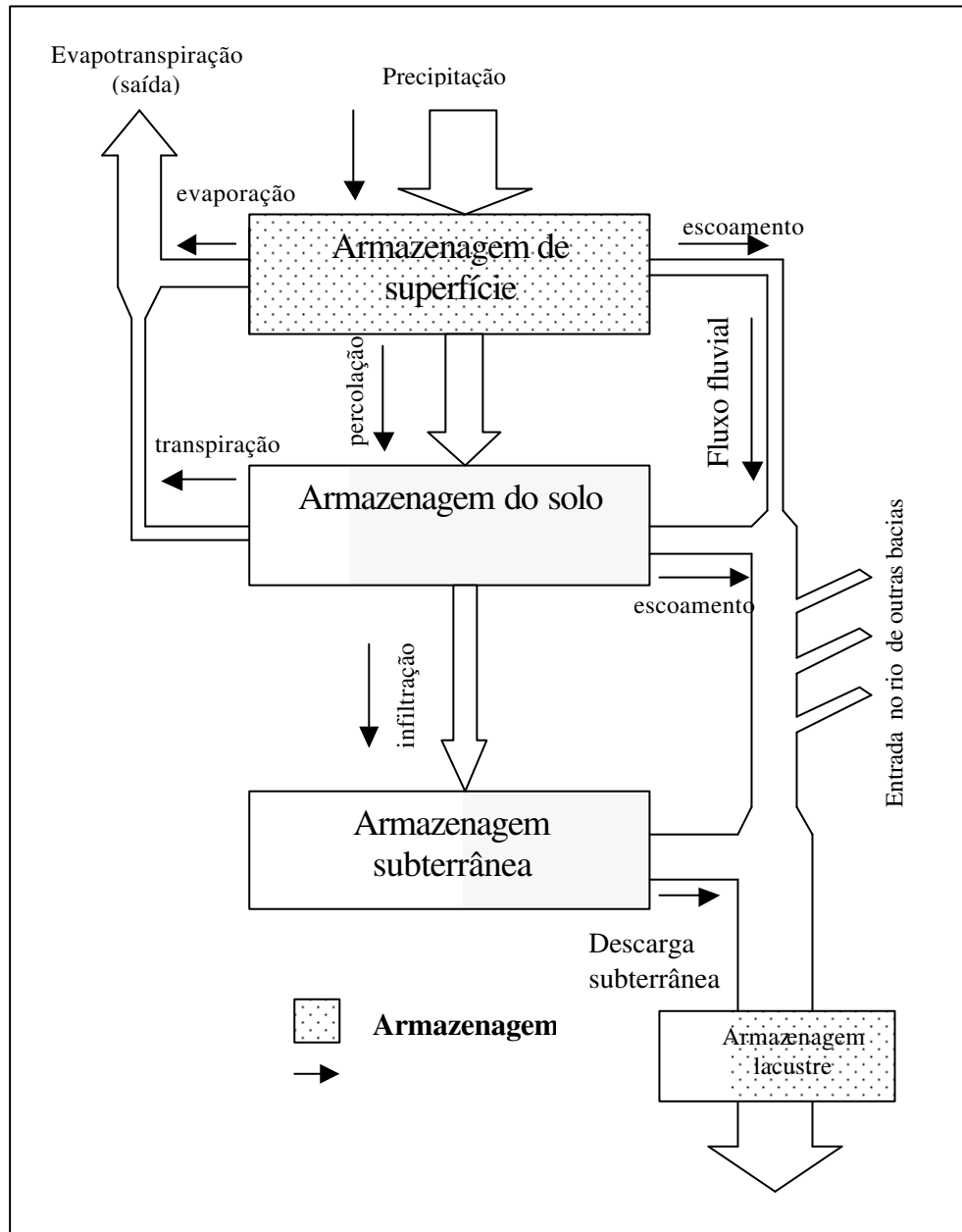


Figura 3.7 – Fluxograma simplificado do segmento terrestre do ciclo hidrológico.
 Fonte: DREW (1998).

A água tem sido fator importante na localização e desenvolvimento das cidades. Entretanto, o processo de urbanização verificado nos centros urbanos, tem provocado interferências tão significativas nos processos hidrológicos (figura 3.8), que mesmo quando os centros urbanos ocupam áreas reduzidas em uma grande bacia hidrográfica, as alterações no regime hídrico poderão ser suficientemente intensas para abranger extensas regiões (DREW, 1998). Um exemplo é a impermeabilização do solo e seu efeito no regime hidrológico dos cursos d'água urbanos. Segundo Schreier et al. (1997) a impermeabilização se traduz em vários efeitos na hidrologia desses cursos d'água, como:

- ✓ aumento do pico e da vazão de cheia após chuvas;
- ✓ diminuição do tempo entre a precipitação e o pico de cheia;
- ✓ o curso d'água torna-se muito rápido, com alterações bruscas na vazão e nível do mesmo;
- ✓ aumento nas cheias nas porções a jusante da área urbanizada;
- ✓ há um desvio do sistema de recarga dos aquíferos subterrâneos para o escoamento superficial e para os cursos d'água;
- ✓ piora na qualidade da água dos corpos hídricos pela incorporação de contaminantes presentes no solo (como por exemplo óleo e graxa) levados pela água de chuva que escoam pelas superfícies impermeabilizadas.

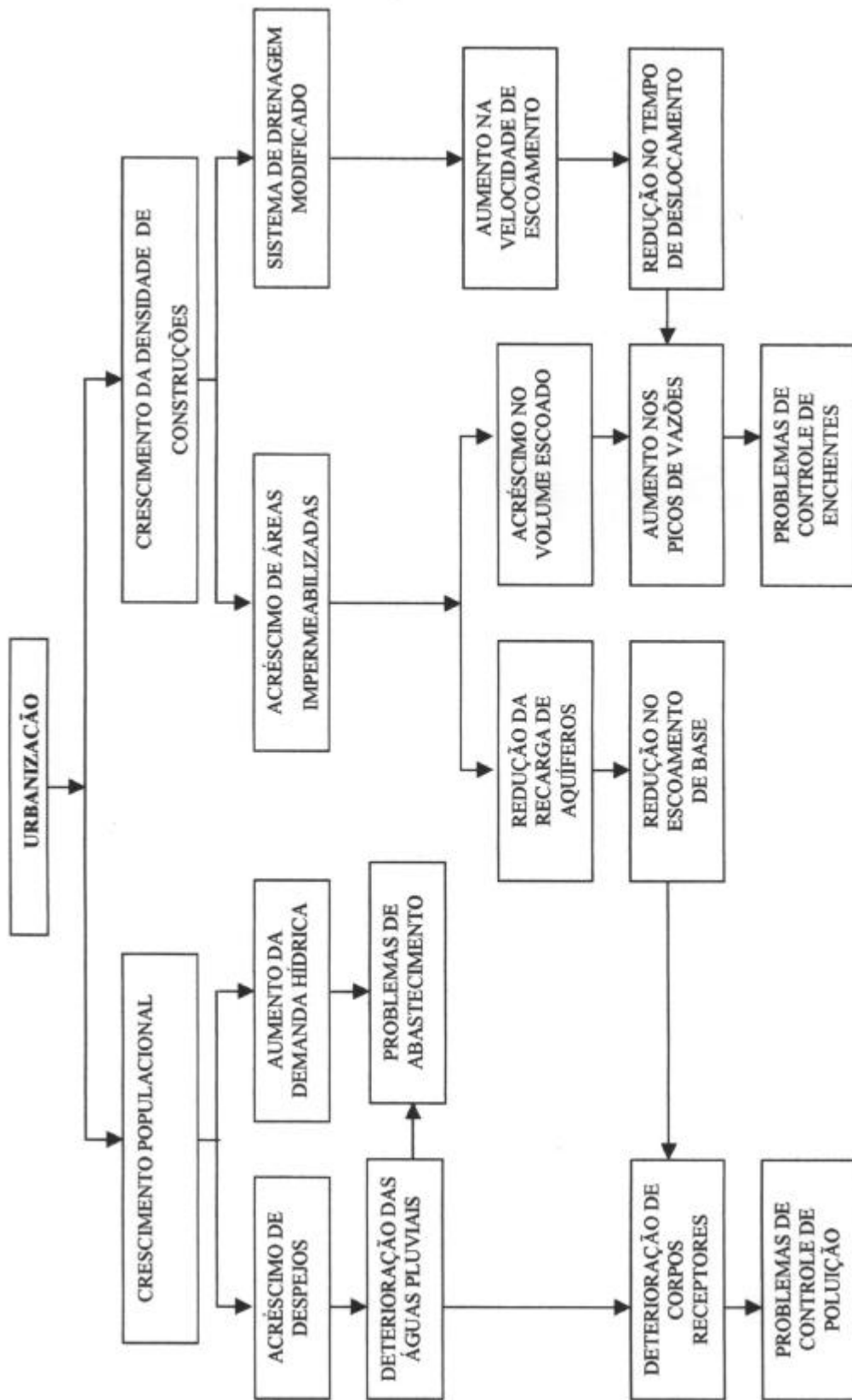


Figura 3.8 - Processos que ocorrem numa área urbana.

Fonte: adaptado de Porto et al (2001).

Portanto, há uma estreita relação entre urbanização e alterações no regime hídrico, grau de degradação das bacias e perda da qualidade das águas; cujos pontos principais, Mota (1999) apresenta:

- ✓ redução da evapo-transpiração como consequência da redução da vegetação;
- ✓ aumento da quantidade de líquido escoado e diminuição da infiltração de água no solo, devido à impermeabilização e compactação deste; neste sentido Tucci (1999) acrescenta que os condutos pluviais construídos para o escoamento superficial, elevam a velocidade de deslocamento da água, reduzindo o tempo deste deslocamento. Desta forma as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo;
- ✓ aumento no consumo de água superficial e subterrânea para abastecimento público, usos industriais e outros;
- ✓ assoreamento das coleções superficiais de água;
- ✓ aumento da ocorrência de enchentes;
- ✓ poluição das águas superficiais e subterrâneas.

Para Drew (1998), nas cidades, a deterioração da qualidade da água é quase inevitável. Fatores como sedimentação, carga de solutos, rejeitos das indústrias e dos esgotos elevam tanto a concentração química como o conteúdo orgânico dos rios. Por outro lado, o crescimento populacional, a urbanização e a industrialização aumentam a demanda por este produto. Neste contexto, atender a demandas crescentes por água potável obriga a uma procura contínua por fontes hídricas mais distantes, criando novos desenhos hidrográficos interdependentes que carecem de uma gestão que anseie pela sustentabilidade do desenvolvimento; pois o entrelaçamento das inter-relações e interdependências dessas águas, conduzem à exponencialização dos conflitos de uso (RUTKOWSKI & SANTOS 1998).

Assim “os desenhos hidrográficos que passam a ser traçados para atender as diversas funções urbanas, reconfiguram a drenagem do espaço levando a um desenho antropizado¹⁵, onde a figura tradicional em espinha de peixe de uma bacia hidrográfica se não perde o sentido, dificulta em muito o entendimento da questão de uma maneira holística, como um sistema dinâmico cujas alterações são promovidas pelas ações/reações antrópicas e reações/ações ecológicas em moto-contínuo” (RUTKOWSKI, 1999). Diante disso, compreender os problemas e desequilíbrios ambientais que têm afetado as águas doces, presentes na região de implantação das cidades, necessita de um novo olhar, ou seja, uma gestão que não se limite a “definir funções para regiões, sem levar em consideração os anseios e necessidades das comunidades locais, privilegiando o desenvolvimento de parte de uma região ao exportar seus problemas para o entorno” (RUTKOWSKI & SANTOS, 1998).

Nesse sentido, Rutkowski (1999) propõe uma abordagem que compreenda este espaço urbano, não só como meio ecológico, mas também como *locus* social. Para ela, quando o foco de interesse é o planejamento ambiental para a gestão das águas urbanizadas, a análise de impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas não deve ser limitada à área de influência imediata e local, ou de contenções de pressões, mas, sim ser global e dinâmica apreendendo as múltiplas relações que reconfiguram a drenagem do espaço. Portanto, para esta autora, se em um primeiro momento o meio natural bacia hidrográfica foi satisfatório como unidade de planejamento, a expansão urbana impõe a visualização de novos contornos hidrográficos que circunscrevam em seus limites as drenagens naturais e/ ou as drenagens antropizadas, ou seja, as drenagens incorporadas pelas ações do saneamento para atender as diversas funções urbanas, cujos limites serão estabelecidos pelas relações ambientais de sustentabilidade de ordens ecológica, econômica e social.

No modo de ver de Rutkowski & Santos (1998) a realização da gestão da água, no meio urbano, a partir da bacia hidrográfica da forma como ela é definida hidrologicamente — área de contribuição da drenagem natural, em detrimento de variáveis sociais, econômicas, políticas e culturais é no mínimo inadequada; na prática significa buscar amparo em uma variável há muito inexistente. Neste contexto, emerge o conceito de bacia ambiental (RUTKOWSKI, 1999) que, levando em conta aspectos sociais, flexibiliza os limites físicos do espaço em estudo para conter

¹⁵ Meio antropizado é compreendido como aquele totalmente reconstruído pelo ser humano, como o espaço urbano (Rutkowski & Santos, 1997).

os diferentes tipos de intervenções transformadoras de tal espaço. Deste modo, o conceito de bacia ambiental apresenta-se como uma nova proposta de unidade de planejamento para as águas metropolitanizadas, na qual a avaliação dos impactos decorrentes das ações sociais no sistema natural, permite o estabelecimento de premissas para uma gestão que almeje a sustentabilidade do desenvolvimento de uma região urbanizada.

3.3. O Córrego do Piçarrão

3.3.1. Seu Município: breve caracterização

A área de estudo do presente trabalho encontra-se no município de Campinas, situado em área de transição entre os morros e serras do Planalto Atlântico, onde as altitudes máximas ultrapassam 1100 metros e o setor de colinas e morrotes da Depressão Periférica com altitudes médias entre 600 e 700 metros, lugar em que se instalou quase todo o cenário urbano (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991).

Inserida na porção centro-leste do Estado (figura 3.9), Campinas dista aproximadamente 100km da capital paulista, com área de 796 km², entre os meridianos 47°15'W e 46°45'W de longitude oeste e os paralelos 22°43'S e 23°05' de latitude sul. Segundo os dados do Censo de 2000, o município abriga uma população de 969.396 habitantes, dos quais, 953.218 encontram-se na área urbana, apresentando uma taxa de urbanização de 98,33%.



Figura 3.9 - Posição Relativa de Campinas no Estado de São Paulo.

Fonte: modificado de ÁRIAS (2001).

De acordo com Davanzo (1992) foi a partir das décadas de 50 e, sobretudo, 70 do século passado, quando se consolidou seu processo de desenvolvimento industrial, que Campinas passou a apresentar um marcante crescimento físico territorial, iniciando o processo de consolidação da “grande cidade” do interior paulista. No período atual, é a mais urbanizada e industrializada metrópole regional do interior do Estado.

Hogan et al. (2001) observam que o rápido crescimento verificado no município nas três últimas décadas tem diminuído, e citam como causas principais a expansão do crescimento para os municípios contíguos, a diminuição das taxas de fecundidade e a diminuição das taxas de urbanização no país, como um todo.

Entretanto, o processo de urbanização, da forma como se processou — intenso e desordenado — contribuiu para exacerbar as desigualdades sociais e a segregação urbana, além de agravar o quadro da qualidade ambiental do município.

Atualmente, com uma população próxima a um milhão de habitantes, Campinas apresenta diferentes realidades nas diversas regiões que a compõe. A análise da evolução urbanística de Campinas revela, segundo Hogan et al. (2001), cinco macrodeterminantes, que foram fundamentais à atual configuração socioespacial da cidade:

1. desconcentração das atividades econômicas (seguida por uma desconcentração populacional) da Região Metropolitana de São Paulo, provocada pela política de interiorização do crescimento, pelo estímulo ao desenvolvimento de atividades agro-industriais e pólos de alta tecnologia além das deseconomias resultantes da concentração em São Paulo;

2. construção de uma rede rodo-ferroviária ligando as principais regiões econômicas do Estado de São Paulo ao resto do país, consolidando e intensificando a economia regional ao longo desses corredores. A localização privilegiada de Campinas no Estado de São Paulo foi um fator importante para a sua configuração, como ponto de conexão entre várias vias de transporte. Essas vias de transporte que cruzam o município tornaram-se vetores determinantes do valor e do uso da terra;

3. decisões sobre a localização dos investimentos públicos resultaram em uma distribuição horizontal e descontinuada da malha residencial. A expansão dos serviços públicos em direção às áreas ocupadas acabou valorizando os vazios urbanos intermediários; o resultado foi uma distribuição descontínua e desigual de serviços públicos;

4. concentração da população na região de Campinas, em relação à bacia do Rio Piracicaba. A especulação imobiliária — associada aos interesses políticos locais — e dinamismo do crescimento do pólo de Campinas atraiu população para a parte mais comprometida da bacia, acentuando os problemas hídricos;

5. iniquidade de renda e constrangimentos aos investimentos públicos combinaram-se para impelir famílias de baixa renda para áreas de risco ambiental, notadamente encostas e margens de cursos fluviais.

É neste contexto, que emergem três categorias de problemas, que ameaçam seriamente as condições de vida urbana em Campinas: a ampliação das carências sociais, o estrangulamento na provisão de infra-estrutura com ênfase para os setores de saneamento, habitação e transporte coletivo e a deterioração ambiental e dos recursos naturais, sobretudo dos recursos hídricos (DAVANZO, 1992).

No que diz respeito aos recursos hídricos do município, este apresenta uma rede de drenagem bastante densa, formada por inúmeros córregos e ribeirões, que convergem para as suas principais bacias hidrográficas, a saber: bacias dos Rios Atibaia/Jaguari e Capivari. É esta rede interna de córregos e ribeirões, a responsável pelo esgotamento e transporte das águas pluviais e servidas da cidade (SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO S. A. - SANASA, 2001). Chama a atenção, os problemas de escassez e da qualidade desses recursos, que têm se acentuado no tempo.

Provenientes da Serra da Mantiqueira, os Rios Atibaia e Jaguari, têm parte de suas águas captadas para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo¹⁶ antes de penetrarem em território campineiro, ou fazer-lhe divisa. Em Campinas, a bacia de contribuição do Rio Jaguari abrange apenas a zona rural, a nordeste do município, constituindo menos de 10% de seu território. Já o Rio Atibaia pode ser assinalado como o principal manancial do município, sendo responsável pelo abastecimento de aproximadamente 92% de sua população (SANASA, 2001). Sua bacia hidrográfica atinge mais de 40% do território municipal, sendo constituída por uma porção oriental situada no Planalto Atlântico, caracterizada por uma alta densidade de drenagem e uma porção ocidental, situada nos terrenos colinosos da Depressão Periférica, com baixa a média densidade de drenagem. Entre seus afluentes estão os Ribeirões Anhumas e Quilombo (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991).

Proveniente do Planalto Atlântico, é em terras campineiras que o Rio Capivari começa a percorrer a Depressão Periférica, atravessando uma grande área urbanizada para então lançar-se

¹⁶ Na década de 1970, foram construídas, na parte superior das bacias dos Rios Atibaia e Jaguari barragens de regularizações, integrantes do Sistema Cantareira, que revertem para a bacia do Alto Tietê 31,0 m³/s, bem como a descarga para jusante da vazão de 4,0m³/s, sendo 3,0 m³/s no Rio Atibaia e 1,0 m³/s no Rio Jaguari (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS, PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAI, 1999).

no Rio Tietê. Sua bacia hidrográfica, com área de drenagem de 1.665 km², abrange cerca de 40% do território campineiro e seus poucos afluentes formam uma trama de baixa densidade de drenagem (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991). É responsável pelo abastecimento de cerca de 8% da população campineira (SANASA, 2001), tendo suas águas captadas em seu trecho inicial, onde existe uma Estação de Tratamento de Água — ETA do Capivari — operando desde 1988. É importante ressaltar a limitada disponibilidade hídrica deste manancial, bem como problemas relacionados com a qualidade de suas águas. Seu principal afluente pela margem direita e fonte relevante de lançamento de esgotos *in natura* é o Córrego do Piçarrão ou do Castelo, foco de interesse deste trabalho.

3.3.2. Sua Bacia Hidrográfica

Com nascente próxima à área central da cidade de Campinas e drenando em direção à porção sudoeste do município, o Córrego do Piçarrão percorre áreas intensamente urbanizadas com alto grau de ocupação humana e elevado índice de impermeabilização do solo, áreas com grandes vazios, com nenhuma ou rarefeita ocupação e, finalmente, áreas mais densamente ocupadas (figura 3.10).

O povoamento de suas terras deu-se de forma descontínua no tempo, coexistindo regiões de ocupação mais antiga, com outras, de ocupação mais recente, respectivamente a região do curso superior e as regiões dos cursos médio e inferior. Cerca de 50% da área da bacia encontra-se na zona urbana, estando o restante localizado na área de expansão urbana¹⁷ do município e uma pequena parte na zona rural (VICENTINI, 1993).

Em seu percurso, atravessa o município no sentido leste/oeste, desenvolvendo-se por um relevo suave, constituído por colinas de menor porte — médias e pequenas. Os terrenos, por onde passa, são do tipo colinosos suavemente ondulados, colinosos ondulados a inclinados e

¹⁷ Em 1994, a Lei 8.161 — nova Lei do Perímetro Urbano — aboliu a Zona de Expansão Urbana, incorporando esta área e mais uma nova faixa de área rural, ao perímetro urbano do município (MIRANDA, 2002).

planícies fluviais, num contexto geológico de rochas sedimentares da Formação Itararé, como arenitos, siltitos, conglomerados e lentes lamíticas (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991). Percorre aproximadamente 40 km até atingir sua foz no Rio Capivari, com velocidade de escoamento superficial, que varia de média a muito rápida, drenando solos podzólicos vermelho-amarelo, com textura média, arenoso na porção superficial e siltoso em profundidade, de pequena espessura (VICENTINI, 1993) .

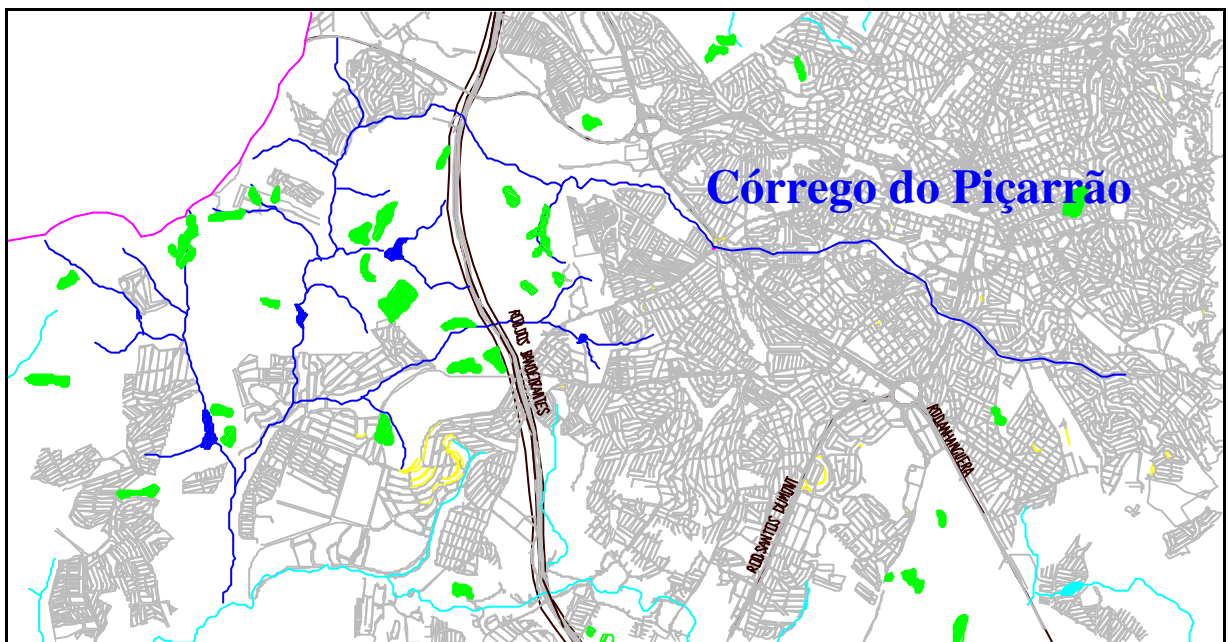


Figura 3.10 - Córrego do Piçarrão (1:50.000).

À medida que se desenvolve, o Córrego do Piçarrão vai recebendo contribuições de seus tributários, como os Córregos do Laranja, Asilo, Delta, Cuscuzeiro e Banhado, além de outros não nomeados. Acolhe também materiais e resíduos trazidos pelo escoamento superficial das águas da chuva, lançamentos de efluentes industriais e esgotos domésticos *in natura*.

A região onde se insere a bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão, segundo a classificação de Köppen, compreende o tipo climático Cwa, que corresponde ao clima subtropical de altitude, com inverno seco e frio e verão quente e úmido. Os valores das temperaturas médias anuais em Campinas oscilam em torno de 20,5°C. As temperaturas médias

mensais mais baixas são verificadas durante os meses de junho e julho, ao passo que as temperaturas médias mais elevadas ocorrem durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

A temperatura máxima é da ordem de 35,8°C e a mínima de 0,6°C, a média das temperaturas máximas é de 31,6°C e a média das temperaturas mínimas é de 11,3°C (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991). Quanto ao regime pluviométrico, este é caracterizado por uma contribuição de chuvas conectivas durante o verão e de chuvas frontais durante o inverno. A precipitação média anual está em torno de 1380 mm com variações sazonais que condicionam valores elevados na estação de verão e índices mais baixos no inverno. Cerca de 75% das chuvas são distribuídas ao longo dos meses de outubro/março, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991).

Da cobertura vegetal original, são raros os remanescentes. Existem, contudo, nas áreas dos cursos médio e inferior, remanescentes de mata mesófila semidecídua, alguns remanescentes de mata ciliar degradados, ocorrências pontuais de capoeira e áreas de reflorestamento – *Eucaliptus* sp. e *Pinus* sp. (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000). O processo de substituição da vegetação nativa, principalmente em decorrência da expansão da malha urbana, permutou as matas e cerrados que recobriam a bacia inicialmente, por bairros urbanizados e pavimentados. Existem, também, áreas verdes públicas destinadas ao lazer da população (foto 1).



Foto 1 – Praça pública localizada na porção urbana consolidada da bacia do Córrego do Piçarrão (entre a Avenida Francisco de Angelis e Rua José Gabetta).

3.3.3. Suas Águas

O Córrego do Piçarrão integra a Bacia do Rio Capivari, a qual compõe, juntamente com as Bacias dos Rios Piracicaba e Jundiaí, a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Piracicaba, Capivari e Jundiaí — UGRHI 05 — conforme divisão hidrográfica aprovada para o Estado de São Paulo (figura 3.11), pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos em 1993 e Decreto Estadual nº 38.455/94 (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB, 1999).

No Estado de São Paulo, esta UGRHI, que abrange áreas de 71 municípios, tem aproximadamente 14.040 km², correspondente a 92% da área total das bacias hidrográficas que a compõem. Os restantes 1.280 km² pertencem ao Estado de Minas Gerais, onde se localizam as cabeceiras dos Rios Jaguari e Camanducaia (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAI, 1999).



Figura 3.11 - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Piracicaba, Capivari e Jundiá — UGRHI 05.

Fonte: SANASA (2001).

A totalidade do potencial de recursos hídricos superficiais das bacias desta UGRHI, não está a disposição para uso na própria região. Cerca de 31,0m³/s são exportados, através do Sistema Cantareira, para a bacia do Alto Tietê, que é o principal produtor de água potável da Região Metropolitana de São Paulo (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAI, 1999). Existem ainda exportações de água do Rio Atibaia para o Rio Jundiá Mirim (bacia do Rio Jundiá), para abastecimento do município de Jundiá, bem como da sub-bacia do Atibaia para as bacias do Capivari e Piracicaba, através do sistema de abastecimento de água de Campinas, além da sub-bacia do Jaguari para as sub-bacias

dos rios Atibaia e Piracicaba (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAI, 1999).

Pelo Plano Diretor de Tratamento dos Esgotos de Campinas, as bacias dos Rios Atibaia, Quilombo e Capivari (figura 3.12) foram divididas em sub-bacias ou setores de esgotamento (tabela 3.1). Na bacia do Capivari, são os setores Piçarrão e Campo Grande, que correspondem à bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão (SANASA, 2001).

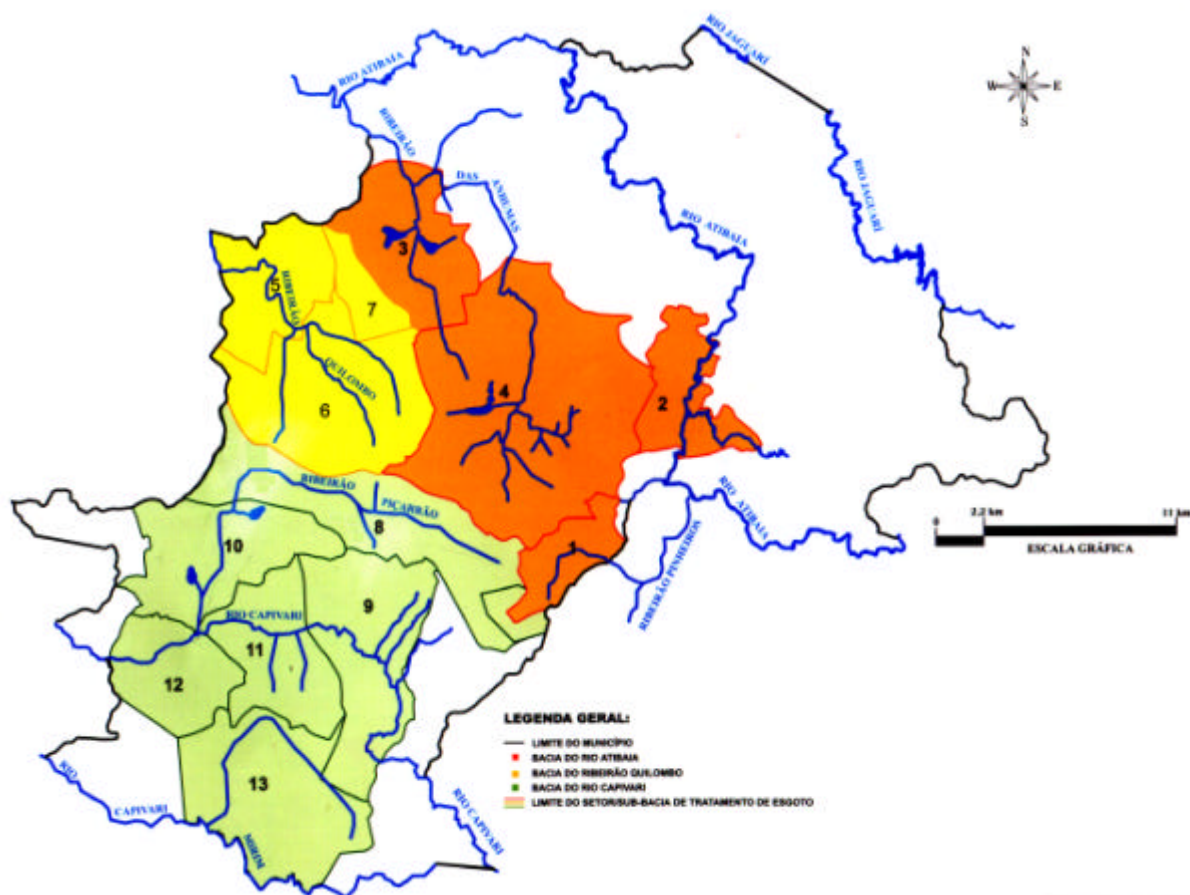


Figura 3.12 – Setor/ Sub-bacia de Tratamento de Esgotos do município de Campinas.

Fonte: SANASA (2001).

Segundo a SANASA (2001), embora cerca de 88% da população seja atendida pela rede de coleta de esgotos, apenas 10% desses esgotos coletados são tratados, sendo o restante lançado *in natura* nos córregos e ribeirões da cidade. Esta empresa prevê ampliar nos próximos 14 anos a

rede de coleta, emissários, interceptores, estações elevatórias e estações de tratamento para atingir no ano de 2016 a meta de tratar 100% dos esgotos.

Tabela 3.1 – Setor/ Sub-bacia de Tratamento de Esgotos do município de Campinas.

	ATIBAIA	POPULAÇÃO (2000)
1	Samambaia	39.890
2	Sousas – J.Egídio	11.478
3	Barão Geraldo	24.564
4	Anhumas	260.784
	QUILOMBO	
5	San Martin	4.088
6	Amarais	72.061
7	Bosque de Barão Geraldo	4.761
	CAPIVARI	
8	Piçarrão	208.223
9	Santa Lúcia	161.012
10	Campo Grande	73.357
11	Ouro Verde	65.106
12	Friburgo	13.554
13	Viracopos	12.757

Fonte: SANASA, 2001.

Quanto ao Córrego do Piçarrão, já estão concluídas as obras de interceptação dos esgotos e prevê-se para 2004 a conclusão das obras da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Piçarrão. Esta estação é projetada para tratar o esgoto de cerca de 24% da população da cidade, totalizando a recepção de dejetos de cerca de 230 mil pessoas (COSTA, 2002).

No Estado de São Paulo, o enquadramento atual dos cursos d'água superficiais é feito pelo Decreto Estadual 10.755/77, cujas classes, estabelecidas pelo Decreto Estadual 8.468/76,

definem usos e padrões de qualidade, variando da Classe 1 — mais nobre — até Classe 4 — menos nobre.

O Córrego do Piçarrão está enquadrado na classe 4 do Decreto Estadual 8.468/76. As águas enquadradas nesta classe são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes (São Paulo, 2000).

Quanto ao enquadramento segundo a Resolução n. 20/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA, que estabelece a classificação das águas doces¹⁸, salobras e salinas do país, com base em seus usos preponderantes, o Córrego do Piçarrão é considerado classe 4. As águas classificadas nesta classe são destinadas: à navegação; à harmonia paisagística e a usos menos exigentes (CONAMA, 2000).

Este enquadramento reflete o comprometimento qualitativo das águas do Córrego do Piçarrão, em consequência das pressões antrópicas sofridas por este curso d'água.

O fato de não haver estação de tratamento de esgotos instalada nesta bacia acentua a degradação progressiva da água bruta do Rio Capivari. Estudo realizado desde a nascente do Rio Capivari até a jusante do município de Campinas, no período de outubro e novembro de 1998 pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental — CETESB (1999), visando avaliar os efeitos das cargas orgânicas lançadas na calha principal do Rio Capivari, permite apontar o Córrego do Piçarrão como uma fonte relevante de esgotos *in natura*. Tal estudo destaca que nos municípios situados nos trechos médio e inferior do Rio Capivari, a jusante de Campinas, o abastecimento público é predominantemente realizado por meio do uso de águas subterrâneas¹⁹, fato este associado à má qualidade do Rio Capivari nesse trecho, em decorrência dos lançamentos de esgotos sanitários sem tratamento e efluentes industriais tratados (CETESB, 1999).

CETESB (1999) selecionou nove seções do rio — pontos P'1 a P'9 — equidistantes cerca de 10 km (figura 3.13), durante o período de estiagem:

¹⁸ As águas doces são classificadas em cinco classes: classe especial e classes 1, 2, 3 e 4, de acordo com sua qualidade e condições de uso.

¹⁹ Caso dos municípios de Capivari, Elias Fausto, Mombuca, Monte Mor e Rafard (CETESB, 1999).

- ✓ Ponto P'1 – Sítio Medina (cabeceira);
- ✓ Ponto P'2 – Bairro do Leitão, montante de Louveira;
- ✓ Ponto P'3 – Condomínio São Joaquim — Vinhedo;
- ✓ Ponto P'4 - Olaria do Trevo, ao lado da rodovia Anhanguera — Vinhedo;
- ✓ Ponto P'5 – Ponte Vinhedo/Viracopos;
- ✓ Ponto P'6 – ETA/SANASA (Captação de Campinas);
- ✓ Ponto P'7 – Ponte ao lado da Cerâmica Mingoni – Campinas;
- ✓ Ponto P'8 – Montante do Córrego do Piçarrão – Campinas;
- ✓ Ponto P'9 – Charqueada (divisa Monte Mor/Campinas).

As distâncias entre as seções consecutivas, os tempos de trânsito entre seções e as velocidades médias calculadas com esses valores estão dispostos na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Distâncias e tempos de trânsito entre as seções consecutivas e as velocidades médias calculadas com esses valores.

TRECHO	EXTENSÃO (m)	TEMPO DE TRÂNSITO NO TRECHO	VELOCIDADE MÉDIA (m/s)
P'1 – P'2	8900	08h07min	0.30
P'2 – P'3	9300	15h01min	0.17
P'3 – P'4	1400	[77]h43min	0.005
P'4 – P'5	9000	18h46min	0.13
P'5 – P'6	10900	21h32min	0.14
P'6 – P'7	7250	17h57min	0.11
P'7 – P'8	7750	06h10min	0.35
P'8 – P'9	9550	08h56min	0.30

Fonte: CETESB (1999).

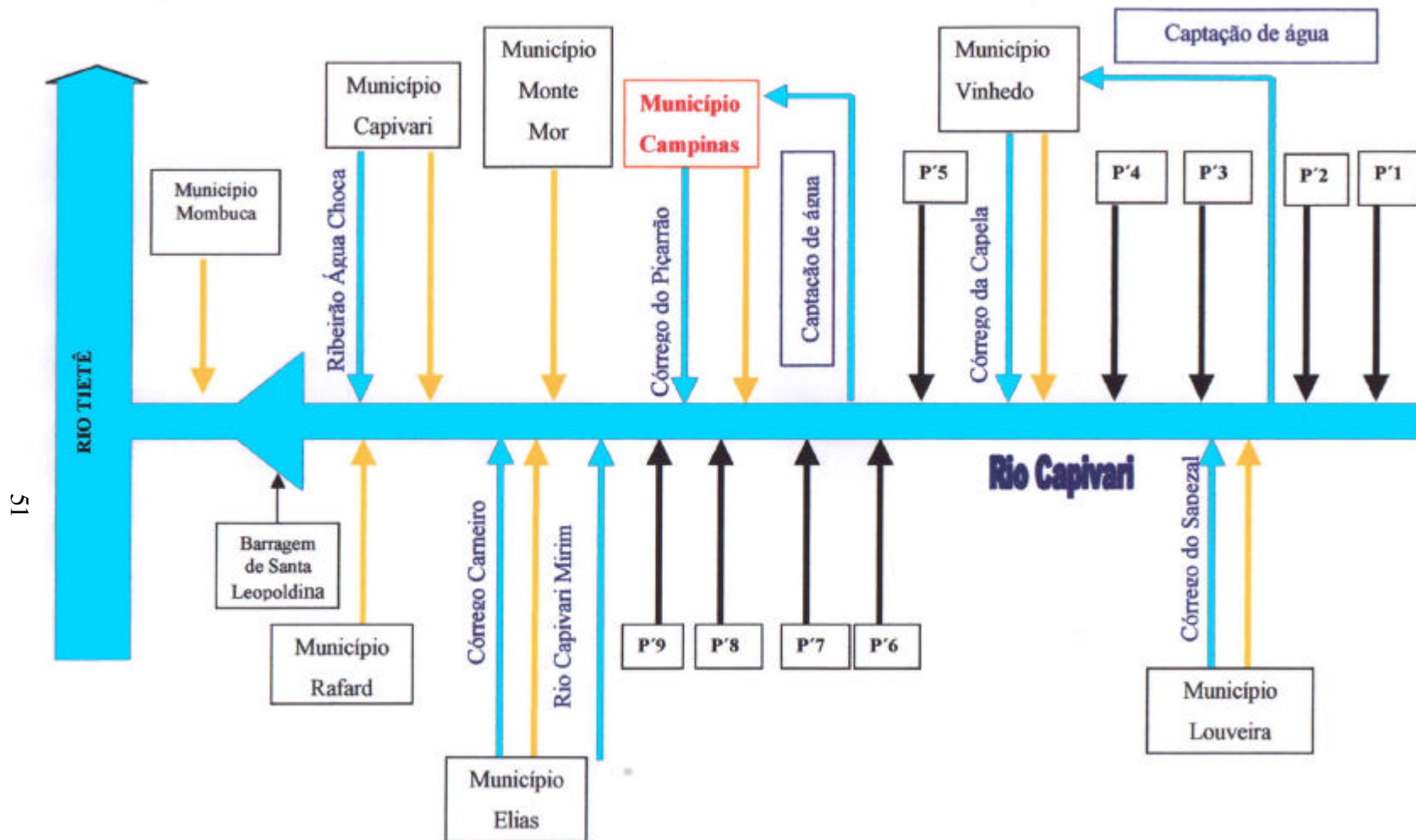


Figura 3.13 – Esquema unifilar da bacia do Rio Capivari.

Fonte: CETESB (1999).

A tabela 3.3 mostra as medições de vazões nas seções consideradas:

Tabela 3.3 - Vazões médias nas seções consideradas.

SEÇÃO	DIA	HORA	VAZÃO MÉDIA (l/s)
P'1	23.09.98	06h35min	0.08
P'2	23.09.98	07h45min	0.32
P'3	24.09.98	15h30min	0.40
P'4	25.09.98	10h00min	0.42
P'4	30.09.98	09h50min	0.59
P'5	30.09.98	13h15min	1.02
P'6	01.10.98	09h20min	1.21
P'7	02.10.98	10h25min	2.73
P'8	02.10.98	12h05min	—
P'9	02.10.98	15h25min	3.59

Fonte: CETESB (1999).

Os valores das cargas orgânicas encontrados nos diferentes pontos do Rio Capivari estão relacionados na tabela 3.4:

Tabela 3.4 - Cargas de DBO_{5,20} no Rio Capivari em toneladas por dia.

	PONTOS DE AMOSTRAGEM								
	P'1	P'2	P'3	P'4	P'5	P'6	P'7	P'8	P'9
Carga (ton/dia)	0,013	0,147	0,964	0,624	0,616	0,557	2,120	1,780	6,930
Distância da foz (km)	201,7	191,8	182,5	180,5	170,6	160,0	150,5	144,0	135,0

Fonte: CETESB (1999).

Esse relatório (CETESB, 1999) conclui a *“premente urgência dos municípios se conscientizarem da situação dos recursos hídricos na bacia do Rio Capivari, de forma a se estabelecer no âmbito regional a hierarquização e priorização dos projetos a serem implantados, de forma a buscar a recuperação da qualidade dos corpos d’água da bacia”* (CETESB, 1999).

3.3.4. Sua Unidade de Planejamento Municipal

Segundo a Prefeitura Municipal de Campinas (1995), com o objetivo de planejar e gerir o crescimento urbano do município, com base em condutas voltadas para as soluções dos problemas urbanos estruturais, que a cidade apresenta, foi realizado o macrozoneamento de planejamento. O macrozoneamento abrange todo o município, compreendendo tanto a zona urbana, como a zona rural; desta forma o *“município foi subdividido em 7 macrozonas, que se diferenciam por suas características de dinâmica de desenvolvimento e para as quais definiram-se diretrizes estratégicas de orientação para um desenvolvimento adequado”* (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995). Neste contexto, o Córrego do Piçarrão integra a Macrozona²⁰ 4: zona urbana intensamente ocupada, possuindo áreas que já apresentam problemas de saturação da infra-estrutura existente e a Macrozona 5: área intensamente degradada em termos ambientais; denominadas respectivamente de Área de Urbanização Consolidada — ACON — e Área de Recuperação Urbana — AREC. Nestas Macrozonas, divididas pela Rodovia dos Bandeirantes, a bacia do Piçarrão insere-se nas Áreas de Planejamento — *“recortes espaciais delimitados em função da dinâmica de estruturação urbana e inter-relação dos problemas localmente identificados”* (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

A bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão abrange parcialmente as Áreas de Planejamento: 24 (Proença, Ponte Preta, São Fernando, Vila Orozimbo Maia, Carlos Lourenço, Nova Europa, Parque da Figueira, Jardim dos Oliveiras, Swift), 23 (Vila Pompéia e em parte Jardim do Lago), 20 (Vila Teixeira, Parque Itália, Vila Industrial, São Bernardo), 19 (Jardim

²⁰ As macrozonas foram subdivididas em 37 áreas de planejamento (APs), para as quais definiram-se diretrizes específicas. A área urbana do município foi subdividida em 77 unidades territoriais básicas, correspondendo cada uma, a um bairro ou a um conjunto de bairros (UTBs) (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

Aurélia), 18 (Jardim Garcia, Campos Elíseos, Santa Lucia, Maria Rosa), 26 (Aparecidinha, Santa Bárbara) e 27 (Campo Grande, Florence) (figura 3.14).



Figura 3.14 – Inserção da Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão nas Macrozonas 4 e 5 (1:50.000).

Legenda:

----- Limite da Bacia Hidrográfica

_____ Córrego do Piçarrão

___ . ___ Limite das Áreas de Planejamento

1 - Macrozona 1 – APA (Área de Proteção Ambiental)

2 - Macrozona 2 – ARU (Área com Restrição à Urbanização)

3 - Macrozona 3 – AUC - N (Área de Urbanização Controlada Norte)

4 - Macrozona 4 – ACON (Área de Urbanização Consolidada) — APs 18, 19, 20, 23 e 24

5 - Macrozona 5 – AREC (Área de Recuperação Urbana) — APs 26 e 27

6 - Macrozona 6 – AUC- S (Área de Urbanização Controlada Sul)

7 - Macrozona 7 – AIU (Área Imprópria à Urbanização)

Localizada ao sul do centro da cidade, a Área de Planejamento 24 engloba a região de cabeceira do Córrego do Piçarrão. Segundo a Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (1995), é na confluência das Avenidas Jorge Tibiriçá e Francisco de Angelis (Jardim dos Oliveiras), que o Córrego do Piçarrão se inicia, percorrendo desta porção inicial até a Av. Washington Luís em galeria subterrânea (Foto 2).

Esta área de planejamento compõe-se de bairros densamente habitados e bem consolidados. Merece destaque, nesta região, um empreendimento populacional de grandes proporções e de implantação mais recente: o Parque Prado, que contribui para o aumento da impermeabilização do solo, demanda por infra-estrutura e lançamento de efluentes. O uso do solo predominante nesta área de planejamento é o residencial, à exceção do eixo da Avenida Prestes Maia, próximo à rotatória, que comporta serviços diversificados de abrangência regional, destacando-se oficinas mecânicas e transportadoras de cargas. Ao longo da Avenida Marechal Carmona, destaca-se a incidência de comércio e serviços diversificados de natureza local, setorial e regional e indústrias de médio e grande porte (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

Região bem consolidada, cortada pelas Rodovias Santos Dumont e Anhangüera, a área de planejamento 23 apresenta poucas glebas não urbanizadas. Constata-se em relação ao uso do solo, predominância de uso residencial, mas também ocorrem usos comerciais, industriais e de serviços, com predominância da abrangência regional.

A Área de Planejamento 20, localizada ao sul do centro da cidade é também uma região bastante consolidada. Verifica-se, quanto ao uso do solo, predominância de usos residenciais em relação a usos comerciais, industriais e de serviços, embora na região da Vila Teixeira, ao longo de vias estruturais como, por exemplo, na Avenida Prestes Maia, haja predominância de comércio e serviços diversificados de abrangência regional e um número significativo de indústrias de médio e grande portes, incômodas e não incômodas.



Foto 2 – Grade sobre a galeria subterrânea na confluência das Av. Jorge Tibiriçá e Francisco de Angelis.

Destaca-se ao longo da Rodovia Anhangüera (figura 3.15), a predominância de serviços diversificados de abrangência setorial e regional, comércio de âmbito regional e atividade industrial de grande porte — CST - Empreendimento S.A., Lajes Mediterrânea, Anhangüera Beneficiamento de Peças Metálicas Ltda, Concrelix S.A.e Cia Ultragaz S.A..

Evidenciam-se nesta área de planejamento vários equipamentos urbanos como o Hospital Mário Gatti, o Hospital Infantil Álvaro Ribeiro, praça de esportes, cadeia pública, igrejas, Secretaria da Receita Federal, Apae, Sucen, também o Hotel Vila Rica e o Senai. Há duas glebas não parceladas, uma de propriedade do Cortume Firmino Costa, com cerca de 32 hectares e outra do Lar dos Velinhos, com aproximadamente 7 hectares (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

Na Área de Planejamento 19, a ocupação do solo é predominantemente residencial, destacando-se a significativa taxa de verticalização e os usos comerciais de grande porte,



Figura 3.15 – Vista aérea do trecho onde o Córrego do Piçarrão corre paralelamente à Rodovia Anhangüera.

representados pelo supermercado Enxuto e o Shopping Unimart. Registra-se pequena quantidade de lotes vagos. O sistema viário é descontínuo, com poucas vias estruturais de penetração na área central e de interligações com as áreas de planejamento lindeiras. O atendimento desta área de planejamento por transporte coletivo é apenas razoável, em função das características do sistema viário em que se insere (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

Situada entre as Rodovias Anhangüera, Bandeirantes e Santos Dumont, a Área de Planejamento 18 apresenta uso do solo predominantemente residencial, em unidades horizontais, sendo pequeno o número de estabelecimentos comerciais e industriais. Embora se destaque o hospital da Puccamp, de grandes proporções, em geral faltam equipamentos públicos. Estão presentes vários núcleos de favelas assentados em áreas públicas que, originalmente, seriam destinadas à instalação de equipamentos ou ao sistema de lazer. É precário, também, o sistema de transporte (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

A Área de Planejamento 26 é caracterizada pela presença de vazios urbanos, possuindo pequeno número de estabelecimentos comerciais, bem como de indústrias regularmente instaladas. Há carência de infra-estrutura e o sistema viário não possui boas interligações com o sistema estruturador do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995). Registra-se, nesta área, a presença do aterro Santa Bárbara (figura 3.16), fechado precocemente pela forte pressão popular, em virtude da emissão de gases, odores, infiltrações e a proximidade com áreas residenciais.

Durante o tempo de operação deste aterro, foram depositados, aproximadamente, 1260 mil toneladas de resíduos em uma área de 42 hectares (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1996).



Figura 3. 16 – Aterro Santa Bárbara e suas imediações.

Na Área de Planejamento 27, o uso do solo é predominantemente residencial, caracterizado por loteamentos populares, conjuntos habitacionais, favelas e ocupações ilegais (foto 3). Assinala-se a presença de grandes projetos de impacto como a área de operação do Complexo Delta,²¹ que ocupa vasta extensão desta porção da bacia (foto 4), o Gasoduto Bolívia-Brasil que cruza as áreas rural e urbanizada, o corredor de exportação da FERROBAN (foto 5) e o prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes.

Há carência em infra-estrutura, equipamentos urbanos, comércio e serviços. Verifica-se pequena incidência de comércio de âmbito local, no interior dos bairros, coexistindo com as

²¹ Aterro Sanitário de Campinas, aprovado pela Lei Municipal Número 8.243 de 30 de dezembro de 1994. Este complexo deverá contar com unidades de central de tratamento de resíduos industriais, sistema de triagem, seleção, recuperação e reciclagem, central de britagem de entulho, usina integrada de tratamento e destinação final, entretanto, até o momento, somente o aterro sanitário encontra-se em operação (PRFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000).

residências. O sistema viário é descontínuo, inexistindo comunicação entre as regiões desta área de planejamento (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).



Foto 3 – Ocupação da várzea do Córrego do Piçarrão, no Jardim Florence II

Embora fora da área delimitada pela bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão, mas limdeiro a ela, vale destacar a presença do Lixão da Pirelli, localizado na Avenida John Boyd Dunlop, assim denominado pela proximidade com as Indústrias Pirelli, no Jardim Cidade Satélite Iris. Neste local foram lançados, sem nenhum critério, toda a sorte de resíduos, inclusive hospitalares, que foram dispostos a céu aberto e sem fiscalização, em voçorocas de grande profundidade — 20 a 30 m aproximadamente — com o objetivo de recuperar a topografia do local, resultando na contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e de toda a área ocupada pelo lixão. Desativado em 1984, este local ainda hoje encontra-se em processo de recuperação quanto aos problemas ambientais ocasionados pelo descarte dos resíduos. Embora, a área tenha sido declarada de utilidade pública, não foi efetivamente desapropriada (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000).

A contaminação deu-se em função da infiltração de líquidos percolados oriundos dos resíduos e das águas de chuva, que contaminou as águas subterrâneas por sais (cloretos e carbonatos), nutrientes (compostos nitrogenados), compostos orgânicos provenientes da decomposição da matéria orgânica dos resíduos domésticos, compostos orgânicos sintéticos de origem industrial (organoclorados - cloreto de metileno, clorofórmio; hidrocarbonetos de petróleo – tolueno e xileno) e metais (principalmente ferro, manganês, alumínio, níquel e bário) (CSD-GEOKLOCK, 1996).



Foto 4 – Aterro Delta



Foto 5 – Gasoduto Brasil-Bolívia e Corredor de Exportação da FERROBAN.

3.3.5. Processo de Ocupação de suas terras

A conformação do espaço na bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão se insere no contexto do processo de urbanização do município de Campinas. Compreender os elementos definidores deste espaço é fundamental para a análise dos efeitos ambientais decorrentes dos usos existentes sobre este território. Nesse sentido, serão abordados os aspectos principais dos diversos momentos que materializaram o desenho do município na bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão.

Campinas liga-se à obra geopolítica de D. Luis Antonio de Sousa Botelho Mourão, o morgado de Mateus, Capitão-General e Governador da Capitania de São Paulo (1765-1775), que estabeleceu, de modo pensado, povoamentos sobre a rede de estradas e rios da época, como parte

de uma estratégia maior, a montagem de uma agricultura significativa, baseada na produção açucareira pois, através da agricultura, romperia o atávico despovoamento paulista (SANTOS, 1999). A 14 de julho de 1774 ocorre a fundação da Freguesia de Nossa Senhora da Conceição das Campinas do Mato Grosso, em pequena área desmembrada da propriedade de Barreto Leme, nomeado diretor desta freguesia e fundador da povoação. Será neste rossio de $\frac{1}{4}$ de légua que se desenvolverá até fins do século XIX, “*com traçado retilíneo e ortogonal, o núcleo urbano de Campinas*” (BADARÓ, 1996).

Durante todo o ciclo do açúcar a urbanização na região foi marcada pela fragmentação entre a vida rural e a vida urbana, consistindo uma no prolongamento da outra. Este é o momento em que se inicia a estruturação das funções urbanas na cidade (SILVA, 1996).

A partir de meados da segunda metade do século XIX, a vila do açúcar se transforma na cidade do café (BADARÓ, 1996) e a economia cafeeira conduz à expansão e à transformação do território bem como das funções urbanas (SILVA, 1996). Esta alteração, melhor observada a partir da década de 1870, irá transformar a cidade de Campinas no entreposto do Oeste: o mercado urbano amplia-se através do aporte maciço de população, tanto estrangeira como nacional e os capitais oriundos do café são investidos em empresas de serviços urbanos, no sistema estadual de transporte ferroviário e nas primeiras indústrias locais (SANTOS FILHO & NOVAES, 1996); das quatro empresas criadas nos anos 1850 seguiram-se sete, dez e onze nas décadas subsequentes (CAMILLO, 1998). Implantam-se estabelecimentos comerciais e os primeiros equipamentos públicos (SILVA, 1996), valorizando os terrenos localizados nas áreas centrais da cidade. Uma das conseqüências desta valorização foi o desenvolvimento dos arrabaldes na periferia, especialmente ao longo das saídas da cidade (BADARÓ, 1996).

Este crescimento econômico marca o início da ocupação e transformação da bacia do Córrego do Piçarrão, cujo principal fator de indução foram as ferrovias — Paulista e Mogiana, visto que, as indústrias e sua população operária evitavam as áreas centrais mais valorizadas e iam à procura de terrenos e aluguéis mais baratos. Assim novos bairros proletários foram pontecendo na planta da cidade, estando na sua grande maioria próximos às indústrias, as quais, geralmente, seguiam os eixos ferroviários, as rodovias e os córregos (RIBEIRO, 2002).

Nesse momento tem início a utilização das águas do Piçarrão pela Companhia Paulista de Vias Férreas e Fluviais.

A ata da Câmara do Município de Campinas de abril de 1903 faz referência ao requerimento da Companhia Paulista, por seu presidente Dr. Antonio Prado, pedindo licença para *“utilizar-se de água do correjo Piçarrão para alimentação de locomotivas, lavagem de caldeiras, canos, esgotos, permitindo-se-lhe construir represa, reservatório e pequena casa para assentar o motor e bomba próximo ao matadouro municipal, bem assim que se lhe concede, além do terreno necessário para as ditas obras, a licença para assentar o encanamento da bomba desde a represa até a esplanada da estação”* (CÂMARA DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS, 1903).

A Companhia, entretanto, retira uma quantidade de água superior ao dobro do que lhe foi concedido pelo contrato lavrado a respeito (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1914).

Inaugurada a estação, Campinas firma-se como grande centro regional e nó do sistema ferroviário paulista, por ela, obrigatoriamente passando, toda a produção do oeste paulista (SILVA, 1996).

Ribeiro (2002) ressalta que, além de servir de traçado para a implantação de indústrias e armazéns catalisando mudanças urbanas, o eixo ferroviário aparece como um cinturão divisor de terras que, ao longo da história da expansão urbana de Campinas, configurar-se-iam como áreas nobres, vocacionadas para uma ocupação rendosa do ponto de vista imobiliário, e áreas que, para não se transformarem em espaços perdidos, requereriam incentivos governamentais.

Vale registrar que a porção sudoeste do território campineiro destinava-se a abrigar instalações ditas insalubres, não desejadas, junto ao núcleo urbano central, como cemitérios, Lazareto dos Morphéticos, Lazareto dos Variolosos, Companhia Cortidora Campineira, Matadouro Municipal e as habitações operárias. Tal destinação será uma constante em seu processo de uso e ocupação do solo (figura 3.17).

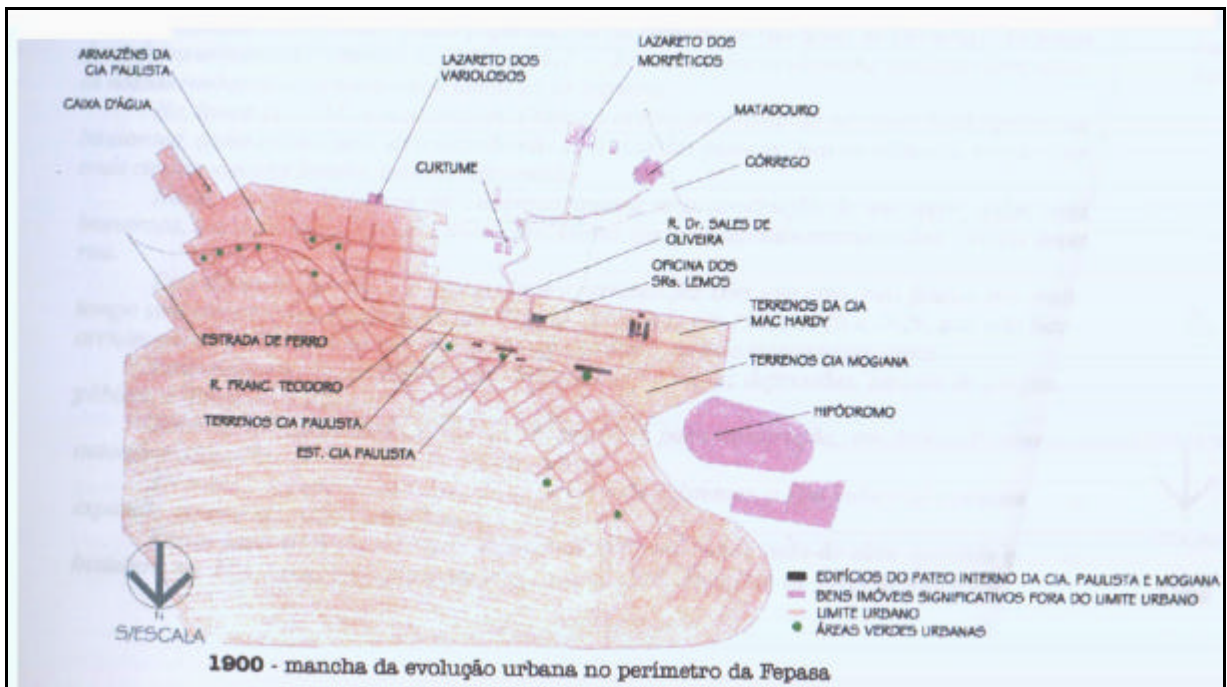


Figura 3.17 – Mancha da evolução urbana no perímetro da Fepasa em 1900.

Fonte: Árias (2001).

A Companhia Campineira do Matadouro Municipal²² foi inaugurada em outubro de 1885 com projeto de Ramos de Azevedo, nas proximidades do Córrego do Piçarrão, Vila Industrial (RODRIGUES & TONON, 1994), pois a legislação sanitária do Estado recomendava que este fosse construído distante das cidades, em ponto elevado, na direção contrária aos ventos predominantes, próximo a curso d'água, que corresse em direção oposta à do povoado e nunca em local para cuja direção a cidade tendesse a crescer (LAPA, 1996).

O Matadouro (figura 3.18), servia-se do Córrego do Piçarrão para abastecimento de água e escoamento dos detritos provindos dos trabalhos de matança e, a partir de 1907, estará sujeito a uma série de enchentes.

²²Foi desativado no início de 1972 e demolido neste mesmo ano (RODRIGUES & TONON, 1994).

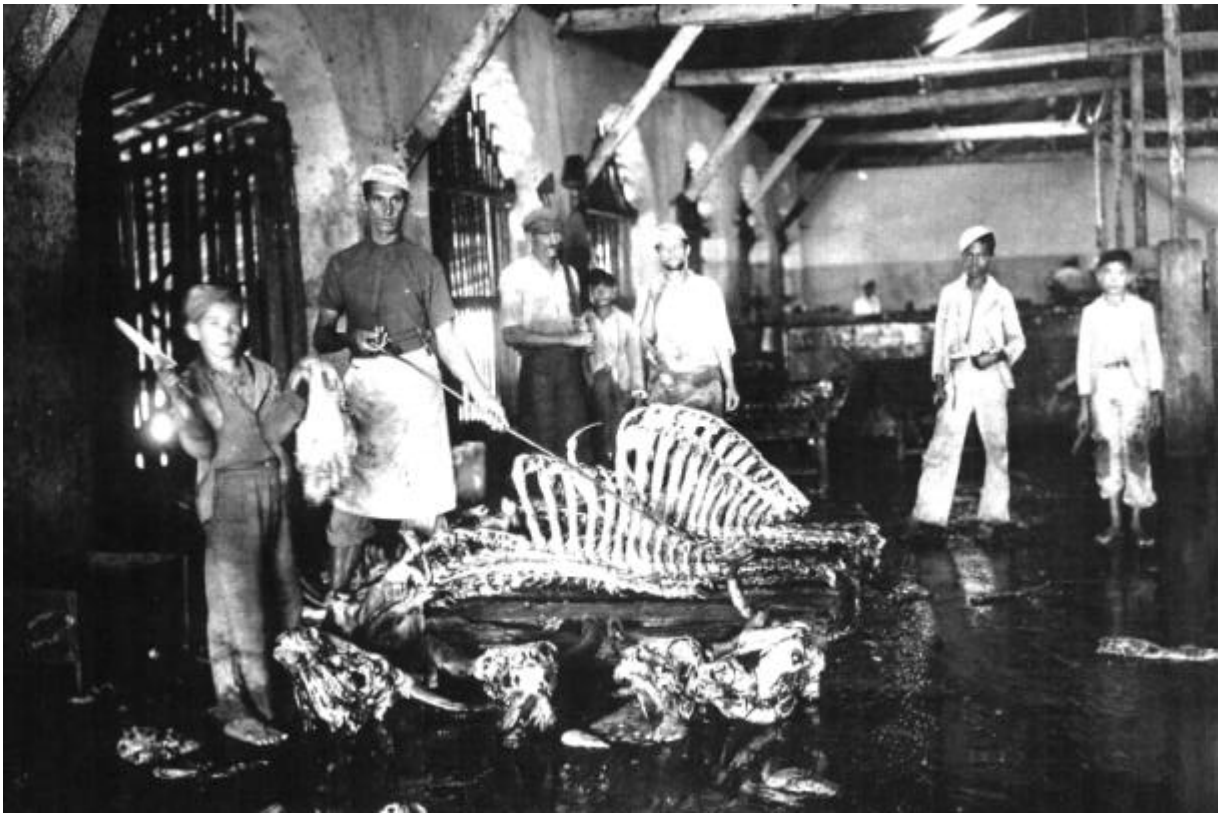


Figura 3.18 – Trabalho realizado no Matadouro Municipal .

Fonte: Arquivo do Curtume Cantúcio.

Em 1912, a Repartição de obras, no intuito de sanar o inconveniente, mandou fazer a limpeza e retificação do Córrego, serviço este finalizado em fevereiro de 1913 (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1914). Entretanto, o problema das enchentes ainda continuou.

Em função das enchentes, os serviços de desobstrução do Córrego do Piçarrão, a juzante do Matadouro, tornaram-se uma constante: ...”serviço que é feito todos os annos e no qual a Câmara despende não pequena somma” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1921).

Em dezembro de 1921 “as águas invadiram o Matadouro, tendo ellas attingido, dentro do estabelecimento, a um metro de altura. O córrego do Cortume muito concorre para essas innundações” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1921). “Pode-se dizer que, annualmente, o corrego do Piçarrão arrasta em suas águas sujas e morosas, Matadouro abaixo,

para mais de dois contos de réis dos cofres municipaes, pois a tanto ou mais se eleva a despeza com a necessária desobstrucção” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1921).

A figura 3.19 mostra os despejos do Matadouro na planície da bacia do Córrego do Piçarrão.



Figura 3.19 – Despejos oriundos do Matadouro na planície da bacia do Córrego do Piçarrão.

Fonte: Arquivo do Curtume Cantúcio.

O Córrego do Piçarrão, era assim descrito em 1921: *“Trata-se de um córrego de muito pequena declividade e que, como geralmente acontece em taes casos, possui leito normal bastante sinuoso; além disso com pequeno volume normal de agua por causa da Paulista. Por ocasião das enchentes, retém as águas altas por muito tempo. Baixadas estas, fica o leito do córrego abarrotado de materiaes de alluvião, portanto ainda em peiores condições de declividade” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1921).*

Compradora de couros verdes do Matadouro Municipal, a Companhia Cortidora Campineira localizava-se em suas proximidades, no antigo bairro Piçarrão²³. Produzia couros destinados ao solado de calçados e solas engraxadas destinadas às correias de máquinas e óleos de mocotó. Seu processo industrial de curtimento do couro era feito antes de 1930 “*em tanques comuns, que consistiam em buracos abertos no chão, revestidos de cimento, sujeito a trincas e fendas*” (CAMILLO, 1998).

Contrastando com o acúmulo da riqueza proporcionada pelo café, Campinas apresentava problemas estruturais de saneamento e abastecimento de água e, ao final do século XIX, foi vitimada por surtos de febre amarela que a flagelaram por nove anos, provocando inúmeras mortes e afugentando pelo menos $\frac{3}{4}$ da população local (CAMILLO, 1998). Somente com o surto epidêmico de 1889 é que se cuidou das obras de implantação dos serviços de água e esgoto na cidade, cogitados desde 1880 e inaugurados em 1891 e 1892, respectivamente (SANTOS FILHO & NOVAES, 1996).

Segundo Lapa (1996), embora a rede de abastecimento de água tivesse sido planejada para atender ao crescimento da cidade, no início do século XX já se demonstrava deficiente para assegurar um abastecimento ideal. Os riachos Iguatemi e Bom Jardim, a 18 quilômetros de Campinas, próximos à vila da Rocinha — atual cidade de Vinhedo, foram os escolhidos para terem suas águas aproveitadas para o abastecimento da cidade. Entretanto, a opção dos engenheiros, principalmente de Antonio Francisco de Paula Souza, ao que tudo indica, era pela proximidade e excelente qualidade das águas, justamente pelas fontes que formavam os Córregos do Piçarrão e Campinas Velhas (atual Córrego Proença) e os que desaguavam no Rio Capivari. (LAPA, 1996).

Antonio Francisco de Paula Souza, tinha preferência pela captação de água dentro da cidade, mas acabou derrotado quando da apresentação de seu “*Projecto de Abastecimento d’agua e Esgotos para a Cidade de Campinas*” à Câmara Municipal e ao Governo da Província (LAPA, 1996). Segundo Santos (1999) “*Configurava-se um duelo de posições opostas, entre os adeptos de uma supermecanização da captação no Rio Atibaia e Ribeirão do Pinheiro e a sua concepção*

²³ Hoje Vila Industrial (CAMILLO, 1998).

técnica de uma captação inframecanizada dentro dos limites do planalto da cidade, entre as bacias do Ribeirão de Anhumas a leste e a do Piçarrão a oeste”.

Não obstante a instalação destas redes, a febre amarela permanecera sob forma endêmica e epidêmica e só viria a desaparecer depois das obras de saneamento efetuadas na cidade, sob a supervisão do engenheiro Saturnino Rodrigues de Brito (SANTOS, 1999).

Nos anos que se seguiram à febre amarela, a agricultura no Estado tendia para a policultura, deixando de centrar-se exclusivamente no café. No município, o desenvolvimento da cultura algodoeira e a implantação de indústrias voltadas principalmente para a produção de máquinas para a agricultura, fios, tecidos, peças de vestuário, além de produtos químicos e laticínios contribuíram para a retomada do desenvolvimento econômico (BADARÓ, 1996).

Em 1920 cerca de 50% da população total do município se concentrava na área urbana, com aproximadamente 40% da população, economicamente ativa, dedicando-se a atividades tipicamente urbanas — comércio, serviços e indústria (SILVA, 1996). Tal fato revelaria um processo contínuo de urbanização, que requisitaria crescentes investimentos em obras de infraestrutura e normas reguladoras de seu crescimento.

A partir de 1925 altera-se o padrão de urbanização estabelecido no município, com base no crescimento das atividades terciárias e secundárias efetivando-se um extraordinário alargamento da área urbana (SILVA, 1996). Agora o crescimento do município não mais se contém nos limites do perímetro urbano já constituído e objeto de investimentos por parte da municipalidade. Neste momento, entra “*em cena a especulação imobiliária, como protagonista principal do novo desenho da cidade. O lote urbano, entendido como mercadoria, iria presidir a expansão urbana ao sabor dos interesses do capital bem adiante da demanda efetiva da população*” (BADARÓ, 1996).

Em decorrência da crescente expansão verificada na cidade, problemas não tardaram a surgir, tornando necessária a adoção de iniciativas destinadas a ordenar este crescimento. Desta forma, em 1934 é instituído o Código de Construções (revisto em 1940 e 1948), são aprovados planos para adução de água do Rio Atibaia e para a ampliação das redes de água e esgotos da

cidade e, finalmente, é feita a contratação do engenheiro - arquiteto Francisco Prestes Maia para estudar um plano de urbanismo para a cidade (BADARÓ, 1996).

A implantação do Plano de Melhoramentos Urbanos de Campinas deu-se em duas fases: a primeira de 1934 a 1955 e a segunda de 1956 a 1961, ao longo de várias administrações (BADARÓ, 1996). Para Badaró (1996), os melhoramentos urbanos cogitados para Campinas, não se destinaram à totalidade da população à medida que as propostas atendidas foram aquelas de interesse das classes dominantes, em detrimento das demais, que foram relegadas ao plano da utopia ou da marginalidade.

Dos anos 30 aos anos 50 do século passado, Campinas se tornaria predominantemente urbana e industrial (SILVA, 1996). A área agrícola do município diminuiu e o perímetro urbano se expande (VICENTINI, 1993). Na Bacia do Córrego do Piçarrão, as conseqüências desta expansão se traduzem na implantação de novos loteamentos, impulsionados, principalmente, pela abertura da rodovia Anhangüera em 1948, que iria reforçar tanto a economia como a centralidade de Campinas. Desta forma são aprovados os loteamentos do Jardim dos Oliveiras (1953), Nova Europa (1951), Jardim Leonor (1950), São Bernardo (1951), Vila Anhangüera (1949), Vila São Bento (1951), Vila Pompéia (1950), Conjunto Popular Bandeirantes (1951), Jardim Magnólia (1958), Jardim Aurélia (1953), Chácara Cnéo (1959), Jardim Campos Elíseos (1952), Jardim Paulicéia (1953), Jardim Ipaussurama (1953), Jardim Pampulha (1953), Jardim Caetano (1957), Jardim Campo Grande (1952), Jardim Santa Rosa (1955), Jardim Sul América (1953), Jardim Nova Esperança (1954) (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2002).

Com o favorecimento da construção civil, neste período, houve a ampliação do número de indústrias cerâmicas e dos pontos de extração e cavas de argila e areia, tanto no vale do Rio Capivari como no baixo curso do Córrego do Piçarrão, exploração que já era verificada desde os anos 20-30, em áreas do Piçarrão próximas à Vila Industrial e São Bernardo (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000).

No pós-guerra teve início um novo modelo urbano-industrial, baseado na implantação de indústrias deslocadas dos eixos ferroviários para as auto-estradas, que começavam a ser abertas

(PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000). No município de Campinas, este processo pode ser observado, pela instalação das indústrias ao longo dos eixos rodoviários regionais, inicialmente na Rodovia Anhangüera depois, gradualmente, se expandindo pelas rodovias Santos Dumont, D. Pedro I, Bandeirantes e nas ligações Campinas-Mogi Mirim e Campinas-Paulínia (DAVANZO, 1992).

Na década de 1970, a implantação de grandes conjuntos habitacionais pela COHAB contribuiu para a expansão da mancha urbana no vetor sudoeste do município, embora este fosse desaconselhado como vetor de desenvolvimento físico da cidade, pelo Plano Diretor de 1971 (FERNANDES & OLIVEIRA, 2001). Tal vetor se transformaria nas décadas seguintes, no principal eixo de ocupação da população de baixa renda e, hoje, concentra as maiores invasões na cidade.

Além da precariedade dos assentamentos urbanos, verifica-se nesta região da cidade, a disseminação de problemas relativos ao saneamento básico, à devastação da cobertura vegetal, a invasões em áreas de preservação permanente, a ocupação desordenada das várzeas, acirrando a relação causa-efeito entre pobreza e degradação ambiental.

De modo geral, o crescimento urbano no município na segunda metade do século XX, segundo Fernandes & Oliveira (2001), foi marcado pela:

- ✓ formação da primeira periferia urbana entre 1950 e 1964;
- ✓ formação da segunda periferia urbana de 1964 a 1980;
- ✓ grandes conjuntos habitacionais planejados de 1965 a 1993;
- ✓ favelas em áreas predominantemente públicas (1968 a 1995);
- ✓ ocupações organizadas em vazios urbanos (1992 a 2000).

A tabela 3.5 apresenta o crescimento do município verificado entre os anos de 1940 a 2000.

Tabela 3.5 - Crescimento populacional do município de Campinas no período 1940 – 2000.

ANO	POPULAÇÃO	TAXA DE CRESCIMENTO (%a.a.)
1940	129.940	1,62
1950	152.547	3,70
1960	219.303	5,54
1970	375.864	5,86
1980	664.559	2,22
1991	846.238	2,22
2000	969.396	1,53

Fonte: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Estado de Economia e Planejamento - Fundação SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SEADE (2002).

O cenário urbano resultante deste processo de urbanização, reproduz o padrão de degradação ambiental e segregação socioeconômica característicos do século XX. Observa-se no baixo e médio curso da bacia em estudo, segregação de parcela considerável da população do município em uma região sem infra-estrutura adequada e com alto grau de comprometimento do meio ambiente.

3.3.6. Situação Ambiental da Bacia do Córrego do Piçarrão

O intenso crescimento urbano verificado no município a partir da década de 1950, aliado ao incremento da impermeabilização do solo, subdimensionamento do sistema de drenagem, contribuiu juntamente com a ocupação dos fundos de vale, para inundações em pontos determinados da bacia em estudo. Esses episódios de enchentes agravavam-se, especialmente, no período de fortes chuvas, quando as águas invadiam residências e estabelecimentos comerciais provocando prejuízos de toda sorte.

Tendo em vista a frequência dos episódios de enchentes, a Prefeitura Municipal de Campinas, em meados de 1993, concebeu o Programa de Combate a Enchentes do Município — PROCEN. Os objetivos deste programa visaram um conjunto de intervenções na região metropolitana de Campinas com vistas a obter melhorias no sistema de drenagem urbana, ampliação e melhoria no sistema viário, ampliação no sistema de coleta e condução de esgotos sanitários e urbanização e melhorias em núcleos de favelas. O PROCEN caracterizou-se como um conjunto de obras localizadas, nas bacias do Ribeirão das Anhumas, do Córrego do Piçarrão, do Rio Capivari e do Ribeirão Samambaia, que complementavam um plano mais abrangente de atuação sobre a drenagem da área urbana. As atividades desenvolvidas no âmbito deste programa compreenderam:

- ✓ obras de drenagem: canalização de cursos d'água, execução de galerias pluviais, retificação de tubulações, bocas de lobo, dragagem;
- ✓ sistema viário: alargamento de pistas, pavimentação sobre áreas de canalização e execução de pontes;
- ✓ saneamento: implantação de trechos de coletor tronco;
- ✓ urbanização e reassentamento populacional: desadensamento e urbanização de núcleos não consolidados, conclusão de urbanização em áreas com processo já iniciado e transferência de famílias instaladas em áreas de inundação.

As intervenções programadas para a bacia do Córrego do Piçarrão envolveram a substituição de galerias de águas pluviais, canalização em canal de concreto armado, construção de canal aberto em seção trapezoidal, obras de melhoria na confluência entre os Córregos do Laranja e Piçarrão, dragagem do córrego, substituição de passagem existente do Córrego do Piçarrão sob a Av. John Boyd Dunlop (figura 3.20) (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1993).

Outra manifestação da expansão da malha urbana sobre a bacia do Córrego do Piçarrão foi o desaparecimento da cobertura vegetal inicial ocasionando um drástico empobrecimento da

biodiversidade original, com quase extinção da fauna e flora locais, restando somente alguns remanescentes de mata mesófila semidecídua em pontos isolados. Também, a mata ciliar foi substituída em grande extensão por concreto (foto 6), restando trechos onde esta encontra-se degradada (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000).

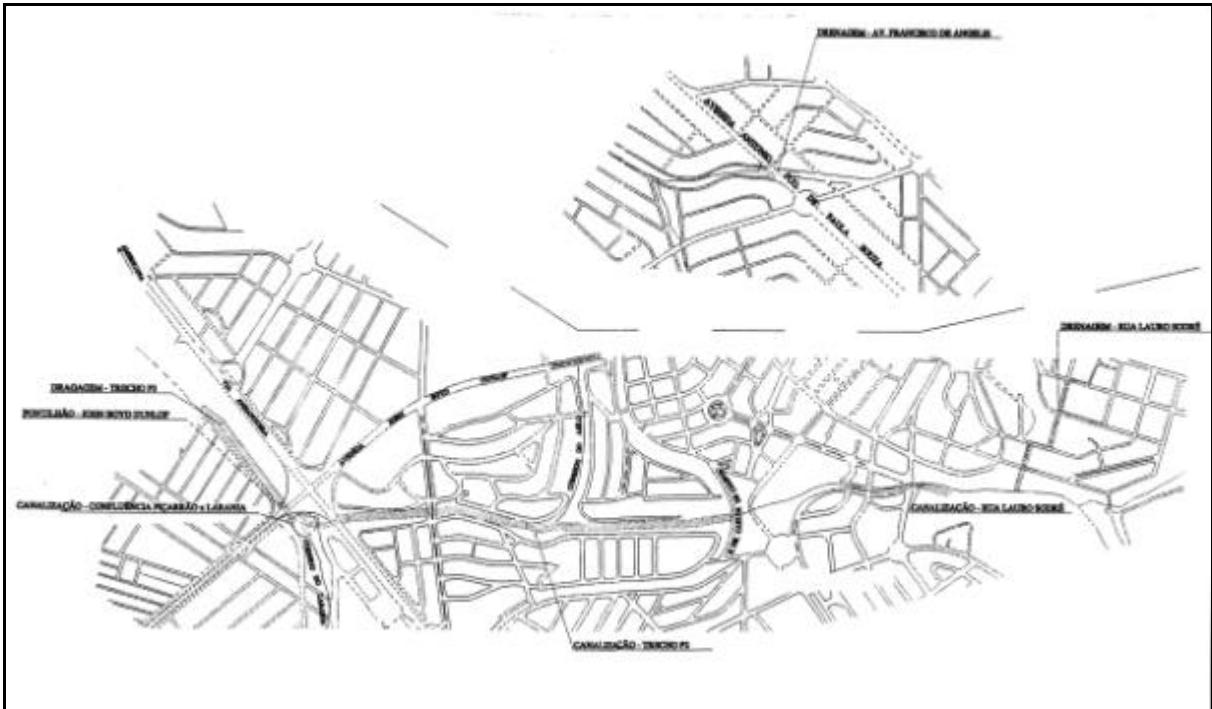


Figura 3.20 – Obras do PROCEN no Piçarrão.

Fonte: Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Campinas.

Quanto a processos erosivos, verifica-se manifestações mais acentuadas — erosão laminar, ravinas e voçorocas — no curso inferior da bacia. Neste trecho são intensas as ocupações irregulares e/ou ilegais do solo, com ocupação da faixa de domínio da ferrovia e de suas marginais, além de assentamentos de favelas em áreas verdes e institucionais, bem como implantação de lotes em áreas de proteção permanente (figura 3.21) (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2000).



Foto 6 – Substituição da mata ciliar por concreto (Rua Dr Celso da S. Resende).

Coerente a vocação em abrigar instalações não desejadas junto ao núcleo urbano central, a bacia do Córrego do Piçarrão, em seu trecho inferior, acolhe os depósitos de resíduos sólidos da cidade — Aterros Santa Bárbara e Delta I, bem como inúmeras áreas de lançamento de resíduos em locais clandestinos (foto 7).

Com relação ao curso d'água, este apresenta alterações em seu leito provenientes de retificações, canalizações, assoreamentos e extrações clandestinas de areia, realizadas por pequenas dragas, que elevam sua turbidez.

Em função do lançamento de esgotos domésticos, efluentes não domésticos e escoamentos oriundos de superfícies impermeáveis, as águas deste curso d'água transportam compostos oriundos das mais diversas fontes, espelhando em sua qualidade e quantidade de água as atividades humanas existentes em sua bacia.



Foto 7 – Lançamento de resíduos em local clandestino.

Outro aspecto a ser destacado, diz respeito à contaminação do solo por gasolina, em área localizada na porção inicial da bacia em estudo. Segundo CETESB (2002) a contaminação oriunda do Auto Posto Piçarrão Ltda, situado na Avenida Jorge Tibiriçá, 1500, foi objeto de investigação e avaliação de riscos, tendo sido tomadas as seguintes providências: isolamento da área, monitoramento ambiental, monitoramento de explosividade e prevenção de consumo de águas. Até o momento, entretanto, não foi definido o processo de remediação do local.

Por fim, cabe destacar a extração de basalto realizada por pedreira situada na margem esquerda do curso médio do córrego em estudo. Esta atividade envolve o corte de vegetação, retirada de solo e rocha, deposição de rejeito e uso de explosivos. As superfícies de corte e aterro são propícias à erosão e ao carreamento de partículas sólidas pelas águas pluviais, possibilitando o assoreamento do curso d'água. Verifica-se, em função da retirada da substância mineral, mudança na topografia da paisagem natural (figura 3.22).

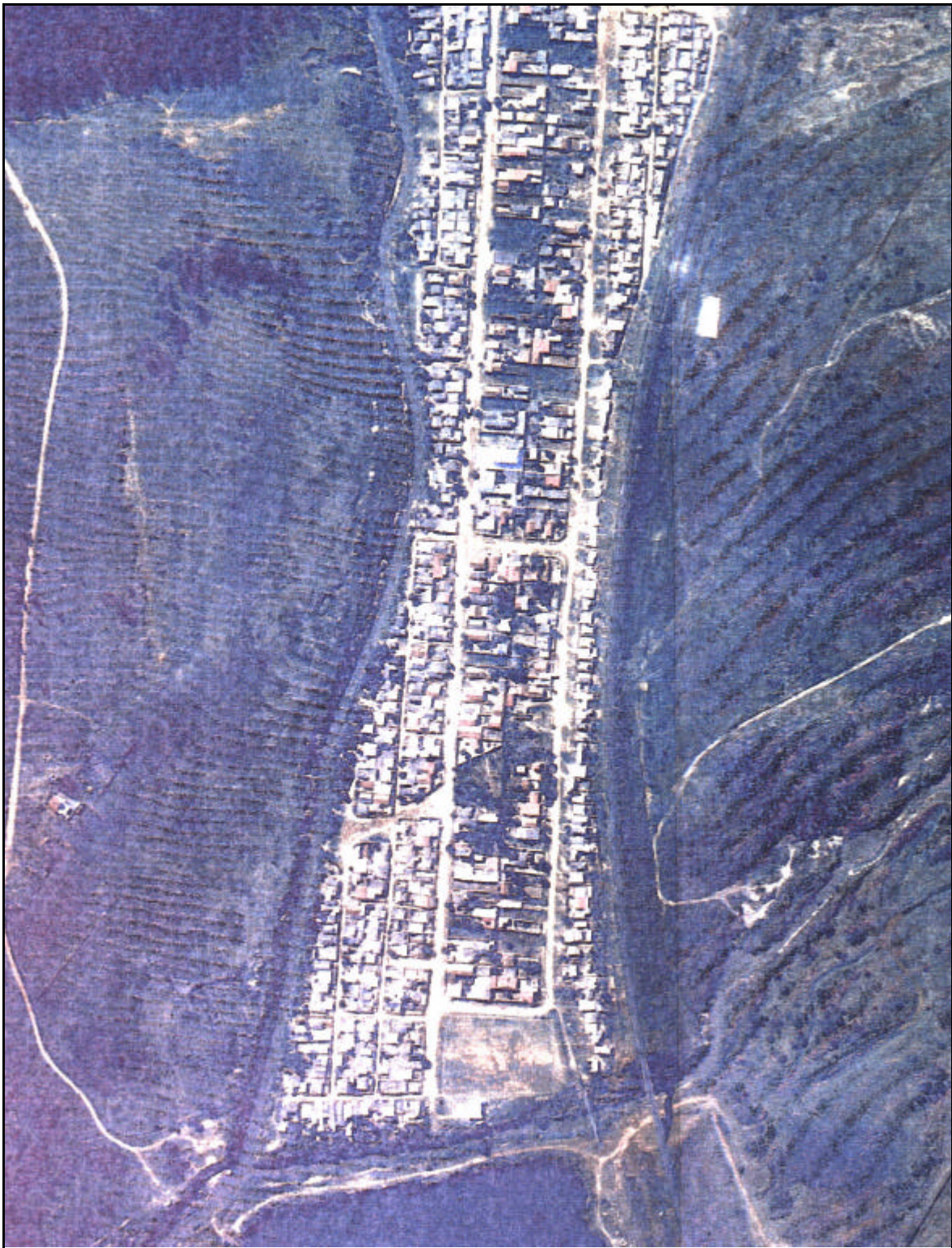


Figura 3.21 – Ocupação da várzea do Córrego do Piçarrão em sua porção inferior.



Figura 3.22 – Atividade de mineração na bacia do Córrego do Piçarrão.

Fonte: www.grupoestrutural.com.br

4. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

4.1. Análise e Estudos em Bacias Ambientais

A abordagem metodológica proposta e discutida com Rutkowski (1999) para a análise e realização de estudos em bacias ambientais com vistas à gestão das águas doces urbanizadas, consiste em etapas sequenciais e interativas que produzem quatro mapas de pré-bacia ambiental, a saber:

- ✓ da paisagem natural: que *“é definida pelas áreas de drenagem das águas urbanizadas para o abastecimento, que compreende as bacias hidrográficas das águas captadas para tratamento, a malha de drenagem das águas armazenadas e servidas e a rede hídrica das águas em uso”* (RUTKOWSKI, 1999);

- ✓ da representação social: compõe-se da seleção de atores dos diversos segmentos sociais agrupados por vertente e por porção da pré-bacia ambiental, para a realização de um levantamento das noções que possuem sobre suas necessidades e interesses nas questões hídricas, bem como do conhecimento que possuem de seu entorno. O intuito é identificar a representação social sobre a qualidade de vida da região a partir de suas águas. As informações podem ser obtidas de quatro maneiras diferentes: através de uma matriz de interação de impactos das necessidades de cada grupo em relação à potencialidade de uso dos fragmentos da pré-bacia ambiental ou através do mapeamento da área de influência de cada grupo participante, quer pela sua necessidade hídrica quer pelo seu interesse, bem como pela criação de uma matriz de

correlação entre as informações de cada grupo ou ainda através da identificação de indicadores de sustentabilidade social definido pelos grupos a partir da percepção do meio e dos indicadores de qualidade de vida.

Os atores sociais são identificados nas vertentes institucional, comunitária e técnico-científica, cujas diferentes perspectivas, devem ser integradas de forma consensual em seus vários níveis. A vertente comunitária compõe-se dos usuários, entidades e associações com interesses na bacia e seus residentes, a vertente técnico-científica integra técnicos e pesquisadores que se envolvem com o processo de gestão e a vertente institucional é representada pelo poder público responsável pelo desenvolvimento e implementação da gestão ambiental;

- ✓ do histórico de conflitos: consiste na identificação das modificações impostas à pré-bacia ambiental pelas ações urbanas em cada momento histórico, resultando em uma matriz de interação de impactos sobre a potencialidade de uso do recurso água e dos impactos por momento;

- ✓ da qualidade ambiental: é traduzida por indicadores de sustentabilidade ecológica e social que ao serem sobrepostos ao cenário atual da pré-bacia ambiental permitem identificar a qualidade e a fragilidade ambiental da região;

A última etapa — consolidação da bacia ambiental — é determinada pela superposição, dos mapas da pré-bacia ambiental: da paisagem natural, da representação social, do histórico de conflitos e da qualidade ambiental.

Esta metodologia serviu como referência à análise espacial dos processos que interferem e modificam a bacia em estudo, no que concerne à compreensão desse espaço como locus social. Entendê-lo desta forma, permite captar com mais facilidade as inter-relações e interdependências criadas pelo urbano que se desenvolverão em conflitos de uso. Não se pretendeu desenvolvê-la na íntegra mas, sim, se apropriar da visão integradora do conceito de bacia ambiental, para permitir a apreensão dos diferentes tipos de intervenções transformadoras de tal espaço.

4.2. Construção de Indicadores Ambientais

Para Winograd et al. (1999), as etapas iniciais envolvidas no desenvolvimento de um sistema de indicadores englobam a identificação de problemas e o estabelecimento de objetivos. A fase de identificação de problemas pode envolver consultas públicas às vertentes comunitária, técnica e institucional ou ser realizada através de revisões da literatura, ou ainda uma combinação destes dois modos. Objetivos e problemas vagos, segundo Winograd et al. (1999) levam à seleção de indicadores não habilitados à formulação de políticas.

Nesta dissertação, os problemas ambientais foram definidos como mudanças indesejáveis ao meio (perda das funções ecológicas do córrego em estudo), resultantes de atividades humanas que impactam negativamente a qualidade das águas do Córrego do Piçarrão.

Uma outra etapa envolvida na construção de um sistema de indicadores diz respeito à seleção de um modelo que posicione e inter-relacione os diferentes elementos considerados. Dentre os modelos examinados, escolheu-se o modelo Forças Motrizes-Pressão-Estado-Impacto-Resposta — DPSIR²⁴, pois este modelo incorpora os impactos ao meio ambiente e reconhece a existência de forças motrizes que exercem pressão sobre o meio, com efeitos adversos (SOE Info, 1999).

Para assegurar a validade dos indicadores, estes devem ser capazes de satisfazer requisitos de seleção pré-determinados, como:

- ✓ relevância política: os indicadores devem estar relacionados aos temas tratados no processo decisório. Devem servir como informação que, processada, irá desempenhar importante papel na tomada de decisões e na avaliação de ações/situações;

- ✓ simplicidade: indicadores são, antes de tudo, simplificações de sistemas complexos, entretanto devem abranger as funções e inter-relações entre seus componentes, mantendo a simplificação necessária;

²⁴ DPSIR – “*Driving Force-Pressure-State-Impact-Response*”.

- ✓ clareza/validade: os indicadores devem ser construídos segundo um modelo transparente e que permita reprodutibilidade dos dados. A metodologia de levantamento dos indicadores deve ser clara para os usuários;
- ✓ dados temporais: disponibilidade de dados temporais que permitam a visualização de tendências ao longo do tempo é fundamental. O indicador deve permitir comparações entre dois momentos no tempo;
- ✓ disponibilidade de dados: os dados necessários para a construção dos indicadores devem estar disponíveis;
- ✓ custo: os indicadores devem ter um custo de levantamento adequado à realidade dos usuários;
- ✓ prazo de levantamento: os indicadores devem ser obtidos em processos de baixo a médio tempo de maturação. Processos demorados e longos não atendem a urgência requerida pelos tomadores de decisões e/ou tornam o processo decisório lento;
- ✓ sensibilidade: os indicadores devem sinalizar rapidamente mudanças no sistema retratado, para tornar o processo decisório ágil.

Como nem sempre é possível atender a todos os critérios desejados e disponibilizar um indicador ideal, na prática deve-se estabelecer um delicado equilíbrio entre validade científica, anuência política e exequibilidade técnica (SEGNESTAM et al., 2000). Com relação à forma de apresentação dos indicadores, Segnestam et al. (2000) ressaltam que, muitas vezes, as informações são mais adequadamente transmitidas através de mapas; em outros casos, os indicadores numéricos são mais úteis e, ainda, quando as informações são qualitativas as análises textuais são as mais apropriadas. Deve-se, portanto, verificar qual é a forma mais efetiva no contexto dos usuários considerados.

O objetivo é identificar um conjunto representativo e conciso de indicadores, capaz de proporcionar uma percepção sistemática das principais pressões atuantes na área em foco. Para cumprir esta finalidade, dá-se preferência a indicadores simples e auto-explicativos. Estes

indicadores deverão permitir avaliações das principais causas dos problemas que degradam a qualidade das águas do Córrego do Piçarrão e que se refletem na perda de suas funções originais.

4. 3. Estudo de Caso: o Córrego do Piçarrão

O desenvolvimento do presente trabalho utilizou informações advindas de fontes distintas de pesquisas, que incluem informações bibliográficas, cartográficas e trabalhos de campo, além de consultas com técnicos da Prefeitura Municipal de Campinas, SANASA, Polícia Ambiental, CETESB e Conselho de Defesa do Patrimônio Cultural de Campinas — CONDEPACC.

As informações cartográficas consultadas incluem os seguintes mapas na escala 1:50.000: folha topográfica, mapa geológico, mapa pedológico, sistema de relevo, microbacias hidrográficas, divisão físico-territorial de planejamento, uso e ocupação do solo e levantamento de áreas críticas sujeitas à inundação do município de Campinas.

Foram consultadas, também, cartas detalhadas na escala 1:2.000 elaboradas pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação da Prefeitura Municipal de Campinas em agosto de 1985, de alguns trechos do Córrego do Piçarrão, que foram objeto de obras civis. A SANASA forneceu os seguintes mapas: limites setoriais do sistema de abastecimento de água, limites de abastecimento por sistemas de tratamento de água, sistema de esgotamento sanitário do Piçarrão – arranjo geral.

Utilizou-se ainda fotografias aéreas na escala 1:5.000 do levantamento realizado em 2001 para orientar os trabalhos de campo e consolidar as informações adquiridas. Uma vez que não existem dados hidrológicos específicos para o curso d'água em estudo, foi realizada uma avaliação qualitativa dos impactos provocados pela urbanização.

O trabalho de campo consistiu em cinco visitas ao longo da calha principal: uma percorrendo toda a bacia com técnicos do Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campinas, outra acompanhando o trabalho de fiscalização da Polícia Ambiental, as três restantes a trechos específicos. Essas visitas objetivaram o levantamento de informações e observações referentes ao meio em estudo. Um importante conjunto de fotografias retratando as principais situações impactantes detectadas foi obtido. Tais fotografias destinaram-se a auxiliar a análise da situação ambiental, para a seleção dos indicadores de pressão para o Córrego do Piçarrão.

4.3.1. Definição da Escala de Trabalho e da Área de Estudo

A delimitação da bacia hidrográfica do Córrego do Piçarrão foi extraída do mapa de microbacias hidrográficas (escala 1:50.000), fornecido pelo Departamento de Planejamento/Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campinas.

Em um segundo momento, foram realizados levantamentos junto a SANASA para a obtenção de informações visando identificar a origem da água utilizada para atender as diversas funções urbanas desenvolvidas na bacia do Córrego do Piçarrão e desta maneira reconhecer a drenagem antropizada. A água utilizada, provém das ETA's 1, 2, 3 e 4 — captação oriunda da bacia hidrográfica do Rio Atibaia.

Foram duas as escalas de análise utilizadas neste trabalho. Partiu-se de uma escala inicial de 1:50.000 para a definição da área de estudo. Para captar com maior fidelidade as diversas realidades da região em foco, complementou-se as informações com a utilização de fotografias aéreas na escala de 1: 5.000 e visitas a campo.

4.3.2. Identificação dos Indicadores de Pressão Ambiental

Os passos utilizados na identificação dos indicadores de pressão ambiental para a bacia em estudo foram:

1. Análise do território e da situação ambiental objetivando o conhecimento e a interpretação dos eventos para identificar atividades impactantes e problemas relacionados ao recurso água. Esta fase foi dividida em três etapas — organizacional, inventário e diagnóstico.

Na etapa organizacional foram realizados o levantamento histórico e contactados diversos pesquisadores e técnicos para identificar os conflitos existentes na área de estudo. Na etapa de inventário foi organizada uma biblioteca que demandou buscas em vários órgãos no município, bem como vistorias de campo. Das informações obtidas, utilizaram-se aquelas que se mostraram relevantes aos objetivos do trabalho. No diagnóstico, as informações obtidas foram cruzadas com o mapa de uso e ocupação do solo do município de 1984 (escala 1:50.000) (anexo 1) e com as fotografias aéreas de julho de 2001 (escala 1:50.000) para a obtenção do quadro de impactos (tabela 5. 1).

2. Tendo em vista a importância de se selecionar indicadores relevantes para subsidiar a avaliação de políticas e projetos, é importante que estes estejam relacionados a metas ou objetivos, que sirvam para comparações, a fim de permitir aos usuários avaliar o significado dos valores a ele associados. Este ponto é destacado pela OECD (1993) e também por GOUZEE et al. (1995), que apontam que *“sempre que possível, os indicadores devem estar conectados a objetivos políticos e medidas de melhorias”*; servindo para comparações e possibilitando aos usuários avaliar o significado dos valores a ele associados. Neste sentido, foi realizado o levantamento das metas, objetivos e projetos propostos pelo comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (1999), no Plano de Bacia Hidrográfica 2000-2003; além do levantamento de metas, objetivos e projetos para a região da bacia do Córrego do Piçarrão.

3. O estabelecimento dos critérios para a seleção dos indicadores de pressão, observou a importância em se atender a requisitos científicos, funcionais e pragmáticos (WALZ, 2000). Portanto, os indicadores selecionados geram uma imagem representativa das pressões exercidas sobre a qualidade das águas da área em foco, tornando-se instrumentos importantes de auxílio à tomada de decisões com vistas à recuperação do Córrego do Piçarrão.

Foram considerados também critérios de viabilidade de obtenção de dados, simplicidade e facilidade de interpretação, capacidade de mostrar tendências ao longo do tempo e relação custo/benefício.

Cabe destacar que, no contexto da presente bacia não foram considerados indicadores que dependam de dados hidrológicos ou parâmetros físico-químicos, pois estes não existem para o Córrego do Piçarrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Identificação de Atividades Impactantes e Problemas Relacionados ao Recurso Água

A identificação dos problemas afetos ao Córrego do Piçarrão levou em consideração duas vertentes: a vertente UGRHI - PCJ e a vertente local - Município de Campinas.

A nível macro (UGRHI – PCJ), os principais problemas detectados relacionam-se a demandas elevadas de água e ao incremento do volume de cargas poluidoras, ambos fatores com impactos no abastecimento público, levando cidades localizadas nas proximidades de rios com vazões adequadas para seu abastecimento, a recorrerem a mananciais mais distantes.

A degradação da qualidade das águas nesta UGRHI decorre fundamentalmente do lançamento de cargas poluidoras originárias de esgotos urbanos e industriais, bem como de fontes urbanas e rurais difusas (COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ, 1999).

Para a identificação das principais ações ou atividades potencialmente impactantes, a nível local — Córrego do Piçarrão, levou-se em conta as reflexões de Alberti (1999) de que as pressões exercidas sobre o meio-ambiente urbano, ligam-se a atividades humanas através do uso do espaço, do uso dos recursos, da geração de resíduos e poluição, das intervenções no meio, através de tecnologias de controle da poluição e do gerenciamento ambiental (por exemplo, transporte público versus transporte privado), que poderão se refletir na perda de qualidade de

vida da população urbana, como também na vulnerabilidade de tal população a desastres (por exemplo, enchentes e contaminações). Sob essas considerações, que relacionam atividades urbanas, problemas ambientais, vulnerabilidade e qualidade de vida, foi analisado o conjunto de fotografias obtido durante a vistoria de campo, a fim de selecionar as imagens que reproduzem as principais situações impactantes. Considerou-se a perda das funções ecológicas do Córrego do Piçarrão como o elemento central desta análise. Simultaneamente, os dados conseguidos no campo, bem como nas pesquisas e entrevistas, foram cruzados com o mapa de uso e ocupação do solo do município de 1984 (escala 1:50.000) (anexo 1) e com as fotografias aéreas de julho de 2001 (escala 1:5.000) para a obtenção do quadro de impactos relacionado abaixo (tabela 5.1).

Neste quadro de impactos, foram consideradas as principais atividades ou ações que são impactantes da qualidade das águas do Córrego do Piçarrão.

Tendo em mente a complexidade e dinâmica desse processo de degradação das águas, objetiva-se com a construção deste quadro, visualizar as relações causa-efeito do processo, de forma a identificar os indicadores de pressão.

Tabela 5.1 – Quadro de Impactos

AÇÕES OU ATIVIDADES POTENCIALMENTE IMPACTANTES NA BACIA DO PIÇARRÃO	IMPACTOS RELACIONADOS À DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO PIÇARRÃO
Uso do solo com finalidade urbana	Piora na qualidade da água pela incorporação de contaminantes presentes no solo, levados pelas chuvas.
Lançamento de esgotos domésticos <i>in natura</i>	Impactos estéticos, poluição orgânica, eutrofização, alteração das condições físico-químicas do córrego.
Ocupação irregular das várzeas Alterações antrópicas na fisiografia do córrego	Alterações das margens do córrego, aceleração de processos erosivos, destruição da mata ciliar. Favorecimento de processos erosivos, assoreamentos e inundações.
Impermeabilização excessiva dentro e fora dos lotes	Aumento no volume e taxa de escoamento superficial e na concentração de poluentes arrastados pelas águas de chuva.
Lançamento de efluentes líquidos industriais	Impactos estéticos, alteração das condições físico-químicas do córrego.
Erosões e assoreamentos	Transporte de materiais dissolvidos e em suspensão; comprometimento da qualidade da água.
Degradação e perda da mata ciliar	Perda da capacidade de filtragem de sedimentos/particulados e conseqüente comprometimento da qualidade da água.
Disposição inadequada de resíduos sólidos no solo	Transporte de lixo e inúmeros poluentes para as águas por carreamento superficial e infiltração.
Mineração	Aumento dos sedimentos carreados para o córrego, erosão das margens, aumento de turbidez.
Transporte de cargas/rodoviário	Fonte de poluição difusa de óleos e graxas, produtos de combustão

5.2. Levantamento de Metas, Objetivos e Projetos Propostos para a UGRHI – PCJ e para a Região da Bacia do Córrego do Piçarrão

As metas, medidas e programas pretendidos pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (1999), no Projeto de Qualidade das Águas e Controle de Poluição Hídrica no horizonte do Plano de Bacia 2000/2003 são:

- ✓ implantação do sistema de cobrança pelo uso da água;
- ✓ atendimento de 98% da população urbana pelos sistemas de abastecimento de água;
- ✓ redução para 25% nos índices de perdas dos sistemas de abastecimento de água;
- ✓ atendimento de 92% da população urbana com coleta de esgotos;
- ✓ remoção de 47% da carga poluidora dos esgotos urbanos;
- ✓ remoção de no mínimo 80% da carga poluidora dos efluentes industriais em todas as indústrias;
- ✓ economia de água pela racionalização dos usos;
- ✓ implantação de programas de conservação do solo e de proteção dos mananciais;
- ✓ melhoria e controle das disposições dos resíduos sólidos;
- ✓ recuperação de áreas degradadas críticas;
- ✓ melhoria da educação ambiental em relação aos recursos hídricos.

Com relação ao córrego em estudo, a atual administração recém iniciou o processo de discussão das metas e propostas de desenvolvimento para a região, em função disto, serão apresentadas as que foram estabelecidas pelo Plano Diretor do Município de 1996:

- ✓ urbanização do vale do Piçarrão;
- ✓ implantação do Programa de Proteção de Encostas e de Fundos de Vale, objetivando a proteção de áreas sujeitas à erosão, assoreamento e inundações, com a definição de regras específicas para sua ocupação e criação de áreas de preservação permanente;
- ✓ recuperação da bacia do Córrego do Piçarrão e demais afluentes do rio Capivari;
- ✓ priorização de obras de saneamento em áreas com maior concentração de população, especialmente nos bairros de baixa renda.

As propostas a nível de UGRHI – PCJ e bacia do Piçarrão têm em comum o fato de priorizarem a redução do lançamento de esgotos domésticos in natura, a implantação de programas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas. Com relação ao primeiro item, prevê-se a construção da Estação de Tratamento de Esgotos do Córrego do Piçarrão, até 2004. O funcionamento desta ETE elevará para 37% o volume de esgoto tratado em Campinas e contribuirá para a despoluição de 40% da bacia do Rio Capivari (ZANCHETA, 2002), contribuindo, desta forma, para reduzir a carga de poluentes orgânicos, hoje, lançados no Córrego do Piçarrão.

5.3. Estabelecimento de Critérios para a Seleção dos Indicadores de Pressão

O estabelecimento dos critérios para a identificação dos indicadores de pressão de interesse para este trabalho, levou em consideração a premissa já apontada tanto pela OECD como por GOUZEE et al. (1995): *“sempre que possível, os indicadores devem estar conectados a objetivos políticos e medidas de melhorias”* para comparações, de modo a possibilitar aos usuários avaliar o significado dos valores associados a ele. Os outros requisitos selecionados foram:

- ✓ prover uma imagem representativa das pressões exercidas sobre a qualidade das águas da área em foco;
- ✓ ser simples, fácil de interpretar e capaz de mostrar tendências ao longo do tempo;
- ✓ ser disponibilizado a um custo razoável.

Cabe aqui destacar, um aspecto que muitos autores ressaltam, que é a escassez de dados hidrológicos ligados às bacias urbanas. Tal fato relaciona-se a falta de monitoramento nestas bacias e/ou à dificuldade em fazê-lo. Entretanto, a produção e a sistematização desses dados é de grande valia no contexto das interferências que ocorrem nos processos hidrológicos em uma área urbana.

5.4. Seleção dos Indicadores de Pressão

A partir da análise da situação ambiental da bacia, das pressões provocadas pelas ações impactantes identificadas à página 89 e do levantamento de metas e objetivos propostos tanto para a UGRHI – PCJ como para a região da bacia do Piçarrão, selecionou-se um conjunto de 11 indicadores de pressão que se mostraram mais adequados para o caso em estudo.

Os indicadores de pressão selecionados para o Córrego do Piçarrão são:

- ✓ Taxa de vazios urbanos;
- ✓ Número de pontos de estrangulamentos devido a obras inadequadas;
- ✓ Taxa das áreas de várzea ocupadas;
- ✓ Emissões de efluentes não tratados, como Demanda Química de Oxigênio;
- ✓ Número de localidades com disposição inadequada de lixo;
- ✓ Número de pontos de atividades comerciais geradoras de poluição advinda de hidrocarbonetos;

- ✓ Número de acidentes em plantas industriais passíveis de contaminação do solo e da água;
- ✓ Número de acidentes com cargas passíveis de contaminação do solo e da água;
- ✓ Densidade de ruas e rodovias;
- ✓ Número de pontos de erosão das margens, atribuídos à atividades mineradoras;
- ✓ Número de áreas identificadas pela CETESB como contaminadas na bacia.

As forças motrizes e as pressões apontadas para cada indicador são apresentadas na tabela 5.2 a seguir. Quanto à descrição e a justificativa dos indicadores propostos, estas são apresentadas na tabela 5.3.

Tabela 5.2 – Forças Motrizes, Pressões e Indicadores de Pressão identificados para a bacia do Piçarrão.

FORÇA MOTRIZ	PRESSÕES	INDICADOR DE PRESSÃO
Empreendimentos imobiliários	É significativa a existência de vazios urbanos (glebas e lotes) na bacia do Piçarrão, com forte pressão para parcelamento do solo e posterior implantação de empreendimentos imobiliários.	Taxa de vazios urbanos.
Alterações antrópicas na fisiografia do córrego	Muitas das canalizações realizadas no córrego em estudo, têm seções insuficientes para suportar a vazão atingida na época das cheias.	Número de pontos de estrangulamentos devido a obras inadequadas.
Ocupação irregular do solo	Na bacia em foco, foram abertas vias marginais adjacentes ao córrego sem a manutenção das Áreas de Proteção Permanente. Existem também construções nas várzeas. As pressões decorrentes deste tipo de ocupação traduzem-se em alteração das margens do córrego, aceleração dos processos erosivos e assoreamento, bem como destruição da mata ciliar.	Taxa das áreas de várzea ocupadas.
Efluentes domésticos e não domésticos	A poluição por descargas de efluentes domésticos e não domésticos oriundos de atividades antrópicas, no Córrego do Piçarrão se reflete em perda da qualidade de vida para a população, mudanças na composição da biota aquática, bem como na elevação dos custos de tratamento das águas do Capivari.	Emissões de efluentes não tratados, como Demanda Química de Oxigênio (DQO).
Disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos	A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, seguramente é uma das principais fontes de poluição e degradação do solo e das águas superficiais e subterrâneas na bacia do Piçarrão.	Número de localidades com disposição inadequada de lixo.
Fontes de poluição difusa associadas a ativ. comerciais	Geração de poluição difusa advinda, principalmente, de oficinas mecânicas, estacionamentos, postos de gasolina e transportadoras.	Número de pontos de ativ. comerciais geradoras de poluição adv. de hidrocarbonetos.
Acidentes industriais	Acidentes industriais envolvendo emissões de uma ou mais substâncias com potencial para causar contaminações do solo e da água.	Número de acidentes em plantas industriais passíveis de contaminação do solo e da água.
Transporte de cargas perigosas	A bacia em estudo é cortada por várias rodovias e pelo corredor de exportação da FERROBAN, que transportam diariamente vários produtos potencialmente perigosos (inflamáveis, químicos, tóxicos), tanto para a população como para o meio ambiente.	Número de acidentes com cargas passíveis de contaminação do solo e da água.

Continuação da tabela 5.2

FORÇA MOTRIZ	PRESSÕES	INDICADOR DE PRESSÃO
Malha viária existente	O transporte rodoviário é uma das principais fontes de poluição difusa; ocorrem emissões de poluentes atmosféricos pela queima de combustíveis, gerando particulados que se depositarão no solo. Agrega-se a isto os vazamentos de óleo e graxa dos veículos, o desgaste natural dos pneus e freios, bem como de partículas metálicas que acabam se soltando dos veículos e caindo nas ruas e rodovias, sendo levadas pelas chuvas para o curso d'água.	Densidade de ruas e rodovias
Mineração	A atividade de mineração no Piçarrão, está ligada à extração de areia por pequenas dragas e extração de basalto realizada por pedreira localizada na margem esquerda de seu curso médio, com impactos na geomorfologia do córrego (aumento dos sedimentos carregados para o córrego, erosão das margens e aumento da turbidez das águas).	Número de pontos de erosão das margens, atribuídos a atividades mineradoras.
Introdução de substância ou resíduo capaz de contaminar o solo ou a água.	Na bacia em estudo existem locais onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de substâncias ou resíduos, que determinam impactos negativos e/ou riscos sobre a vida e meio ambiente.	Número de áreas identificadas pela CETESB como contaminadas na bacia.

INDICADOR	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA
Número de áreas identificadas pela CETESB como contaminadas na bacia	Este indicador apresenta o número de áreas efetivamente contaminadas na bacia.	As áreas contaminadas, se não forem isoladas e devidamente remediadas podem representar risco de contaminação para o córrego (infiltração e arraste de contaminantes pelas águas de chuva).
Taxa de vazios urbanos	Este indicador expressa, em percentuais, a relação entre o total das áreas não parceladas na bacia, com a área total da bacia.	Informações sobre a relação entre o total de áreas não parceladas e a área total da bacia fornece um indicador, que pode influenciar nos padrões de densidade atuais, além de fornecer subsídios para se encontrar o valor de uma densidade, que seja sustentável, para esta bacia.
Número de pontos de estrangulamentos devido a obras inadequadas	Este indicador quantifica (números) as obras de infra-estrutura mal planejadas e/ou executadas, que afetam a hidrologia do córrego.	Este indicador dará uma medida dos impactos (enchentes, erosão das margens) causados pela forma desorganizada, como a infra-estrutura é implantada.
Taxa das áreas de várzea ocupadas	Este indicador é constituído pela razão entre o total de áreas de várzea ocupadas, com a totalidade das áreas de várzea na região de interesse, expressa em percentual.	As várzeas dos rios são de extrema importância para a manutenção da integridade da bacia, inclusive para a manutenção da qualidade e quantidade de água. Este indicador relaciona-se tanto com o grau de degradação da várzea, como com a população que vive em área de risco.
Tabela 5.3 –Descrição e justificativa dos indicadores propostos para a bacia do Piçarrão.		

INDICADOR	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA
Número de pontos de atividades comerciais geradoras de poluição advinda de hidrocarbonetos	Este indicador quantifica (números) as atividades comerciais geradoras de poluição advinda de hidrocarbonetos.	As oficinas mecânicas, estacionamentos, postos de gasolina e transportadoras localizadas na área em estudo, são fontes de poluição difusa e representam potencial de impactar o curso d'água em foco.
Número de acidentes em plantas industriais passíveis de contaminação do solo e da água.	Este indicador quantifica (números) os acidentes industriais passíveis de contaminação do solo e da água.	A introdução de contaminantes no solo e nas águas, oriundos de acidentes em plantas industriais, apresentam riscos de danos ambientais sobre a qualidade das águas e à saúde da população.
Número de acidentes com cargas passíveis de contaminação do solo e da água.	Este indicador apresenta os números de acidentes envolvendo o transporte de cargas passíveis de contaminação do solo e da água.	Os acidentes com cargas passíveis de contaminação do solo e da água envolvem riscos para a população e ao meio da área em estudo.
Densidade de rodovias e ruas	Este indicador expressa, em km de rodovias e ruas/km ² da área em estudo, a relação entre o total de ruas e rodovias (expresso em quilômetros) pela área da bacia.	Sendo o transporte uma das principais fontes de poluição difusa, quanto maior a área de captação (ruas e rodovias) maior a quantidade de poluentes que podem ser carregados pelas chuvas para o córrego.
Tabela 5.3 –Descrição e jsustificativa dos indicadores porpostos para a bacia do Piçarrão.		

INDICADOR	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA
Número de áreas identificadas pela CETESB como contaminadas na bacia	Este indicador apresenta o número de áreas efetivamente contaminadas na bacia.	As áreas contaminadas, se não forem isoladas e devidamente remediadas podem representar risco de contaminação para o córrego (infiltração e arraste de contaminantes pelas águas de chuva).
Emissões de efluentes não tratados, como Demanda Química de Oxigênio	Este indicador quantifica (toneladas/mês) a emissão de efluentes líquidos oriundos de ações antrópicas.	A DQO é um indicador da presença de matéria orgânica em corpos d'água. Ao contrário da DBO, a sua medida não sofre interferência devido à presença de certas substâncias. Desta forma, é um indicador mais adequado para corpos d'água, que recebem despejos de origem industrial.
Número de localidades com disposição inadequada de lixo	Este indicador fornece a quantidade (números) de áreas com disposição inadequada de lixo.	A deposição inadequada de lixo é seguramente uma das principais fontes de poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas desta bacia.
Tabela 5.3 –Descrição e justificativa dos indicadores propostos para a bacia do Piçarrão.		

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Fruto de um processo onde não houve por parte do poder público, “*contenção e controle das práticas do espaço urbano*” (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1991), a bacia do Córrego do Piçarrão materializa formas espaciais que são produto dos diversos momentos históricos de seu processo de ocupação. Sua dinâmica de povoamento e de estruturação das atividades produtivas ocasionou uma série de transformações que se refletiram na perda de suas funções, como elemento de recreação, pesca, paisagístico e de abastecimento de água. Tal dinâmica comprometeu seriamente não só a qualidade de vida da população, mas também gerou reflexos ecológicos, econômicos, estéticos e de saúde pública.

Nesse cenário, o presente trabalho destacou a relevância da utilização de indicadores ambientais, em especial os indicadores de pressão, como instrumentos que proporcionam às diversas instâncias decisórias uma percepção sistemática e integrada da realidade existente na área em estudo, bem como do controle de atividades poluidoras, pois permitem avaliar os impactos resultantes das ações que as funções urbanas demandam, subsidiando, desta forma, o processo de tomada de decisões necessárias à recuperação do Córrego do Piçarrão.

Neste sentido, a abordagem metodológica utilizada no presente trabalho permitiu estabelecer a relação biunívoca entre forças motrizes e pressões sobre o meio e, desta forma, identificar os indicadores de pressão, objetivo principal desta dissertação.

Não é possível pensar na recuperação desta bacia se não houver instrumentos que permitam gerar uma imagem representativa das pressões exercidas sobre a qualidade das águas da área em foco e diagnosticar causas e efeitos potenciais dos problemas detectados para preparar respostas e adequar ações.

Por resumirem informações relativas às causas dos problemas ambientais e fornecerem medidas mais diretamente ligadas à efetividade das políticas implementadas em um curto prazo, os indicadores de pressão são de particular importância para apoiar o processo de tomada de decisões em bacias urbanas. Esta hipótese, foi testada no âmbito desta dissertação e as informações geradas permitiram validá-la.

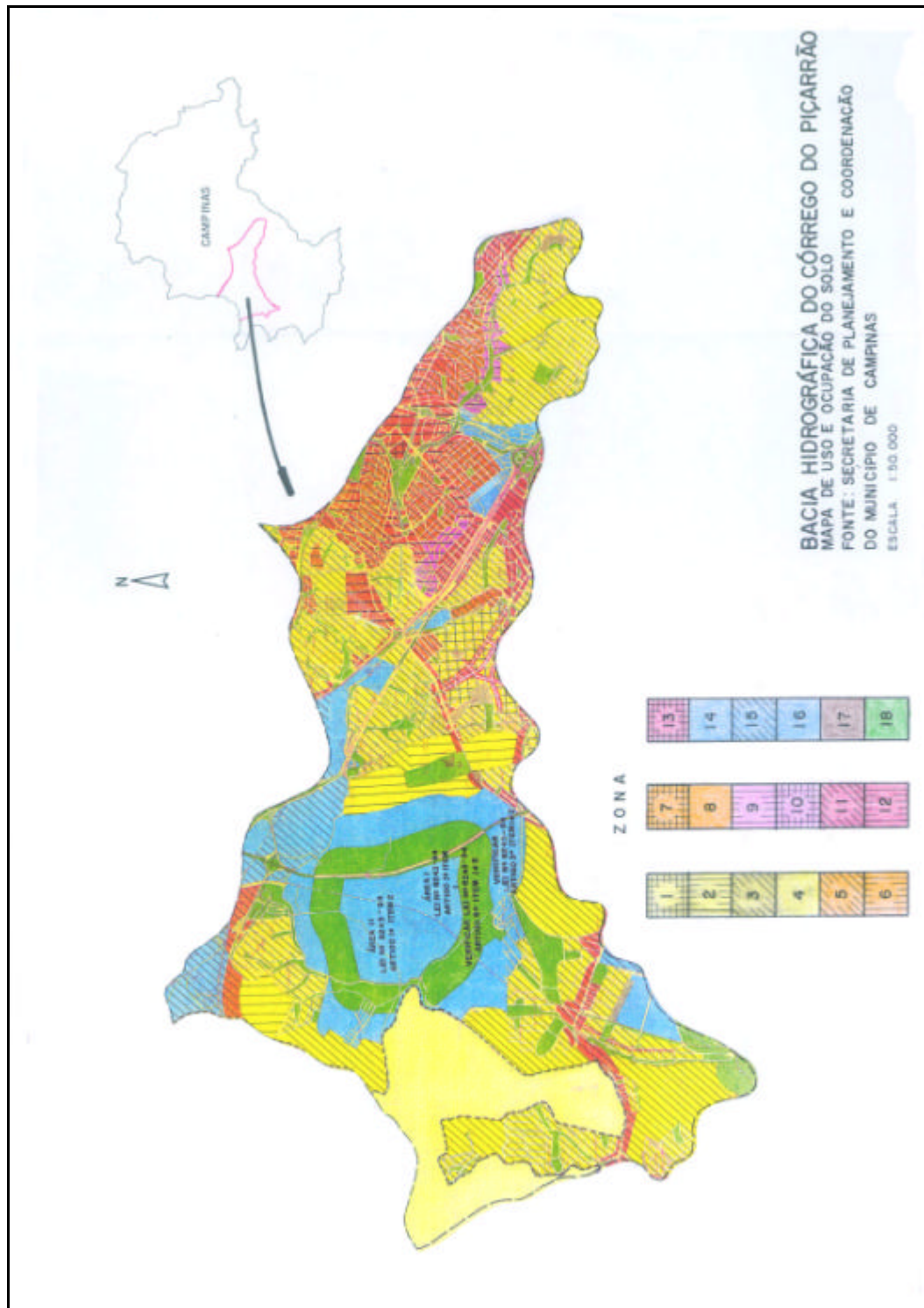
Apesar de ser possível averiguar a relevância da hipótese proposta, não foi possível tratá-la adequadamente, em relação aos diversos agentes sociais envolvidos e a dimensão do território, quanto às drenagens incorporadas pelas ações do saneamento para atender as diversas funções urbanas na bacia do Córrego do Piçarrão.

Desta forma, esta dissertação é somente um ponto de partida para futuras pesquisas que envolvam os aspectos não abordados em sua formulação. Recomenda-se um trabalho contínuo de levantamento de dados e informações, buscando aprimorar, revisar e atualizar o conjunto de indicadores selecionados, que deve ser objeto de constantes melhorias.

Por fim cabe destacar que os indicadores não são um fim em si mesmos. São instrumentos que, se utilizados com sabedoria e moderação, podem construir a motivação para as mudanças necessárias e guiar as ações em direção a sustentabilidade (GOUZEE et al. 1995).

ANEXOS

ANEXO 1 –Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão.



ZONA	CATEGORIA	SUBCATEGORIA PERMITIDA	SUBCATEGORIA TOLERADA	PORTE
1	HABITACIONAL	Unifamiliar e multifamiliar horizontal		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1	CG-2, CA-1, CA-2	PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-2, SL-3, SG-8	SG-1, SG-2	
	INSTITUCIONAL	EL	EG	MEDIO
2	HABITACIONAL	Unifamiliar e multifamiliar horizontal		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1	CG-2, CA-1, CA-2	PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-2, SL-3, SG-8	SG-1, SG-2, SG-4 a 5	
	INSTITUCIONAL	EL	EG	MEDIO
3	HABITACIONAL	Unifamiliar e multifamiliar horizontal		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2		PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-2, SL-3, SG-8		
	INSTITUCIONAL	EL		MEDIO
4	HABITACIONAL	Unifamiliar e multifamiliar horizontal		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2		PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1		
	INSTITUCIONAL	EL		MEDIO
5	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2	CG-1	PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-2, SL-3, SG-8		
	INSTITUCIONAL	EL		
6	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2	CG-1	PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-4, SG-3, SG-8	SL-2, SL-3	
	INSTITUCIONAL		EL	
7	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		
	COMERCIAL	CL-1, CL-2	CG-1	PEQUENO
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1, SL-4, SG-3, SG-8	SL-2, SL-3	
	INSTITUCIONAL		EL	

ZONA	CATEGORIA	SUBCATEGORIA PERMITIDA	SUBCATEGORIA TOLERADA	PORTE
8	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		PEQUENO
	COMERCIAL			
	SERVIÇOS	SP-1		
	INSTITUCIONAL	EL-com restrições		
9	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horizontal		PEQUENO E MÉDIO
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1	CG-2	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 6, SG-8	SG-7, SG-9, SG-10	
	INSTITUCIONAL	EL	EG	
10	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		PEQUENO E MÉDIO
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1	CG-2	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 6, SG-8	SG-7, SG-9, SG-10	
	INSTITUCIONAL	EL	EG	
11	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		PEQUENO E MÉDIO
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1, CG-2, CG-3	CA-1a 5	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 10	SE-1, SE-2	
	INSTITUCIONAL	EL, EG	EE	
12	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1, CG-2, CG-3	CA-1a 5	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 10		
	INSTITUCIONAL	EL/EG	EE	
13	HABITACIONAL	Uni e multifamiliar horiz. e vertical		PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1, CG-2	CG-3	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 8		
	INSTITUCIONAL	EL/EG	EE	
14	HABITACIONAL	Unifamiliar		PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1, CG-2, CG-3, CA-1 a 5		
	SERVIÇOS	SI-1 a 4, SE-1 a 3, SG-1 a 10		
	INSTITUCIONAL	EL/EG/EE		
	INDUSTRIAL	IN	II	
15	COMERCIAL	CL-2, CG-2, CG-3, CA-1 a 5		PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	SERVIÇOS	SG-1, SG-3, SG-7 a SG-10, SE-1 a 3		
	INSTITUCIONAL	EL/EG/EE		
	INDUSTRIAL	IN/II	IE	

ZONA	CATEGORIA	SUBCATEGORIA PERMITIDA	SUBCATEGORIA TOLERADA	PORTE
16	COMERCIAL	CL-2, CG-3		PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	SERVIÇOS	SG-1, SG-3, SE-1 a 3		
	INSTITUCIONAL	EG		
	INDUSTRIAL	IN/II/IE		
17	HABITACIONAL	Multifamiliar e vertical	Unifamiliar e multifamiliar horizontal	PEQUENO, MÉDIO E GRANDE
	HABITACIONAL			
	COMERCIAL	CL-1, CL-2, CG-1, CA-2	CG-3, CA-1	
	SERVIÇOS	SP-1, SP-2, SL-1 a 4, SG-1 a 6, SG-8	SG-7	
	INSTITUCIONAL	EL/EG		
18		Serão realizados estudos específicos que definirão o uso e ocupação adequados às características naturais e a preservação do meio ambiente e da paisagem urbana –UP.		

ANEXO 2 –CATEGORIAS DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS

Segundo a Lei 6.031/88 as Categorias de Uso do Solo com finalidade urbana no município de Campinas são:

I - Categoria de Uso Habitacional;

II - Categoria de Uso Comercial;

III - Categoria de Uso de Serviços;

IV - Categoria de Uso Institucional;

V - Categoria de Uso industrial.

A Categoria de Uso Habitacional compreende duas Subcategorias:

I - HABITAÇÕES UNIFAMILIARES - H

Edificações destinadas exclusivamente ao uso residencial, com apenas uma unidade de habitação por lote;

II - HABITAÇÕES MULTIFAMILIARES - HM

Edificações destinadas exclusivamente ao uso residencial, isoladas ou agrupadas horizontal e/ou verticalmente, com mais de uma unidade de habitação por lote ou gleba e com espaços e instalações de uso comum.

A Categoria de Uso Comercial compreende três Subcategorias:

I - COMÉRCIO DE ÂMBITO LOCAL - CL

Comércio exclusivamente varejista, de produtos de consumo diretamente relacionados ao uso residencial, podendo ser:

a) CL-1 - Comércio Local Básico;

b) CL-2 - Comércio Local Ocasional.

II - COMÉRCIO EM GERAL – CG

Comércio exclusivamente varejista, de produtos diversos, podendo ser:

a) CG-1 - Comércio Ocasional;

b) CG-2 - Comércio de Materiais em Geral;

c) CG-3 - Comércio de Produtos Perigosos.

III - COMÉRCIO ATACADISTA - CA

Comércio exclusivamente atacadista ou atacadista e varejista simultaneamente, podendo ser:

a) CA-1 - Comércio de Produtos Alimentícios;

b) CA-2 - Comércio de Produtos de Pequeno e Médio Porte;

c) CA-3 - Comércio de Produtos de Grande Porte;

d) CA-4 - Comércio de Produtos Perigosos;

e) CA-5 - Comércio de Produtos Agropecuários e Extrativos.

A Categoria de Uso de Serviços compreende quatro Subcategorias:

I - SERVIÇOS PROFISSIONAIS - SP

Serviços prestados por profissionais de nível universitário ou técnico, de forma autônoma ou associativa, em estabelecimentos específicos ou na própria residência, podendo ser:

a) SP-1 - Serviços exercidos de forma autônoma, na própria residência do profissional, desde que esta pertença à subcategoria das Habitações Unifamiliares - H;

b) SP-2 - Serviços exercidos de forma autônoma ou associativa, em locais apropriados.

II - SERVIÇOS DE ÂMBITO LOCAL - SL

Serviços direta e exclusivamente relacionados ao uso residencial, podendo ser:

a) SL-1 - Serviços Pessoais e Domiciliares;

b) SL-2 - Serviços de Educação Informal;

c) SL-3 - Serviços de Reparação e Conservação;

d) SL-4 - Condomínios Habitacionais com Serviços Próprios de Hotelaria.

III - SERVIÇOS EM GERAL - SG

Serviços diversos, podendo ser:

a) SG-1 - Serviços Administrativos, Financeiros e Empresariais;

b) SG-2 - Serviços Pessoais e de Saúde;

c) SG-3 - Serviços de Hotelaria;

d) SG-4 - Serviços de Lazer e de Diversões;

e) SG-5 - Serviços de Instrução Esportiva e de Preparação Física;

f) SG-6 - Serviços de Estúdios, Laboratórios e Oficinas Técnicas;

g) SG-7 - Serviços de Reparação e Conservação em Geral;

h) SG-8 - Serviços de Aluguel e de Distribuição de Bens Móveis;

i) SG-9 - Serviços de Guarda de Bens Móveis;

j) SG-10 - Serviços de Oficina.

IV - SERVIÇOS ESPECIAIS - SE

Serviços incompatíveis, por sua natureza, com o uso residencial, podendo ser:

a) SE-1 - Serviços de Manutenção de Frotas e Garagens de Empresas de Transportes;

b) SE-2 - Serviços de Armazenagens e de Depósitos;

c) SE-3 - Serviços de Motéis e Estabelecimentos Congêneres.

A Categoria de Uso Institucional compreende quatro Subcategorias:

I - INSTITUIÇÕES DE ÂMBITO LOCAL - EL

Instituições destinadas à educação, à saúde, à cultura, ao esporte, ao lazer, à assistência social, a cultos religiosos e à administração, segurança e serviços públicos, cujas atividades relacionam-se às populações localizadas em áreas restritas;

II - INSTITUIÇÕES EM GERAL - EG

Instituições destinadas à educação, à saúde, à cultura, ao esporte, ao lazer, ao turismo, à assistência social, a cultos religiosos e à administração, segurança e serviços públicos, cujas atividades relacionam-se às populações diversificadamente localizadas;

III - INSTITUIÇÕES ESPECIAIS - EE

Instituições destinadas à educação, à saúde, à cultura, ao esporte, ao lazer, turismo, à assistência social, a cultos religiosos e à administração, segurança e serviços públicos, cujas atividades realizam-se em instalações que, por suas características, necessitam de localização especial;

IV - USOS PARA PRESERVAÇÃO E CONTROLE URBANÍSTICO - UP

Usos que permitam a preservação das condições naturais ou originais de áreas e/ou edificações, em decorrência de valores próprios ou para fins de controle urbanístico;

incluem-se nesta subcategoria os monumentos e edificações de valor histórico, arquitetônico ou artístico, os mananciais, as áreas de valor estratégico para a segurança pública e as áreas de valor paisagístico.

A Categoria de Uso Industrial compreende quatro Subcategorias:

I - INDÚSTRIAS NÃO INCÔMODAS - IN

Indústrias cujos processos e resíduos não ocasionam poluição ambiental em níveis incompatíveis com outros usos do solo urbano;

II - INDÚSTRIAS INCÔMODAS - II

Indústrias cujos processos e resíduos ocasionam poluição ambiental em níveis que requerem maior controle de sua localização;

III - INDÚSTRIAS ESPECIAIS - IE

Indústrias cujos processos e resíduos ocasionam poluição em níveis altamente prejudiciais ao meio ambiente, devendo localizar-se, preferencialmente, em distritos próprios;

IV - DISTRITOS INDUSTRIAIS - DI

Conjunto de Indústrias, preferencialmente agrupadas em função de características comuns, podendo ser distritos de indústrias não incômodas, de indústrias incômodas e de indústrias especiais.

O Uso do Solo na Zona Rural também poderá compreender usos urbanos, dependendo de análise específica da Prefeitura Municipal de Campinas, a qual levará em conta, especialmente, a natureza do empreendimento e a sua localização, dada a necessidade de proteção às áreas rurais do Município. Os usos rurais ainda existentes na Zona de Expansão Urbana poderão ser preservados e ampliados desde que haja interesse sócio-econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTI, M. **Urban environmental problems** . In: LAMMERS, P.E.M.; GILBERT, A.J. Towards environmental pressure indicators for The EU: Indicators definition. 1999. Site: <<http://www.e-m-a-l-l.nu/tepi/EPI%20Indicators%20Definition.pdf>>. Acesso em: Junho de 2002.
- ÁRIAS, A.C. **Centro de convívio nas instalações do antigo curtume Cantúcio**. Trabalho final de graduação. 2001. 42 f. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Paulista, Campinas.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Development of environment statistics in developing Asian and Pacific countries**. [Sl: sn], 1999. Disponível em: <http://www.adb.org/documents/books/dev_env_Statistics/chap_03.pdf>. Consultado em: 17 jan. 2002. Chapter 3: Framework for the development of environment statistics.
- BADARÓ, Ricardo. **Campinas: o despontar da modernidade**. 1.ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 161p. (Coleção Campiniana, 7).
- BAKKES, J.A. et al. **An overview of environmental indicators**: State of the art and perspectives. Bilthoven: DUTCH NATIONAL INSTITUTE of PUBLIC HEALTH and ENVIRONMENTAL PROTECTION, 1994. 72 p. UNEP/RIVM 1994, UNEP/EATR.94-01; RIVM/402001001. Site: <<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapparteu>>. Acesso em: Dez. de 2000.
- BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C.E.M. **Monitoramento de quantidade e qualidade das águas**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros, 1999. 717 p.
- CÂMARA DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS. **Ata da Seção Ordinária de 06 de abril de 1903**. Apresentando o requerimento da Cia Paulista de Vias Férreas e Fluviais para captação de águas do Córrego do Piçarrão. Campinas, 1903.
- CAMILLO, E.E.R. **Guia histórico da indústria nascente em Campinas (1850-1887)**. Campinas: Mercado de Letras, 1998. 192 p.

- COMISSÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL-CSD. **Economic and Social Council: Official Records, 2001**: Suplement n° 9. [SI: CDS], 2001. Report on the Ninth session: 5 May 2000 and 16-17 April 2001. Decision 9/4:Information for decision-making and participation. Site:<[http://www.un.org/esa/sustdev/csd9/ecn172001-19e.htm#Decision 9/4](http://www.un.org/esa/sustdev/csd9/ecn172001-19e.htm#Decision%209/4)> Acesso em: Julho de 2002.
- COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ – CBH-PCJ. **Plano de bacia hidrográfica: 2000-2003**. 1 CD fabricado por NovoDisc Brasil Indústria Fonográfica LTDA.[1999].
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Avaliação da qualidade dos recursos hídricos: Bacia do Rio Capivari - 1999**. [S.l.]: CETESB, [1999]. 83 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo – Maio de 2002**. [S.l.]: CETESB], 2002. 128 p. Site: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.htm>. Acesso em: Julho de 2002.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Ministério Público do Estado de São Paulo. Legislação Ambiental. São Paulo: Imprensa Oficial, 2000. 884 p.
- COSTA, M.T. SANASA inicia obra de ETE do Piçarrão. **CORREIO POPULAR**, Campinas, 28 de agosto 2002. Caderno Cidades. p. 7.
- CSD-GEOKCLOK. **Caracterização da área de recuperação ambiental da área do antigo aterro Pirelli**. 1996. Documento arquivado na Prefeitura Municipal de Campinas no Departamento de Limpeza Urbana sob o cadastro SP/P270/R/56/96.
- DAVANZO, A. M. Q. **A região metropolitana de Campinas**: Dinâmica sócio-econômica e as perspectivas de gestão urbana. In: CANO, W. Urbanização e metropolização: Desafios política urbana. Campinas: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 1992. 152 p. Relatório D.1. Convênio SPG/FECAMP.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 4ª ed. Rio de Janeiro: BDC UNIÃO DE EDITORAS, 1998.206 p.
- FERNANDES, A. V.; OLIVEIRA, E. G. **Subsídios para regularização do Parque Oziel e Jardim Monte Cristo face à legislação urbana e ambiental** In: GESTÃO DA TERRA URBANA E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 2000, Campinas. Anais... Campinas: Pontifícia Universidade Católica – Campinas, 2000. 1 CD.

- FUJIMOTO, N.S.V.M. **A urbanização brasileira e a qualidade ambiental** In: SUERTEGARAY, D.M.A.; BASSO, L.A.; VERDUM, R. Ambiente e lugar no urbano. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000. 239 p.
- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Avaliação de impactos da canalização dos Ribeirões Anhumas e Piçarrão**. Relatório parcial nº 749/RP001/95, datado de 01 de fevereiro de 1995. Arquivado na Prefeitura Municipal de Campinas nos arquivos sobre o “*Programa de Combate à Enchentes no Município de Campinas-PROCEN*”
- GALLOPIN, G.C. **Indicators and their use: information for decision-making**. Part one: Introduction. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. Sustainability indicators: Report of the project on indicators for sustainable development. [S.l.]: Wiley, 1997. Site: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/ch01-introd.html>>. Acesso em: Nov. 2001.
- GLEICK, P.H. **The world’s water 2000-2001**: The biennial report on freshwater resources. Washington D.C.: ISLAND PRESS, 2000. 315 p.
- GODFREY, L.; TODD, C. **Defining thresholds for freshwater sustainability indicators within the context of South African water resource management**. In: WATERNET SYMPOSIUM: INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT: THEORY, PRACTICE, CASES, 2., 2001, Cape Town. Proceedings... [S.l.:s.n.], [2001]. Disponível em: <<http://www.waternetonline.ihe.nl/aboutwn/pdf/godfrey.pdf>>. Acesso em: Jan. de 2002.
- GOUZEE, N.; MAZIJN, B.; BILLHARZ, S. **Environmental indicators**. In: INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR DECISION-MAKING, 1995, Ghent. Proceedings... [S.l.]: Federal Planning Office of Belgium, [1995].
- HERCULANO, S. C. **A qualidade de vida e seus indicadores**. Ambiente e Sociedade, Campinas, ano I, n.2, p. 77-99, 1998.
- HOGAN, D. J. et al **Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas**. In: HOGAN, D. J. et al Migração e ambiente nas aglomerações urbanas. Campinas: UNICAMP, 2001. 515 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. . Site: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: Setembro de 2002.
- LAPA, J.R.A. **A cidade: os cantos e os antros**. São Paulo: EDUSP, 1996. 361 p.
- LENZ, R.; MALKINA-PYKH, I.G.; PYKH, Y. Introduction and overview. **Ecological Modelling**, v. 130, p. 1-11, 2000.
- LORENZ, C.M.; GILBERT, A.J.; COFINO, W.P. Environmental auditing: Indicators for transboundary river management. **Environmental Management**, v. 28, n. 1, p. 115-129, 2001.

- MIRANDA, Z. A.I. **As terras que a cidade engoliu**. In: Livro verde: Desafios para a gestão da Região Metropolitana de Campinas. Campinas: UNICAMP/Núcleo de Economia Social, Urbana e Regional. 2002. 498 p.
- MOLDAN, B. **Decision making cycle**. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. Sustainability indicators: Report of the project on indicators for sustainable development. [S.l.]: Wiley, 1997. Site: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/box1f.html>>. Acesso em: Nov. 2001.
- MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. **Sustainability indicators**: Report of the project on indicators for sustainable development. [S.l.]: Wiley, 1997. Site: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/introd.html>>. Acesso em: Nov. 2001. Introduction.
- MORTENSEN, L. F. **The driving force-state-response framework used by CSD**. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. Sustainability indicators: Report of the project on indicators for sustainable development. [S.l.]: Wiley, 1997. Site: <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope58/box1d.html>>. Acesso em: Nov. 2001.
- MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 352 p.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris: [s.n.], 1993. 39 p. Environmental Monographs n° 83, OCDE/GD(93)179.
- PINTÉR, L.; ZAHEDI, K.; CRESSMAN, D. R. **Capacity building for integrated environmental assessment and reporting**: Training manual. 2th ed. Manitoba: International Institute for Sustainable Development, 2000. 144 p. Site: <http://www.iisd.org/pdf/geo_manual_2.pdf>. Acesso em: Julho de 2001.
- POLIDORO, H. A. **Seleção de indicadores de desenvolvimentos sustentável para indústrias do setor siderúrgico**. 2000. 314 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- PORTO, R. L. et al. **Drenagem Urbana**. In: Hidrologia: Ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS. 2001. 943 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Relatório da Prefeitura Municipal**. Item “Água do Piçarrão”. Campinas, [1914?] . Comenta sobre a retirada de água do Córrego do Piçarrão pela Companhia Paulista em volume superior ao estipulado em contrato.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Relatório da Prefeitura Municipal relativo ao exercício de 1913**. Item “Matadouro”. Campinas, [1914].
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. 1921 **Relatório da Prefeitura Municipal relativo ao exercício de 1920**. Item “Córrego do Piçarrão”. Campinas, [1921].

- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Campinas: Subsídios para a discussão do plano diretor**. Campinas: Secretaria de Obras e Serviços Públicos, 1991. 292 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS – PMC. **Programa de combate a enchentes no Município de Campinas-PROCEN**: Estudo preliminar de impactos ambientais. 87 p. Campinas, 1993.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Campinas: Plano diretor 1995**. Campinas: PMC, 1995. 303 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Campinas: a gestão dos resíduos sólidos urbanos**. Campinas: Secretaria de Obras e Serviços Públicos, 1996. 223 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. **Plano local de gestão urbana: região do Campo grande**. Campinas: Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2000. 222 p. Disponível em: <<http://www.pmc.sp.gov.br/seplan/campogrande/index.htm>>. Acesso em: Jan. 2002.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC. Diretoria de Assuntos Jurídicos. **Pesquisa nos arquivos com a finalidade de levantar datas de implantação de loteamentos**. 2002.
- QUIROGA, R. **Enfoques y experiencias en la construcción de indicadores de sostenibilidad relevantes para América Latina y el Caribe**. In: SEMINARIO DE INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 2001, Santiago de Chile. Informe ... [SI: sn], 2001. Site: < <http://www.eclac.cl/dmaah/publicaciones/xml/4/10084/lcr2077e.pdf>>. Consultado em: Julho de 2002.
- RIBEIRO, D. S. Vilas operárias na Campinas do Estado Novo: Uma política de habitação.. **Oculum: Uma revista de arquitetura e urbanismo**. Ensaios. 2º semestre, 2002. p 90-103.
- RIGBY, D.; HOWLETT, D.; WOODHOUSE, P. **A review of indicators of agricultural and rural livelihood sustainability**: Working Paper 1. Working papers prepared under a research project on: “ The Effects of Policy on Natural Resource Management and Investment by Farmers and Rural Households in Eats and Southern Africa”. Projeto de pesquisa colaborativo financiado pela UK Department for International Development. Publicado em fevereiro de 2000. Disponível em: <<http://les.man.ac.uk/ses/research/CAFRE/indicators/wpaper1.htm>>. Acesso em: Jan. 2002.
- RODRIGUES, A.A.V.; TONON, M.J. **As vilas Manoel Dias e Manoel Freire.Campinas**: Prefeitura Municipal de Campinas/Coordenadoria do Patrimônio Cultural, 1994. Relatório sobre o tombamento das Vilas Manoel Dias e Manoel Freire, processo nº 003/90. Sem paginação.
- RUTKOWSKI, E. **Desenhando a bacia ambiental: subsídios para o planejamento das águas doces metropolitan(izad)as**. 1999. 158 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- RUTKOWSKI, E. SANTOS, R, F. Bacia ambiental: Um outro olhar para a gestão das águas doces urbanas. In: Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas. 1998. Zaragoza. **Proceedings** ... [Sn: sn].
- RUTKOWSKI, E.; SANTOS, R.F. UNICAMP's engineering instruction: Environmental performance. In: JOINT CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION AND TRAINING FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: TOWARDS IMPROVED PERFORMANCE., 1997, Paris. **Proceedings** ... [Sn: WFE0/UNEP/WBS/ENPC]. Documento apresentado na forma de pôster.
- SANASA. **Estação de tratamento de esgoto da bacia do ribeirão Samambaia**. Campinas, 2001. Folheto publicitário.
- SANTOS Fº, L.C.; NOVAES, J.N. **A febre amarela em Campinas 1889-1900**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 301 p. (Coleção Campiniana 2).
- SANTOS, A. C. **Compra e venda de terra e água e um tombamento na primeira sesmaria da freguesia de Nossa Senhora da Conceição das Campinas do Mato Grosso de Jundiá: 1732-1992**. 1999. 295 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SÃO PAULO (Estado). **Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de Setembro de 1977**. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. Ministério Público do Estado de São Paulo. Legislação Ambiental. São Paulo: Imprensa Oficial, 2000. 884 p.
- SÃO PAULO. FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS-SEADE. **Informações dos Municípios Paulistas**. SITE: < http://www.seade.gov.br/cgi-bin/lingcv98/spd_01.ksh>. Acesso em: Junho de 2002.
- SCHOMAKER, M. Development of environmental indicators in UNEP. In: [WORKSHOP] LAND QUALITY INDICATORS FOR SUSTAINABLE RESOURCE MANAGEMENT, 1996, Rome. **Proceedings**... [Sn: sl]. Disponível em: <[http://www.fao.org/docrep/W4745E/w4745e07.html#development of environmental indicators in unep](http://www.fao.org/docrep/W4745E/w4745e07.html#development%20of%20environmental%20indicators%20in%20unep)>. Acesso em: Mar. 2002.
- SCHREIER, H.; HALL, K.; BROWN, S.; LAVKULICH, L. **Integrated watershed assessment**. 1997. University of British Columbia. 1 CD.
- SEGNESTAM, L.; WINOGRAD, M.; FARROW, A. **Developing indicators**: Lessons learned from Central America. [Washington D.C.: The World Bank], 2000. Site: <<http://www.ciat.cgiar.org/indicators/toolkit.htm>>. Acesso em: Junho de 2002. Um Kit desenvolvido conjuntamente pelo Banco Mundial, CIAT e UNEP.
- SHAH, R. International framework of environmental statistics and indicators. In: Inception Workshop on the Institutional Strengthening and Collection of Environmental Statistics. 2000, Samarkand. **Proceedings**...[Sl: sn]. Paginação irregular.

SHYAMSUNDAR, P. **Poverty – Environmental Indicators**. Artigos da série: Environmental Economics Series publicados pelo The World Bank Environment Department. Jan. 2002. Paper nº 84. Site: <[http://lnweb18.worldbank.org/essd/essdext.nsf/44ByDocName/PovertyandEnvironmentIndicators2002189KPDF/\\$FILE/PovertyandEnvironmentIndicators2002.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/essd/essdext.nsf/44ByDocName/PovertyandEnvironmentIndicators2002189KPDF/$FILE/PovertyandEnvironmentIndicators2002.pdf)>. Consultado em: Julho de 2002.

SILVA, K.P. **A cidade, uma região, o sistema de saúde**: Para uma história da saúde e da urbanização em Campinas-SP. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 123 p. Coleção (Campiniana 9).

SILVEIRA, A. L.L. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. In: TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e aplicação. 2ª edição. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001. 943 p.

SMEETS, E.; WETERINGS, R. **Environmental indicators**: Typology and overview. [Copenhagen: European Environment Agency], 1999. 19 p. Site: <http://reports.eea.int/TECH25/en/tech_25_text.pdf>. Acesso em: Julho de 2002.

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS E SANEAMENTO S/A (SANASA). **Estação de tratamento de esgoto da bacia do ribeirão Samambaia**. Campinas, 2001. Folheto publicitário.

SOUTHERN AFRICAN RESEARCH AND DOCUMENTATION CENTER'S MUSOKOTWANE ENVIRONMENT RESOURCE CENTRE- SARDC-IMERSA. SOE reporting conceptual frameworks. **SOE Info**, n. 2, 1999. Site:<<http://www.sardc.net/imerca/NETCAB/soeinfo/soeinfo2.pdf>>

TUCCI, C.A.M. **Água no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros, 1999. 717 p.

UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC-UNESCAP. **Manual on environmental statistics**: MODULE 1: General introduction to environment statistics; and its relation to indicators and accounting: Chapter 1: Environment statistics: The basis. 2001. Disponível em: < <http://www.unescap.org/stat/envstat/stwes-01.pdf>>. Acesso em: Jan. 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME-UNEP. **Indicators of sustainable development**: Framework and methodologies. 2001 Site: <http://www.unep.org/esa/sustdev/csd9/csd9_indi_bp3.pdf> Acesso em: Julho de 2002. Commission on Sustainable Development. Ninth Session, 16-27 de Abril de 2001, New York. Background Paper nº3.

VICENTINI, T. A. **Fase básica do plano diretor de drenagem para a cidade de Campinas**. 1993. 172 f. Tese (Mestrado em engenharia civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas.

- WALZ, R. Development of environmental indicator systems: experiences from Germany. **Environmental Management**, v. 25, n. 6, p. 613-623, 2000.
- WESTMAN, E. W. **Ecology, impact assessment, and environmental planning**. [New York: John Wiley & Sons], 1985. 532 p.
- WINOGRAD, M.; FERNÁNDEZ, N.; MESSIAS, R. **Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe**. México D.F.: PNUMA, 1995. Disponível em: <<http://www.ciat.cgiar.org/indicators/unepciat/paper.html>>. Acesso em: Jul. 1997.
- WINOGRAD, M.; SEGNESTAM, L. **Conceptual framework to develop and use water indicators**. [Sn: CIAT], 1999. Site: <[http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/44DocByUnid/F8804836CF76A0D185256B760005C4BC/\\$FILE/ConceptualFrameworktoDevelopandUseWaterIndicators1999.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/44DocByUnid/F8804836CF76A0D185256B760005C4BC/$FILE/ConceptualFrameworktoDevelopandUseWaterIndicators1999.pdf)>. Acesso em: Dezembro de 2001.
- ZANCHETA, D. SANASA vai retomar construção de ETE. **CORREIO POPULAR DIGITAL**, Campinas, 03 de agosto de 2002. Ano V. Site: <<http://www.cpopular.com.br>>. Acesso em: agosto de 2002.

ABSTRACT

To attend demands for potable water and proper sanitation solutions in cities considering, at same time, sociological, ecological and economics aspects of sustainability, represent a great challenge. In this context, environmental indicators give a systemic and integrated perception of environmental reality by taking account of a great quantity of information and linking, apparently, diverging questions.

The urbanization impacts led to many problems and disruptions on the environment. One of the most important is on river watersheds. The absent of a holistic approach led most of urban rivers to an environmental collapse: many rivers is now only a sanitary channel and its riparian forest disappeared. The result is that many cities in the world are facing a clean water “drought”, spending a huge amount of money to take “clean” waters from distance sites and, at the same time, to avoid health problems from theirs polluted rivers. This is the case of Campinas, the second city at São Paulo State. Its Piçarrão stream was once considered a potential source for water supply. Since the beginning of the last century, human occupation has threatened Piçarrão watershed with a continuous wastewater launching. The present work aims to identify pressure indicators or stressors that indicated the events that are degrading Piçarrão’s water quality.