



Número: 15/2005
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

SÉRGIO HENRIQUE VANNUCCHI LEME DE MATTOS

Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP)

Dissertação apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia - Análise Ambiental e Dinâmica Territorial.

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2005

**Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

Mattos, Sérgio Henrique Vannucchi Leme de

M436a Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego
do Piçarrão (Campinas-SP) / Sérgio Henrique Vannucchi Leme de.--
Campinas,SP.: [s.n.], 2005.

Orientador: Archimedes Perez Filho.

Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Geociências.

1. Água-Qualidade –Campinas (SP). 2. Política ambiental.
3. Bacias hidrográficas. 4. Proteção ambiental. I. Perez Filho,
Archimedes. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências. III. Título.

Título em inglês: Environmental quality assessment of Piçarrão river basin (Campinas-SP-Brazil)

Keywords: - Environmental Quality;

- Indicator;
- River basin
- Environmental system;
- Complexity;
- Sustainability.

Área de concentração: Geografia.

Titulação: Mestre em Geografia

Banca examinadora: - Archimedes Perez Filho;
- Marcos César Ferreira;
- Maria Conceição da Costa.

Data da defesa: 23/08/2005.



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL**

AUTOR: SÉRGIO HENRIQUE VANNUCCHI LEME DE MATTOS

Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP).

ORIENTADOR: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Aprovada em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Prof. Dr. Marcos César Ferreira

Profa. Dra. Maria Conceição da Costa

_____ - Presidente

Campinas, 23 de agosto de 2005

*Dedico este trabalho
a minha esposa Lilian & ao meu filho Davi
diva & dádiva
da minha vida*

AGRADECIMENTOS

- ao Prof. Dr. Archimedes Perez Filho, em quem tive a felicidade de encontrar correspondência aos meus interesses pelo paradigma da complexidade, pelo incentivo e confiança no meu trabalho;

- aos pais – Miriam e Assis – e aos meus irmãos – Marco Aurélio, Ana Beatriz, Paulo Augusto e Ana Laura – referências fundamentais para minha vida;

- aos amigos Letícia Orsi, Eduardo Vicente, Andréa Koga, Éderson Briguenti, Charlei Silva e Milton Xavier, com os quais compartilhei bons momentos de lazer e trabalho;

- ao Prof. Dr. Marcos César Ferreira, pelas contribuições diretas ao trabalho feitas no exame de qualificação e pela inspiração, adquirida ao longo de suas aulas, sobre a arte de ser um educador;

- ao Instituto de Geociências (Unicamp), por meio de seus funcionários e docentes, por oferecer infra-estrutura e apoio material para o desenvolvimento da pesquisa;

- à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo que recebi durante o desenvolvimento desta pesquisa;

- a Alípio Freire e Maria Luísa Denadae, da Coordenadoria Especial de Participação Popular e do Orçamento Participativo (Prefeitura Municipal de Campinas), por disponibilizarem os dados do Orçamento Participativo utilizados na pesquisa;

- a Antônio da Costa Santos (Toninho do PT), cujo amor por Campinas me despertou o interesse em compreender a cidade para a qual tinha sonhos e planos de um futuro sustentável.

ÍNDICE

1) INTRODUÇÃO.....	1
2) OBJETIVO.....	3
3) BASES TEÓRICAS DA PESQUISA.....	5
CRISE AMBIENTAL, QUALIDADE DE VIDA E QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE.....	5
PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE.....	5
SUSTENTABILIDADE URBANA.....	8
PARADIGMA DA COMPLEXIDADE.....	10
SISTEMAS AMBIENTAIS COMPLEXOS.....	13
INDICADORES DE QUALIDADE DE VIDA, QUALIDADE AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE.....	16
4) METODOLOGIA.....	21
4.1) BASE CARTOGRÁFICA PARA CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO PIÇARRÃO.....	21
<i>Subsistema físico-natural.....</i>	21
- Cartas Topográficas.....	21
- Modelo Digital de Terreno e Mapas de Declividade e Hipsometria.....	21
- Mapa de Solos.....	22
- Mapa Geológico.....	23
<i>Subsistema socioeconômico.....</i>	23
- Mosaico de fotografias aéreas.....	23
- Uso e Ocupação das Terras.....	24
- Mapas das Administrações Regionais, Macrozonas e Áreas de Planejamento.....	24
- Mapa dos Setores Censitários do Censo Demográfico de 2000.....	25
4.2) IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES AMBIENTAIS PRESENTES NA BACIA.....	26
4.3) OBTENÇÃO DOS INDICADORES E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DAS UNIDADES.....	27
<i>Indicadores de Pressão.....</i>	28
I) Densidade demográfica.....	28
II) Domicílios improvisados e/ou domicílios localizados em aglomerados sub-normais.....	29
III) Serviço de coleta domiciliar de lixo.....	30
IV) Domicílios ligados à rede geral de esgoto.....	31
<i>Indicadores de Estado.....</i>	32
I) Declividade.....	32
II) Densidade de drenagem.....	33
III) Impermeabilização e exposição do solo e presença de cobertura vegetal.....	34
IV) Renda dos responsáveis por domicílios.....	35
<i>Indicadores de Resposta.....</i>	36
I) Participação popular no Orçamento Participativo.....	36
II) Prioridades definidas no Orçamento Participativo ligadas à melhoria da qualidade ambiental.....	37
III) Diretrizes definidas pelo Plano Diretor de Campinas referentes à melhoria da qualidade ambiental.....	38
<i>Índices de Qualidade Ambiental.....</i>	39
I) Conversão dos indicadores medidos para escala única de valores.....	39
II) Obtenção dos índices parciais de qualidade ambiental.....	40
III) Determinação do índice final de qualidade ambiental.....	40
5) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1) CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO PIÇARRÃO.....	41
<i>Localização.....</i>	41
<i>Subsistema físico-natural.....</i>	41
<i>Subsistema socioeconômico.....</i>	60
5.2) CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES PRESENTES NA BACIA E AVALIAÇÃO DE SUAS QUALIDADES AMBIENTAIS.....	74
UNIDADE.....	78
6) CONCLUSÃO:.....	117
7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	119



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-Graduação em Geografia

Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP)

RESUMO

Tese de Mestrado

Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos

A bacia hidrográfica é um sistema ambiental complexo, resultante das inter-relações entre os subsistemas físico-natural (natureza) e socioeconômico (sociedade). A compatibilidade entre as dinâmicas destes subsistemas – de modo a conciliar qualidade de vida e respeito aos limites e potencialidades do meio físico – é a meta de um processo sustentável de desenvolvimento urbano. Grandes centros urbanos, como Campinas (SP), impõem ao paradigma da sustentabilidade seu maior desafio, já que se caracterizam por uma urbanização marcada por exclusão social e degradação ambiental. O planejamento e implantação de políticas visando a reversão deste quadro têm como importante instrumento de auxílio à tomada de decisões os indicadores de qualidade ambiental. Se apoiados em conceitos derivados do paradigma da complexidade, tais indicadores permitem a sistematização de informações sobre a dinâmica do sistema ambiental avaliado, facilitando a modelagem e o entendimento de sua organização espacial. Assim, tendo como embasamento teórico os paradigmas da complexidade e sustentabilidade e como procedimento metodológico a utilização de indicadores, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP). Com base principalmente em critérios geomorfológicos, foram identificadas 9 unidades ambientais presentes na bacia e, para cada uma, avaliada sua qualidade ambiental por meio da aplicação de indicadores. Foram utilizados 11 indicadores, divididos nas categorias de: a) *pressão*: densidade demográfica, domicílios improvisados/em favelas, coleta de lixo e esgoto; b) *estado*: declividade, densidade de drenagem, impermeabilização/exposição do solo e renda dos chefes de família; e c) *resposta*: diretrizes do Plano Diretor ligadas à qualidade ambiental, participação popular no Orçamento Participativo e prioridades relativas à qualidade ambiental definidas no Orçamento Participativo. Convertendo-se os indicadores para uma escala única de valores, foram obtidos, para cada unidade, índices parciais (relativos a cada categoria) e final de qualidade ambiental. A avaliação comparativa das unidades ambientais evidenciou situações bastante heterogêneas, diversidade esta decorrente das particularidades de cada unidade em relação às características e processos dos subsistemas físico-natural e socioeconômico e à dinâmica de inter-relações estabelecida entre eles na organização do sistema ambiental. Em comum, as unidades compartilham o fato de que – em diferentes graus e por motivos diferenciados, mas complementares – estão todas distantes de um desenvolvimento urbano sustentável. Assim, a avaliação da qualidade ambiental da bacia do Piçarrão revela as consequências de um modo de urbanização regido por interesses econômicos privados em detrimento ao bem-estar da coletividade, processo que gera e reforça desigualdade e exclusão sociais (refletindo-se em segregação socioespacial e vulnerabilidades diferenciadas aos riscos naturais) e degrada o meio físico-natural. Como faces opostas e complementares desta forma de urbanização, verifica-se na bacia do Piçarrão, de um lado, a saturação da capacidade de sustentação do subsistema físico-natural nas áreas em que este favorece a ocupação urbana – situação provocada principalmente pela impermeabilização elevada do solo e alta concentração populacional; do outro lado, constata-se que as áreas de maior fragilidade natural tendem a ser ocupadas pela população socialmente excluída e mais vulnerável aos riscos ambientais, alimentando uma dinâmica em que baixa qualidade de vida e baixa qualidade ambiental se reforçam mutuamente.

Environmental quality assessment of Piçarrão river basin (Campinas-SP-Brazil)

ABSTRACT

River basins are complex environmental systems resulting of relations between physical-natural (nature) and socioeconomic (society) subsystems. Compatibility of these subsystems dynamics – represented by conciliation between quality of life and respect to nature's limits and potentials – is the goal of a urban sustainable development. Big urban centers, like Campinas (São Paulo State, Southeastern Brazil), represent the greatest challenge to sustainability paradigm, since their urbanization are characterized by social exclusion and environmental degradation. Politics that aim to revert this situation may rely on environmental quality indicators as a important decision-making tool. If these indicators are supported by concepts derived from complexity paradigm, they permit systematization of information about the environmental system under study and facilitate modeling and comprehension of its spatial organization. Based on complexity and sustainability paradigms and using indicators as methodological procedure, this work evaluated environmental quality of Piçarrão river basin (Campinas - Brazil). Geomorphological characteristics were used to define nine environmental units and their environmental qualities were assessed through application of eleven indicators, divided into three categories (pressure, state and response). Comparative evaluation between environmental units showed very heterogeneous situations, but all of them share the fact that – at different levels and because distinct (although complementary) reasons – they are far of an urban sustainable development. Thus, environmental quality assessment of Piçarrão river basin reveals the consequences of an urbanization ruled by private economic interests in detriment of collective welfare. This process causes degradation of physical-natural subsystem, as well generates and reinforces social inequality and exclusion (reflecting in socio-spatial segregation and unequal vulnerabilities to natural risks). As opposites but complementary faces of this urbanization, in Piçarrão river basin was verified, on the one hand, the saturation of carrying capacity of physical-natural subsystem in areas where it favors urban occupation (situation mainly caused by excessive impermeabilization of soil and high concentration of population). On the other hand, areas with elevated natural fragility tend to be occupied by population that are socially excluded and more vulnerable to environmental risks, feeding a dynamics where low quality of life and low environmental quality are mutually reinforced.

1) INTRODUÇÃO:

A humanidade atravessa uma fase de busca de novos valores e percepções e de construção de novos paradigmas. Na ciência, essa mudança vem com o paradigma da complexidade; na sociedade, a mudança nas concepções de desenvolvimento e relação sociedade-natureza é trazida pelo paradigma da sustentabilidade. Os problemas ambientais estão em uma interface entre esses dois paradigmas: ao mesmo tempo em que suas inter-relações e interdependências desafiam os cientistas a irem além de uma abordagem analítica e reducionista caso queiram compreender esses problemas, as consequências desse processo de degradação levam toda a sociedade a se defrontar com a necessidade de mudanças nos padrões de desenvolvimento, a fim de garantir a qualidade de vida sem comprometer a qualidade e a sustentabilidade dos ambientes.

A ciência da complexidade preconiza que o foco de estudo, independente da área de conhecimento, deve ser o sistema. O universo não deve ser concebido como um agrupamento de objetos isolados, mas sim como sendo formado por sistemas que se inter-relacionam, sistemas que são compostos de sistemas menores e que integram sistemas maiores, num grau infinito de complexidade (Morin, 1997). Esse aninhamento de sistemas que caracteriza a organização do universo também mostra outra característica da abordagem da complexidade: como só existem sistemas dentro de sistemas, a delimitação de um sistema para ser estudado é um processo que envolve certa arbitrariedade, pois depende do recorte que observador faz, de sua visão de mundo e de seus objetivos, de maneira que a subjetividade se torna inerente ao procedimento sistêmico (Christofoletti, 1979). Entretanto, nesse processo de delimitação, o cientista precisa ter em mente que o sistema deve representar uma unidade complexa organizada, composta por elementos (na verdade, subsistemas) que se inter-relacionam de tal modo a formar um todo organizado.

Na perspectiva da complexidade, define-se sistema ambiental como uma entidade organizada na superfície terrestre formada pelos subsistemas físico-natural e socioeconômico e suas interações (Christofoletti, 1999). O subsistema físico-natural é composto por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, águas e seres vivos; enquanto que os componentes e processos do subsistema socioeconômico são aqueles ligados a população, urbanização, industrialização, agricultura e mineração, entre outras atividades e manifestações humanas. Há uma interdependência entre ambos subsistemas, de tal modo que as características de um influenciam o outro (Gallopín *et al.*, 1989). Portanto, a qualidade de um sistema ambiental depende das interações entre seus subsistemas.

Os desajustes ocasionados pelas atividades antrópicas nessa relação entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico, levando à degradação ambiental e ao comprometimento da qualidade de vida, alertaram a humanidade a rever seus modos de vida e suas relações com o

subsistema físico-natural. É nesse contexto que ganha força o paradigma da sustentabilidade, o qual aponta para a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento que busque integrar crescimento econômico, equidade social e preservação ambiental (Brüseke, 1995).

Para subsidiar tomadas de decisões visando a sustentabilidade, uma ação bastante útil e recomendada é o uso de indicadores. A utilização de indicadores ambientais é um procedimento metodológico que liga as idéias de complexidade dos sistemas e de desenvolvimento sustentável (Shields *et al.*, 2002). Para a criação e aplicação dos indicadores de qualidade ambiental, é preciso compreender os elementos e processos que compõem o sistema ambiental (em seus aspectos físico-naturais e socioeconômicos), como eles se relacionam e influenciam na qualidade do sistema (Niemeijer, 2002). Essa complexidade do sistema é “traduzida” pelos indicadores e índices. A sistematização e simplificação das informações propiciada pelos indicadores de qualidade ambiental facilitam a modelagem do sistema ambiental e o entendimento de sua organização espacial, bem como auxilia na tomada de decisões sobre ações a serem desencadeadas para melhoria da qualidade ambiental e sustentabilidade. Esse instrumento se torna de fundamental importância principalmente em grandes centros urbanos, nos quais as interações entre os fatores que afetam a qualidade ambiental são bastante complexas e as informações necessárias para subsidiar o planejamento ambiental devem ser apresentadas de maneira a permitir a participação e o diálogo entre os diferentes segmentos da sociedade envolvidos na busca da sustentabilidade do ambiente urbano. Ao mesmo tempo, a exclusão social e a degradação ambiental que caracterizam o processo de urbanização destas cidades representam o maior desafio para que nelas se atinja um desenvolvimento urbano sustentável.

Este é o caso de Campinas (SP), município que vivenciou um intenso crescimento urbano desde a metade do século passado. A bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão, inserida totalmente no município, configura-se como uma área de estudo que permite retratar e avaliar as marcas e conseqüências deste processo, especialmente porque seu percurso – de leste para sudoeste – coincide com o principal vetor de expansão urbana de Campinas.

2) OBJETIVO:

O objetivo dessa pesquisa, que tem como embasamento teórico os paradigmas da complexidade e da sustentabilidade e como procedimento metodológico o uso de indicadores, é avaliar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão, localizada no município de Campinas-SP.

3) BASES TEÓRICAS DA PESQUISA:

Crise ambiental, qualidade de vida e qualidade do meio ambiente

Nas últimas décadas, principalmente a partir do final dos anos de 1960 e início dos anos de 1970, a ocorrência de inúmeros problemas ambientais nas escalas local, regional e mundial trouxe para o centro das discussões a necessidade de se encontrar modos de garantir o bem-estar de indivíduos e sociedades sem comprometer a qualidade do meio ambiente. Até então, predominava a idéia de que o progresso de uma sociedade dependia exclusivamente do seu grau de desenvolvimento econômico e que, portanto, esse deveria ser buscado a qualquer preço. A relação sociedade-natureza era concebida como uma relação de dominação, na qual considerava-se a natureza meramente como fonte (inesgotável) de recursos prontos para serem apropriados pela sociedade.

No entanto, com a intensificação dos problemas ambientais, essa concepção foi posta em xeque, já que a busca pelo desenvolvimento econômico ilimitado começou a afetar não apenas a natureza, mas a própria humanidade (Nobre & Amazonas, 2002). Com a constatação dessa “crise ambiental”, ganhou força a percepção de que a qualidade de vida dos indivíduos e da sociedade não pode ser dissociada da qualidade do ambiente em que vivem, com o qual interagem e do qual dependem para sobreviver (Frey, 2001).

Paradigma da Sustentabilidade

A crise ambiental desencadeou buscas para tentar explicar suas causas e propor maneiras de superá-la. Para isso, era preciso repensar tanto o conceito como o modelo de desenvolvimento.

Um dos marcos iniciais dessas buscas foi a realização, em 1972, da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, ocorrida em Estocolmo (Suécia). Nessa conferência, os representantes dos vários países participantes reconheceram oficialmente a grande importância do problema e sua dimensão global, constatando que “*a proteção e a melhoria do meio ambiente são uma das questões de grande importância que afeta o bem-estar das populações e o desenvolvimento do mundo inteiro*” (McCormick, 1992 – p.105).

Uma das principais discussões nessa conferência mundial envolveu a tese defendida no estudo “Limites do crescimento”, realizado por um grupo de pesquisa denominado “Clube de Roma”, coordenado por Dennis L. Meadows, e publicado nesse mesmo ano de 1972 (Brüseke, 1995). Esse estudo identificava os crescimentos populacional e industrial como as causas da crise ambiental e defendia a tese do *crescimento zero*, ou seja, para atingir as estabilidades econômica e ecológica era preciso parar, em escala global, os crescimentos demográfico e econômico. A principal crítica ao Clube de Roma se deve à concepção neo-malthusiana em que se apoia,

ignorando as diferenças existentes entre países ricos e pobres no consumo dos recursos naturais e propondo uma alternativa que agravaria ainda mais a situação dos países pobres.

Um desses críticos da tese do crescimento zero é Ignacy Sachs. Para ele, o problema não está em optar ou pelo desenvolvimento ou pela preservação dos recursos; está, de fato, no modelo de desenvolvimento atual, que gera pobreza e destruição do meio ambiente, problemas estreitamente relacionados (Sachs, 1994). Sachs é um dos principais pensadores e divulgadores de uma proposta, surgida na década de 1970, de um novo modelo de desenvolvimento – o *ecodesenvolvimento* (Alves, 1997). O *ecodesenvolvimento* se apóia em cinco dimensões da sustentabilidade: as sustentabilidades social, econômica, ecológica, espacial e cultural (Sachs, 1994). Dentre os princípios básicos dessa nova visão de desenvolvimento, destacam-se: “a) a satisfação das necessidades básicas; b) a solidariedade com as gerações futuras; c) a participação da população envolvida; d) a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral; e) a elaboração de um sistema social garantindo emprego, segurança social e respeito a outras culturas” (Brüseke, 1995 – p.31).

O conceito de *ecodesenvolvimento* serviu como precursor da idéia de *desenvolvimento sustentável* (Alves, 1997), que ganha destaque em 1987, com a divulgação, pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (ligada à ONU), do relatório “Nosso Futuro Comum” (também conhecido como “Relatório Brundtland”, sobrenome da 1ª. ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, presidente da Comissão) (CIMA, 1991). Segundo esse relatório, o desenvolvimento sustentável representa um novo modelo de desenvolvimento que busca integrar eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica, e que deve satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades (Brüseke, 1995).

A possibilidade de se alcançar o desenvolvimento sustentável e os modos de fazê-lo foram os temas centrais da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ou “Eco-92”), realizada no Rio de Janeiro, em 1992. Os resultados dessas discussões foram apresentados em um dos documentos finais da conferência: a Agenda 21. Nos seus 40 capítulos, estão traçadas as diretrizes e metas que os países signatários deveriam seguir rumo ao desenvolvimento sustentável (SEMA, 1995). Dentre as ações listadas no documento para subsidiar as tomadas de decisão visando a sustentabilidade, é apontada a necessidade de se desenvolver indicadores de desenvolvimento sustentável (Barrera-Róldan & Saldivar-Valdés, 2002). Assim, no capítulo 40 da Agenda 21 – “Informação para tomada de decisões” – destaca-se que “*é preciso desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que sirvam de base sólida para a tomada de decisões em todos os níveis e que contribuam para uma*

sustentabilidade auto-regulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento”; além disso, “os países, no plano nacional, e as organizações governamentais e não-governamentais, no plano internacional, devem desenvolver o conceito de indicadores do desenvolvimento sustentável a fim de identificar esses indicadores” (SEMA, 1995).

Após mais de 10 anos da Eco-92, a criação e análise de indicadores de sustentabilidade foram um dos poucos pontos da Agenda 21 em que se obteve resultados práticos. Atualmente, existem diversas iniciativas de aplicação de indicadores de qualidade ambiental e sustentabilidade em diferentes escalas (algumas das quais apresentadas por Christoforetti, 1999). No entanto, a maior parte daquilo que foi acordado na Agenda 21 não deixou de ser pouco mais do que um tratado de intenções que nunca chegaram a ser implementadas. Essa foi a constatação da mais recente conferência da ONU sobre meio ambiente, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (também chamada de “Rio+10”), ocorrida em Joanesburgo (África do Sul), em 2002 (Mineiro, 2002).

As dificuldades em se chegar ao desenvolvimento sustentável começam pelo próprio entendimento do que é esse desenvolvimento e de como buscá-lo. Deve-se lembrar que, apesar de ser um termo único, há diferentes concepções, quase nunca explicitadas, sobre “desenvolvimento sustentável” que dependem daquilo que se entende por desenvolvimento e por sustentabilidade (Alves, 1997). Há uma corrente que defende a possibilidade de se atingir o desenvolvimento sustentável dentro do modelo capitalista, sendo necessário apenas um aperfeiçoamento do capitalismo para que esse se torne um “capitalismo natural ou ecológico”. Entretanto, há outra linha de pensamento na qual se afirma que a lógica do modelo capitalista é insustentável, independente de aperfeiçoamentos que possam ser introduzidos, e que o desenvolvimento sustentável deve representar um novo modelo de desenvolvimento. Para Guimarães (1984), a deterioração da qualidade ambiental não deve ser pensada como sendo um problema causado por um modo de produção específico – o capitalista – mas, sim, por um processo ou estilo particular de produção e consumo, representado pela industrialização em larga escala, intensivo em capital e orientado para o crescimento. Segundo ele, é equivocada a afirmação dos marxistas tradicionais de que os problemas ambientais representam irracionalidades inerentes ao modo capitalista de produção, haja vista que as experiências com economias socialistas mostraram que esse modo de produção também causa grande degradação ambiental.

Já os defensores de outra corrente de pensamento sobre a sustentabilidade argumentam que ela não deve ter como referência os sistemas produtivos ou os regimes políticos. Para eles, é preciso uma mudança sócio-cultural mais profunda, levando a uma nova ética na relação entre sociedade e natureza. Por isso, segundo essa corrente, o que deve ser buscado não é o

desenvolvimento sustentável e, sim, a construção de sociedades sustentáveis, possuidoras de valores “pós-materialistas” baseados no compromisso com as gerações futuras e numa ética ecocêntrica (Crespo, 1998 *apud* MEC, 2001).

Sustentabilidade urbana

A preocupação com os problemas ambientais foi desencadeada principalmente devido à deterioração da qualidade ambiental nas cidades e sua interferência na qualidade de vida da população urbana. As cidades são também o maior desafio para a formação de uma sociedade sustentável e a implementação de um desenvolvimento sustentável, já que os centros urbanos concentram não só adensamentos populacionais, como também grandes problemas ambientais que convivem e se inter-relacionam com os problemas sociais.

A discussão sobre desenvolvimento sustentável e sustentabilidade urbana representa um novo paradigma no planejamento urbano. A base desse paradigma é exemplificada pela afirmação de Garcias (2001): “*o planejamento ambiental urbano, além da estruturação da cidade para suas atividades normais, de atendimento às questões relativas a habitação, trabalho, transporte, lazer, deve considerar a capacidade de sustentação ambiental do ambiente natural sobre o qual a cidade se desenvolve.*” (p.275). Assim, a cidade é vista como uma organização espacial que a caracteriza como um sistema ambiental complexo, o qual, assim como outros sistemas ambientais, resulta da interação entre os subsistemas socioeconômico e físico-natural (os sistemas ambientais complexos serão discutidos detalhadamente mais adiante). Logicamente que na cidade essa relação entre os subsistemas é distinta daquela que ocorre em ambientes rurais ou naturais, haja vista que a organização da cidade ocorre em função principalmente daquilo que é imposto pelo subsistema socioeconômico. No entanto, essa imposição não pode (ou, pelo menos, não deveria) ignorar os limites e potencialidades dados pelo subsistema físico-natural.

Essa tentativa de integração entre os subsistemas é que deve guiar o planejamento urbano visando a sustentabilidade. Segundo a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, a gestão das cidades brasileiras deve buscar políticas que enfrentem o quadro de exclusão social e de deterioração ambiental (Novaes *et al.*, 2000). Conforme essa Comissão, a implementação da sustentabilidade urbana deve derivar de quatro estratégias principais:

1) “*Aperfeiçoar a regulação do uso e da ocupação do solo urbano e promover o ordenamento do território, contribuindo para a melhoria das condições de vida da população, considerando a promoção da equidade, eficiência e qualidade ambiental.*” (p.86);

2) *“Promover o desenvolvimento institucional e o fortalecimento da capacidade de planejamento e gestão democrática da cidade, incorporando no processo a dimensão ambiental e assegurando a efetiva participação da sociedade.”* (p.86). Uma das propostas para implementar essa estratégia é *“instituir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão do território, passando da ação puramente controladora, setorial e burocrática para uma ação gerenciadora da questão ambiental, de caráter integrado, participativo, descentralizado e financeiramente sustentável (...)”* (p.145);

3) *“Promover mudanças nos padrões de produção e consumo da cidade, reduzindo custos e desperdícios e fomentando o desenvolvimento de tecnologias urbanas sustentáveis.”* (p.87). Dentre as propostas apresentadas, estão: *“intervir nos processos de produção e consumo da cidade que possam afetar a sustentabilidade urbana, com base na adoção de indicadores quantitativos e qualitativos capazes de orientar as estratégias de desenvolvimento nacional e local; e na sistematização de dados e padrões ambientais básicos para o planejamento e gestão (...)”* (p.146);

4) *“Desenvolver e estimular a aplicação de instrumentos econômicos no gerenciamento dos recursos naturais visando à sustentabilidade urbana.”* (p.88).

A Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável ainda destaca a importância de se utilizar metodologias baseadas em indicadores para auxiliar os processos de tomadas de decisão. Segundo a Comissão: *“Enquanto aumenta a legitimidade do paradigma da sustentabilidade e sua pertinência para lidar com a especificidade do urbano, cresce a necessidade de selecionar critérios, estratégias e indicadores para ancorar a formulação, monitorar a implementação e avaliar os resultados das políticas urbanas em bases sustentáveis.”* (Novaes et al., 2000 – p.48).

No entanto, ao analisar essas propostas para a sustentabilidade urbana, percebe-se o quão distante se está da construção de cidades sustentáveis, o que leva à reflexão sobre a própria possibilidade de se atingir tal estágio. Segundo Marcondes (1999), essa dificuldade se torna ainda mais marcante nas cidades globais (denominação da autora para as cidades mais diretamente ligadas ao processo de globalização), nas quais impera uma urbanização periférica e excludente, ditada por interesses privados e no qual o poder público tem possibilidades restritas de intervenção na gestão do espaço. De fato, a superação deste quadro representa o maior desafio para um desenvolvimento urbano sustentável.

Além da reflexão sobre a possibilidade de se conseguir a sustentabilidade urbana, discute-se também a própria pertinência desse discurso como modelo de planejamento. Uma das principais críticas ao paradigma da sustentabilidade no planejamento urbano é a de que o enfoque estritamente ecológico que é dado por algumas correntes teóricas desse paradigma causa um

esvaziamento na discussão da questão social nas cidades ao não levar muito em consideração a preocupação com a satisfação das necessidades humanas (Vitte, 2002). Mas, ainda segundo essa autora, a idéia de sustentabilidade tem aspectos positivos quando incentiva a cidadania e se torna referência para políticas públicas intersetoriais.

Outra crítica feita ao modelo de sustentabilidade urbana é a de que ele não difere de modelos de planejamento do passado ao se basear na prevenção e na previsão, enfatizando o poder racionalizador da ciência (Topalov, 1997 *apud* Vitte, 2002). É na tentativa de superar esse modelo determinista que Gondolo (1999) propõe a incorporação do paradigma da complexidade como fundamento para um planejamento visando a sustentabilidade. Citando o exemplo da Bacia do Guarapiranga (na Região Metropolitana de São Paulo), que lhe serviu como estudo de caso, Gondolo (1999) afirma que: *“Constata-se que medidas aparentemente objetivas e racionais (...) não têm sido suficientes para reverter o quadro crítico de degradação ambiental. Os eventos que determinam a forma de ocupação da bacia do Guarapiranga são extremamente dinâmicos e complexos, sujeitos a fortes condicionantes externos, sensíveis a pequenas interferências e a interações de longo alcance no tempo e no espaço. Intervenções limitadas ao âmbito físico, sabe-se de antemão, serão pouco eficazes para resolver a questão, requerendo-se ações planejadas e integradas nos planos tecnológico, político e social.”* (p.13). Segundo a autora, *“a importância de uma percepção global da realidade, propiciada por uma visão sistêmica, e as novas perspectivas que se abrem a partir dos estudos dos sistemas complexos podem contribuir para direcionar tomadas de decisão.”* (Gondolo, 1999 – p.16).

Paradigma da complexidade

Embora na ciência já houvesse uma certa tradição de se estudar os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, os ativistas dos movimentos ambientalistas foram aqueles que, a partir dos anos de 1960 e 70, conseguiram chamar a atenção do grande público para os crescentes problemas ambientais e para a chamada “crise ambiental” que passava a ser constatada. O interesse pelo assunto por um número cada vez maior de pessoas, incluindo cientistas, formadores de opinião e políticos, mostrou a necessidade de um melhor embasamento científico para comprovar (ou não) os alertas feitos pelos ambientalistas. A complexidade e interdependência dos problemas ambientais representam, desde então, um desafio aos cientistas, já que a tradicional abordagem fragmentada e reducionista da ciência se mostrou extremamente limitada para entender e propor alternativas para a problemática ambiental.

Esse não era um fato novo na ciência: principalmente desde as primeiras décadas do século XX, cientistas de diversas áreas e trabalhando com os mais variados temas se defrontaram com as

limitações do paradigma mecanicista-reducionista para explicar os fenômenos que estudavam. Em comum, todos eles estavam lidando com problemas envolvendo interações entre vários elementos, o que resultava em comportamentos que não conseguiam ser previstos pelos modelos deterministas e lineares provenientes do paradigma clássico. Muitos destes problemas também se situavam na interface da tradicional divisão da ciência (Física, Biologia, Ciências da Terra, Ciências Humanas, etc. e suas sub-áreas), exigindo uma análise integradora que fosse além das teorias já estabelecidas dentro de cada disciplina.

As buscas por abordagens teóricas e metodológicas alternativas nas diferentes áreas foram contribuindo para a construção de um paradigma comum, cujos conceitos gerais se aplicam a uma gama variada de fenômenos, desde físicos até sociais, desde as microescalas até as macroescalas. Esse paradigma comum, denominado *Ciência* ou *Paradigma da Complexidade*, permite, segundo Morin (1977), compreender, articular e integrar as esferas física, biológica e antropológica, até então tratadas isoladamente por ramos específicos da ciência.

O sistema (entendido como unidade complexa organizada) se constitui no conceito de base que articula esses universos. Para Morin (1977), existe um caráter organizacional comum a todos os sistemas, uma “homologia organizacional preliminar” desde a organização da matéria até a organização do conhecimento, que as liga de maneira interdependente e que permite concebê-las dentro de um arcabouço único, sem que esse seja, no entanto, capaz de explicá-las totalmente.

No entanto, é necessária uma ressalva: considerar o conceito de sistema como o conceito complexo de base não significa que ele seja o pilar imutável que sustenta a teoria da complexidade. A existência de um conceito dessa natureza contrariaria a própria teoria da complexidade, visto que essa não lida com idéias estanques e simplificadoras e nem parte de princípios sólidos e definitivos, mas, sim, preocupa-se com as relações entre os conceitos e o dinamismo dessas relações. Entender o conceito de sistema como conceito-base é compreender seu caráter complexo, que comporta emergências, antagonismos, diversidades, dualidades; é compreender que, para se construir como conceito, depende de relações com outros conceitos e que, uma vez construído, ele mesmo aponta suas insuficiências e a necessidade de ser superado.

Um desses conceitos indissociavelmente ligado ao de sistema é o conceito de organização. Surgida do jogo interativo entre ordem e desordem, a organização é a dinâmica que garante a estruturação e o funcionamento do sistema como um todo integrado. É a organização que propicia o caráter antagônico e complementar do sistema como uno e diverso: devido à organização, as partes passam a participar da identidade do todo, organizando-se de maneira complementar em função do todo, mas continuam mantendo sua identidade própria. É por isso que o todo comporta não só complementaridades organizacionais, mas também antagonismos

entre as partes. Antagonismos que, nos sistemas ativos, são participantes da organização do sistema, ao se constituírem em forças antiorganizativas que desencadeiam a regulação do sistema (por meio de retroalimentações) e, dessa forma, são incorporadas em sua re-organização (Morin, 1977).

O que caracteriza um sistema é que ele se estrutura e funciona como um todo organizado, o qual surge das inter-relações entre os componentes que o integram. Dentre os diversos tipos de sistema, os sistemas complexos se diferenciam por apresentarem, concomitantemente, as características de serem abertos, afastados do equilíbrio termodinâmico, não-lineares, possuidores de mecanismos de retroalimentação e auto-organizados de maneira hierarquicamente aninhada (Mattos & Perez-Filho, 2003).

Em relação à estabilidade dos sistemas complexos, esta representa a capacidade de um sistema, mesmo quando submetido a distúrbios, manter seu padrão global de organização, seja no mesmo estado em que se encontrava antes do distúrbio ou em outro estado (Mattos & Perez-Filho, 2004). Essa capacidade se expressa de diferentes formas, caracterizando assim diferentes tipos de estabilidade. Os tipos de estabilidade que existem são: resistência, resiliência e multiestabilidade.

A resistência caracteriza um tipo de estabilidade no qual o sistema, após ser atingido por um distúrbio, não sofre alterações estruturais e funcionais (Westman, 1978). A resiliência diz respeito à capacidade de um sistema perturbado retornar ao estado em que se encontrava antes de sofrer o distúrbio (Christofoletti, 1999). A estabilidade múltipla se aplica aos sistemas que possuem dois ou mais estados estáveis, podendo passar de um estado para outro quando perturbados (Clark *et al.*, 1995).

Cabe destacar que as estabilidades de resistência e resiliência não expressam capacidades absolutas dos sistemas: um sistema é resistente ou resiliente dentro de determinada amplitude de variação (Christofoletti, 1999). Quando um sistema complexo sofre um distúrbio que ultrapasse o limiar de resistência ou resiliência e não há estados alternativos pelos quais o sistema já tenha passado anteriormente, o sistema é levado a um estado de instabilidade. Se, nesse estado, a capacidade de auto-organização do sistema não for afetada totalmente, haverá um processo de readaptação organizacional do sistema em relação às novas condições ambientais (refletindo em rearranjos estruturais e funcionais) e este poderá atingir um novo estado de estabilidade que ainda não havia experimentado ao longo de sua evolução. Desse modo, a organização e evolução dos sistemas complexos dependem não apenas da ordem, mas também da desordem trazida pelos distúrbios: a desordem não tem apenas um papel destruidor, mas é também fonte de criação ao propiciar a evolução do sistema para um novo estado estável (Morin, 1977).

Sistemas ambientais complexos

A constatação da crise ambiental pela humanidade levou-nos a repensar a relação entre sociedade e natureza, tema que há muito tempo tem sido alvo de estudo por diversas áreas da ciência (como Geografia, Sociologia, Antropologia, Economia e Biologia).

Segundo a perspectiva da complexidade, essa relação sociedade-natureza pode ser representada da seguinte forma: são sistemas com organização, dinâmica de funcionamento e especificidades próprias de cada um, mas que, ao se inter-relacionarem, formam um sistema de maior nível hierárquico. Segundo definição de Christofolletti (1999), esse sistema maior denomina-se *sistema ambiental complexo*, que é a organização espacial resultante da interação entre o subsistema físico-natural (natureza) e o subsistema socioeconômico (sociedade). Nessa inter-relação, o subsistema físico-natural funciona como suporte para as atividades humanas, fornecendo as potencialidades e limitações dentro das quais estas atividades podem ser desenvolvidas (Christofolletti, 1996). Já o subsistema socioeconômico pode impor mudanças ao subsistema físico-natural conforme a sociedade transforma suas propriedades geoecológicas em recursos naturais dos quais se apropria (Cassetti, 1991); além disso, com inovações tecnológicas, é possível a sociedade alterar os limites e potencialidades do subsistema físico-natural. Nos sistemas ambientais há, portanto, interação e transformação recíprocas (de “mão dupla”) entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico.

Essa reciprocidade pode ser bem exemplificada pela inter-relação entre o relevo e a apropriação do espaço pela sociedade. Conforme afirma Cassetti (1991), *“ao se procurar abordar as derivações ambientais processadas pelo homem, deve-se entender que tudo começa a partir da necessidade de ele ocupar determinada área, que se evidencia pelo relevo, ou mais especificamente, pelo elemento do relevo genericamente definido por vertente. Assim, a ocupação de determinada vertente ou parcela do relevo, seja como suporte ou mesmo recurso, conseqüentemente responde por transformações do estado primitivo, envolvendo desmatamento, cortes e demais atividades que provocam as alterações da exploração biológica e se refletem diretamente no potencial biológico.”* (p.33). Ainda segundo o autor, por servir como suporte das relações entre sociedade e natureza, é no relevo que se reflete o jogo das interações naturais e sociais.

Como aponta Guimarães (1984), esse jogo não é uma simples adequação da sociedade às condições naturais, já que dependem de características sociais e políticas de cada sociedade (tais como: estratificação social, divisão de trabalho e distribuição de poder). No caso do sistema capitalista, que se apóia na existência da propriedade privada, esse jogo se revela pela apropriação desigual do espaço. A transformação do espaço em “mercadoria” é que promove um

processo de ocupação e transformação do relevo ditado pelo poder de compra dos diferentes segmentos sociais: enquanto aqueles que detêm o capital tendem a ocupar as melhores condições topográficas, os estratos mais pobres são “empurrados” para as áreas de maior risco, como encostas íngremes e fundos de vale (Cassetti, 1991).

Esse exemplo mostra como, ao tratar da qualidade do meio ambiente, é impossível dissociar as relações entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico, pois essa é a base dos sistemas ambientais. Para se entender essas relações, é preciso “*identificar e analisar a) as características/condições do meio ambiente natural que exercem função estratégica para o florescimento, manutenção e eventual declínio das sociedades humanas; e b) de que forma variáveis sociais e políticas afetam o funcionamento de sistemas naturais*” (Guimarães, 1984 – p.24). A sustentabilidade representa justamente a tentativa de compatibilizar as dinâmicas dos subsistemas físico-natural e socioeconômico de modo a garantir a estabilidade organizacional do sistema ambiental.

Assim, há uma estreita relação entre a estabilidade dos sistemas complexos e a sustentabilidade. A manutenção da estabilidade dos sistemas ambientais é o que garante um desenvolvimento sustentável, no qual se propicia justiça social e desenvolvimento econômico do subsistema socioeconômico, mas de modo a respeitar os limites e potencialidades do subsistema físico-natural. Para tanto, as atividades humanas devem ser feitas dentro dos patamares nos quais o subsistema físico-natural consegue manter sua estabilidade (mais especificamente, sua estabilidade de resiliência) (Christofoletti, 1996).

Porém, não se deve pensar que a busca pela sustentabilidade impõe uma estagnação na evolução do sistema ambiental, nem resulta, necessariamente, de uma interação completamente harmoniosa e isenta de conflitos entre os subsistemas. Tal fato diferencia a concepção da complexidade daquelas idéias dos positivistas que, numa visão mecanicista dos sistemas, tendiam, segundo Guimarães (1984), a buscar um harmonioso e previsível equilíbrio econômico, ecológico e social, que não poderia comportar descontinuidades e mudanças revolucionárias. Já numa abordagem complexa, a estabilidade não é vista como um equilíbrio estático, mas como um processo dinâmico e no qual os conflitos estão constantemente presentes e se manifestando. O dinamismo da estabilidade do sistema ambiental se deve ao fato de que, por ser um sistema complexo, a ocorrência de perturbações faz parte da própria dinâmica evolutiva do sistema. Assim, perturbações provenientes dos dois subsistemas são não só inevitáveis, mas servem também como introdutoras de novidade no sistema, possibilitando o surgimento de novos estados estáveis, os quais também podem ser compatíveis com a sustentabilidade.

Já a interação nem sempre harmoniosa entre os subsistemas socioeconômico e físico-natural decorre de outra característica dos sistemas complexos: a de que o todo (*i.e.*, sistema) é diferente da soma de suas partes (*i.e.*, subsistemas), comportando, assim, complementaridades e antagonismos entre as partes e caracterizando o sistema como uno e diverso (Morin, 1977). Conforme já apontado anteriormente, quando os subsistemas se integram para formar um sistema maior, surgem novas características que não estariam presentes caso os subsistemas permanecessem isolados. Por outro lado, nem todas as potencialidades que um subsistema possui se manifestam quando esse passa a participar de uma organização maior; desse modo, o sistema impõe restrições ao pleno desenvolvimento de suas partes.

Transportando essas idéias para o paradigma da sustentabilidade, vemos que a sustentabilidade dos sistemas ambientais complexos surge como uma característica emergente que não pode ser buscada isoladamente nem no subsistema físico-natural nem no socioeconômico. Por outro lado, essa sustentabilidade impõe determinadas restrições a cada um dos subsistemas. Exemplo disso é que não se pode esperar que em um ambiente com presença ou influência humana, a natureza siga um processo evolutivo idêntico ao que ocorreria em um ambiente totalmente natural. A interferência antrópica necessariamente causará derivações na natureza caso se busque a sustentabilidade do sistema ambiental. Da mesma forma, o desenvolvimento de uma sociedade não pode acontecer à revelia das características do subsistema físico-natural. Para atingir a sustentabilidade, muitas vezes não será possível para uma sociedade colocar em ação todo potencial de desenvolvimento que ela possa vir a possuir, pois isso pode trazer conseqüências adversas para a natureza que impedirão alcançar um desenvolvimento sustentável. Geram-se, assim, conflitos entre os subsistemas:

a) os inevitáveis impactos antrópicos na natureza podem resultar, por exemplo, em “desastres naturais”, dos quais espera-se menor freqüência e intensidade quando comparados a sua ocorrência em modelos não-sustentáveis de desenvolvimento, mas que são, até certo ponto, inevitáveis e imprevisíveis mesmo em um modelo sustentável;

b) já o subsistema físico-natural estará sujeito às pressões da sociedade à medida que vão surgindo novas possibilidades desta se desenvolver (por meio de novas tecnologias) e, com elas, criam-se novas expectativas e percepções sobre qualidade de vida.

Portanto, pode-se entender que a sustentabilidade é mais um processo contínuo de busca do que um resultado final que será alcançado num prazo determinado; processo esse que procura a compatibilização entre sociedade e natureza, sabendo que essa envolve não só complementaridades, mas também antagonismos e conflitos, os quais fazem parte da própria dinâmica evolutiva do sistema ambiental formado pela interação entre esses dois subsistemas.

Indicadores de qualidade de vida, qualidade ambiental e sustentabilidade

Embora haja diversas percepções e definições sobre qualidade de vida, de maneira geral todas elas procuram expressar as condições de satisfação das necessidades básicas humanas e de bem-estar, seja no nível individual, seja no coletivo. Para a avaliação da qualidade de vida, usam-se indicadores quantitativos e qualitativos, os quais expressam aspectos objetivos das condições de vida dos indivíduos e da sociedade (indicadores sociais e econômicos) e aspectos subjetivos de como as pessoas consideram e percebem essas condições (indicadores perceptivos).

As mudanças nas concepções sobre desenvolvimento foram acompanhadas de uma evolução no conceito de qualidade de vida e seus indicadores (Camargo Mora, 1996 *apud* Vitte *et al.*, 2002). Até a década de 1950, a qualidade de vida era associada ao nível de consumo e, portanto, seus indicadores eram estritamente econômicos, como o produto interno bruto (PIB) e renda *per capita*. Essa concepção de qualidade de vida refletia a noção de que progresso econômico era sinônimo de desenvolvimento.

Em meados da década de 1960, ganha força a percepção de que o aumento da riqueza nacional expressa por esses indicadores econômicos era acompanhada pelo agravamento das desigualdades na distribuição de renda entre regiões e classes sociais (Souza, 1984). Surge, então, um movimento que se consolida na década seguinte, o qual propunha uma ampliação do conceito de qualidade de vida, que deveria ser considerado não apenas do ponto de vista econômico, mas também em relação aos aspectos sociais; assim, os indicadores de qualidade de vida passaram a expressar tanto o bem-estar econômico como o bem-estar social de uma dada sociedade (Vitte *et al.*, 2002).

A partir da década de 1970, a conscientização sobre gravidade dos problemas ambientais e da conseqüente crise ambiental atravessada pela humanidade faz com se perceba que a qualidade de vida não pode ser desvinculada da qualidade ambiental (Guimarães, 1984). Nessa relação, a qualidade ambiental pode ser vista segundo duas perspectivas: ecocêntrica e antropocêntrica (Cendrero *et al.*, 2002). Na primeira, a prioridade é a manutenção ou melhoria da qualidade de determinado sistema ambiental; nesse caso, a qualidade de vida da sociedade é um dos componentes da qualidade ambiental. Já na perspectiva antropocêntrica, invertem-se os papéis: é a qualidade de vida que é prioritária, sendo um de seus componentes a qualidade do meio ambiente, que é encarado segundo as funções que desempenha para o ser humano: fonte de recursos, sumidouro de resíduos e suporte de atividades/provedor de serviços.

Os indicadores de qualidade ambiental podem se configurar como um procedimento metodológico que liga as idéias de complexidade, estabilidade dos sistemas e sustentabilidade, “traduzindo” os atributos do sistema e as interações entre seus componentes em informações

sintéticas e inteligíveis. Essa sistematização e simplificação das informações facilitam a modelagem do sistema ambiental e o entendimento de sua organização espacial (vale lembrar que complexidade não é sinônimo de complicação, de modo que o comportamento de muitos sistemas complexos pode surgir a partir de regras simples de funcionamento). Os indicadores também auxiliam os diversos segmentos da sociedade no planejamento e na tomada de decisões sobre ações a serem desencadeadas para melhorar a qualidade ambiental e atingir a sustentabilidade.

Mas para que os indicadores cumpram essas funções, é preciso que estejam ligados a um arcabouço teórico ou a um modelo que os torne inteligíveis (Guimarães, 1984). Sem isso, corre-se o risco, atualmente bastante freqüente, de tomar o indicador por si só, esquecendo-se que ele apenas representa uma dada realidade (Jannuzzi, 2002).

Dentre os diversos modelos existentes para a elaboração de indicadores de qualidade ambiental e sustentabilidade, o modelo conhecido como “Pressão-Estado-Resposta”, criado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é um dos mais aceitos, devido a sua simplicidade, facilidade de uso e possibilidade de aplicação em diferentes níveis, escalas e atividades humanas (Serra, 2002). O próprio nome do modelo revela que nele os indicadores são divididos em três categorias:

- *Indicadores de Pressão* (também chamados de *estressores*): identificam as atividades humanas que podem provocar mudanças no estado do sistema.

- *Indicadores de Estado*: descrevem a atual qualidade do sistema ambiental. Segundo a proposta original do OECD, esses indicadores estão ligados aos atributos do sistema físico-natural, referindo-se a sua qualidade e a qualidade e quantidade dos recursos naturais.

- *Indicadores de Resposta*: mostram as ações da sociedade (especialmente as políticas) em busca da melhoria da qualidade ambiental. Esses indicadores são os mais difíceis de serem identificados, já que as respostas sociais envolvem muitos aspectos que só podem ser expressos em termos qualitativos (OECD, 1993 *apud* Serra, 2002).

Embora a criação desse modelo tenha se apoiado na noção de causalidade (onde a pressão é a causa, o estado é o efeito e a resposta a realimentação reguladora), a própria OECD alerta para que se tenha cuidado de que a adoção desse modelo não provoque uma simplificação demasiada que obscureça as complexas relações entre os sistemas socioeconômico e físico-natural (Serra, 2002). Para se precaver desse problema e ser coerente com a proposta teórica que a sustenta, nessa pesquisa os indicadores de pressão, estado e resposta procurarão refletir a organização e a dinâmica do sistema ambiental complexo estudado (bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão,

associando-os ao conceito de estabilidade desses sistemas. Desse modo, os indicadores buscarão representar as seguintes características do sistema ambiental:

- *Indicadores de Pressão*: indicam perturbações de origem antrópica surgidas no sistema e que têm o potencial de alterar seu estado atual.

- *Indicadores de Estado*: representam a organização do sistema ambiental, identificando sua tendência de estabilidade ou instabilidade.

- *Indicadores de Resposta*: refletem reações do subsistema socioeconômico, frente às perturbações por ele introduzidas, na tentativa de manter a estabilidade do sistema ou de se ajustar às novas condições impostas a fim de atingir um novo estado estável.

Assim, a qualidade ambiental é aqui entendida como as condições apresentadas em um dado momento pelos dois subsistemas e suas interações (englobando, portanto, o conceito de qualidade de vida), e cuja avaliação pode ser feita por meio de indicadores.

Ainda que já discutido anteriormente, cabe lembrar aqui como se interpreta pelo paradigma da complexidade alguns dos conceitos expressos acima. Nos sistemas complexos, as perturbações têm dupla função: ao mesmo tempo em que podem trazer desordens momentâneas ao sistema, elas também representam a introdução de novidade e criatividade na evolução do sistema, pois desencadeiam processos que pode levá-lo a um novo estado organizacional.

Para interpretar os indicadores de estado coerentemente com o paradigma da complexidade, valem algumas observações. Não é qualquer perturbação antrópica (expressa pelos indicadores de pressão) que será capaz de alterar o estado do sistema. Além das características da perturbação (como frequência e magnitude), a mudança ou não de estado depende dos próprios atributos do sistema, tais como sua capacidade de resiliência e sua sensibilidade. Deve-se destacar também que não é apenas o subsistema socioeconômico que é capaz de introduzir perturbações no sistema ambiental (representadas pelos indicadores de pressão), pois a dinâmica do subsistema físico-natural podem surgir perturbações que afetam a organização do sistema e podem alterar seu estado.

Para uma avaliação da qualidade ambiental que contemple a complexidade de um sistema ambiental, além de um modelo de indicadores que reflitam a dinâmica desse sistema, é também necessário escolher uma unidade espacial de análise integrativa para aplicar esses indicadores. Esta unidade deve possuir uma organização espacial tal que permita caracterizá-la como um sistema complexo. Nesse sentido, Christofoletti (1996) propôs que a bacia hidrográfica é uma unidade de análise adequada, pois é um sistema ambiental complexo (em sua estrutura, funcionamento e evolução) que pode ser estudado segundo uma perspectiva de funcionalidade integrativa. Desse modo, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de pesquisa permite a

avaliação da qualidade e sustentabilidade ambiental, a partir da análise tanto de indicadores dos limites e potencialidades que o sistema físico-natural impõe ao sistema socioeconômico, como de indicadores das condições de vida da população que a habita e de suas pressões e respostas sobre a estabilidade do sistema físico-natural.

4) METODOLOGIA:

4.1) Base cartográfica para caracterização geral da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão:

A fase preliminar da parte prática da pesquisa consistiu da elaboração da base cartográfica, a qual permitiu a caracterização da área de estudo – tanto nos seus aspectos físico-naturais quanto socioeconômicos – e subsidiou as fases subseqüentes de identificação das unidades ambientais e avaliação da qualidade ambiental da bacia do Piçarrão. Para cada subsistema, as etapas percorridas, procedimentos utilizados e produtos gerados nesta fase foram os seguintes:

SUBSISTEMA FÍSICO-NATURAL:

- Cartas Topográficas:

As cartas topográficas adotadas na pesquisa foram as produzidas pela Coordenadoria de Ação Regional do Estado de São Paulo (1979), em escala 1:10.000 e equidistância de curvas de nível de 5m. A bacia do Piçarrão abrange total ou parcialmente as seguintes cartas: Campinas III (SF-23-Y-A-V-4-SE-A), Campinas IV (SF-23-Y-A-V-4-SE-B), Campinas V (SF-23-Y-A-V-4-SO-D), Campinas VI (SF-23-Y-A-V-4-SE-C), Campinas VII (SF-23-Y-A-V-4-SE-D), Campinas VIII (SF-23-Y-A-V-4-SO-F), Jardim Santa Isabel (SF-23-Y-A-V-4-SO-B), Bairro Terra Preta (SF-23-Y-A-V-4-SO-A) e Córrego Campo Grande (SF-23-Y-A-V-4-SO-C).

A digitalização das cartas topográficas foi feita via mesa digitalizadora e utilizando-se o programa AutoCad Map® 2000. O valor máximo do erro médio quadrático (RMS) admitido durante calibração da mesa digitalizadora foi de 2,54 metros, conforme recomendação de Guimarães Filho (1994) para a escala 1:10.000. Curvas de nível mestras, curvas de nível auxiliares, cotas máximas de altitude, limites da bacia, hidrografia, principais vias de acesso e edificações mais importantes foram digitalizados em diferentes camadas (“*layers*”) e salvos em um único arquivo de extensão “.dwg”. Este arquivo foi usado para delimitar a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão e serviu como base para a geração de outros mapas de caracterização do subsistema físico-natural.

- Modelo Digital de Terreno e Mapas de Declividade e Hipsometria:

A partir do arquivo contendo as curvas de nível digitalizadas, produziu-se um modelo digital de terreno da bacia do Piçarrão. Para tanto, foi utilizada a ferramenta *3D Analyst* do programa ArcMap® versão 8.1, o qual compõe o pacote ArcGis® versão 8.1.

O método escolhido para a geração do modelo digital de terreno foi o TIN (“*triangulated irregular network*”), em que a representação vetorial da superfície é feita por um conjunto de

triângulos contíguos e não-sobrepostos. Os vértices dos triângulos se interseccionam formando nós irregularmente espaçados que contém o valor da altitude e as facetas dos triângulos armazenam as informações de declividade e orientação das vertentes (Chou, 1997). As vantagens apresentadas por este tipo de modelo de superfície são: a) preservar toda a precisão dos dados do arquivo de entrada ao mesmo tempo em que calcula os valores entre os pontos conhecidos; e b) ter resolução mais alta em áreas em que a superfície é altamente variável ou onde se deseja maior detalhamento e resolução mais baixa em áreas menos variáveis ou de menor interesse (ArcGIS Desktop Help, 1999). Suas desvantagens estão associadas aos custos e tempo exigidos para obtenção dos dados de entrada e processamento (Souza, 1997), as quais não foram consideradas impeditivas tendo em vista o maior detalhamento desejado para esta pesquisa.

O *3D Analyst* também possibilitou a geração de um mapa de declividade a partir do modelo digital de terreno anteriormente criado. Esse procedimento envolveu a transformação do arquivo vetorial TIN em um arquivo no formato *raster*. O mapa de declividade inicialmente gerado – o qual apresentava as declividades de modo contínuo – foi modificado de modo a classificar as declividades encontradas na bacia do Piçarrão em 7 categorias: 0-3%, 3-6%, 6-12%, 12-20%, 20-40%, 40-70% e >70%.

Do modelo digital de terreno também foi derivado um mapa hipsométrico da bacia, o que também envolveu a transformação do arquivo vetorial TIN em um arquivo *raster*. Para o mapa hipsométrico, as altitudes encontradas na bacia foram divididas em classes com intervalos de 25 metros.

- Mapa de Solos:

Para o levantamento dos tipos de solo presentes na bacia do Córrego do Piçarrão, foi utilizado o Mapa de Solos da Embrapa - Folha Campinas (1979), produzido originalmente em escala 1:50.000. O mapa foi escaneado e o arquivo de imagem gerado foi georreferenciado por meio da ferramenta *Georeferencing* do programa ArcMap® versão 8.1. A imagem escaneada e georreferenciada serviu de base para desenhar os polígonos referentes aos diferentes tipos de solo abrangidos pela bacia do Piçarrão, os quais foram armazenados em um arquivo de extensão *shapefile*. Para tal procedimento, foi utilizada a ferramenta *Editor* do mesmo programa.

Como o mapa da Embrapa não apresenta os dados de solos referentes à área urbana e como a escala utilizada é inferior à adotada para os outros mapas desta pesquisa, foram realizados

levantamentos de campo em diversos pontos ao longo da bacia¹ a fim de obter os dados onde estes não existiam (área urbana) e verificar eventuais variações nos tipos de solos que não poderiam ser identificadas no mapa original devido ao menor detalhamento inerente à escala utilizada. Estas informações complementares foram adicionadas ao arquivo de extensão *shapefile* e, juntas com os dados originais, resultaram no mapa de solos da bacia do Piçarrão.

- Mapa Geológico:

Para a geração deste mapa, utilizou-se o Mapa de Substrato Rochoso da Bacia do Piçarrão, em escala 1:25.000, produzido por Silva (2000) a partir da compilação dos mapas feitos por Macari (1996) e Bachion (1997).

O procedimento adotado para a geração deste mapa foi idêntico ao descrito para produzir o Mapa de Solos, envolvendo as etapas de escanização do mapa original, georreferenciamento do arquivo de imagem e criação de um arquivo *shapefile* contendo os polígonos correspondentes aos diferentes tipos de rocha presentes na bacia hidrográfica estudada.

SUBSISTEMA SOCIOECONÔMICO:

- Mosaico de fotografias aéreas:

As fotografias aéreas coloridas² - em escala aproximada de 1:5.000 - provenientes de levantamento realizado em 2003, foram uma das principais fontes de informação para a caracterização do subsistema socioeconômico (além de serem úteis também para a caracterização do subsistema físico-natural e para a obtenção de alguns indicadores utilizados na pesquisa).

A primeira etapa para criar o mosaico de fotografias aéreas referentes à bacia do Piçarrão foi o georreferenciamento dos arquivos de extensão *jpg* que continham estas imagens. Nesta etapa, foi utilizado o programa Envi® versão 4.0, desenvolvido especificamente para o processamento de imagem. Para o georreferenciamento das fotografias aéreas, usou-se como base os arquivos contendo as cartas topográficas produzidas pela Coordenadoria de Ação Regional do Estado de São Paulo (1979), as quais haviam sido previamente georreferenciadas. Foram identificados pontos de fácil localização nas fotografias aéreas (tais como cruzamentos de vias, confluência de corpos d'água, praças e grandes edificações) e a eles atribuídas as coordenadas geográficas dos pontos correspondentes nas cartas topográficas. As imagens georreferenciadas foram gravadas em arquivos *jpg*.

¹ Nestes levantamentos de campo, contou-se com aparelho GPS para identificar as coordenadas geográficas e altitudes dos pontos de análise.

² Os *CD-Roms* contendo as fotografias aéreas foram cedidos pelo Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Campinas.

A segunda etapa foi a própria criação do mosaico de fotografias aéreas correspondentes à área abrangida pela bacia do Piçarrão. Todas as imagens foram carregadas no ArcMap® e, por elas estarem georreferenciadas, a geração do mosaico foi automática, sendo necessário apenas usar um arquivo com a delimitação da bacia hidrográfica como máscara para retirar do mosaico as partes das imagens que não pertenciam à bacia.

- Uso e Ocupação das Terras:

A identificação dos tipos atuais de uso e ocupação das terras e de suas distribuições espaciais na bacia hidrográfica do Piçarrão foi feita a partir da análise do mosaico de fotografias aéreas coloridas de 2003. Com a utilização das ferramentas de *Zoom* e *Editor* do ArcMap®, foram desenhados os polígonos referentes às áreas ocupadas pelos diferentes usos das terras identificados na bacia e o arquivo gerado foi armazenado no formato *shapefile*. A classificação dos usos abrangeu as seguintes categorias: 1) área densamente urbanizada; 2) urbanização periférica; 3) vazios urbanos e uso rural; e 4) remanescentes de mata nativa e áreas de reflorestamento.

Visando identificar os graus de impermeabilização e exposição do solo nas diferentes áreas da bacia, realizou-se um maior detalhamento do uso e ocupação das terras a partir da classificação supervisionada do mosaico de fotografias aéreas. Tal procedimento, executado no programa Envi® versão 4.0, baseou-se na definição de três categorias para a classificação: 1) áreas impermeabilizadas (tais como: edificações; ruas e estradas pavimentadas; estacionamentos, pátios e quintais cimentados) e e/ou áreas com solo exposto (p.ex.: loteamentos terraplanados; ruas e estradas de terra); 2) áreas com pastagem e/ou gramados; 3) áreas com remanescentes de mata, reflorestamento e/ou arborização urbana. Foram selecionadas regiões nas fotos aéreas representativas de cada categoria e, pelo método da máxima verossimilhança, as demais regiões foram automaticamente classificadas pelo programa.

- Mapas das Administrações Regionais, Macrozonas e Áreas de Planejamento:

A identificação das divisões administrativas e de planejamento adotadas pelo poder público municipal é um aspecto importante para caracterizar o subsistema socioeconômico, já que elas servem de referência para o planejamento e a implementação de políticas públicas locais. Neste contexto, foram produzidos dois mapas para se conhecer as divisões político-administrativas presentes na bacia do Piçarrão: um mapa das áreas de abrangência das Administrações Regionais³

³ As Administrações Regionais, em conjunto com as Sub-Prefeituras, são divisões administrativas adotadas pela Prefeitura Municipal de Campinas para, segundo ela, “exercer o poder local da administração municipal descentralizada; oferecer espaço físico para a alocação, a confluência e a ação sinérgica de todas as pastas

e outro das macrozonas e áreas de planejamento⁴ definidas pelo Plano Diretor de Campinas. Tais mapas também foram importantes para a avaliação dos indicadores de resposta, descritos mais adiante no item 4.3.

Para a geração do primeiro mapa, foi utilizada como base um mapa da área de abrangência de todas as Administrações Regionais e Sub-Prefeituras de Campinas, disponível no sítio eletrônico “Subsídios para a Agenda 21 de Campinas” (Embrapa, 2005). Para o mapa das macrozonas e áreas de planejamento, utilizou-se o mapa relativo a estes temas publicado no Plano Diretor de Campinas (PMC, 1995). Em ambos os casos, adotou-se o mesmo procedimento: após a escanderização do mapa, o arquivo de imagem gerado foi georreferenciado no ArcMap® e tomado como base para criar um arquivo do tipo *shapefile* contendo os polígonos correspondentes às áreas ocupadas pelas diferentes administrações regionais/macrozonas e áreas de planejamento.

- Mapa dos Setores Censitários do Censo Demográfico de 2000:

A utilização deste mapa e do banco de dados a ele associado se justifica pelo fato de vários indicadores utilizados na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Piçarrão derivarem dos dados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE no ano 2000. O Mapa dos Setores Censitários⁵ foi obtido do CD-Rom “Base de Informações por Setor Censitário de Campinas” (IBGE, 2002), no qual há arquivos em formato *shapefile* contendo as divisões de todos os setores censitários do município e os dados do Censo de 2000 referentes a cada um deles. Para a geração do mapa, foram selecionados apenas aqueles setores censitários cujas áreas são abarcadas total ou parcialmente pela bacia do Piçarrão. Na fase de obtenção dos indicadores de qualidade ambiental, alguns dos setores censitários inseridos apenas parcialmente na bacia foram excluídos da avaliação, seguindo critérios relatados no item 4.3.

municipais, visando a facilitação e a agilidade do acesso da população ao conjunto dos serviços públicos municipais; criar as condições para a confluência e a ação sinérgica de todas as pastas municipais, visando a melhoria do conjunto dos serviços públicos municipais; executar para outros órgãos da Administração Municipal, mediante repasse orçamentário, trabalhos contidos neste escopo de atribuições” (PMC, 2005).

⁴ Conforme o Plano Diretor de Campinas, as macrozonas foram definidas para, “a partir da compreensão das diferentes realidades das regiões do município, orientar o planejamento e a definição de políticas públicas, especialmente aquelas definidoras e/ou indutoras do processo de urbanização. (...) Para a definição das macrozonas, partiu-se dos estudos básicos da caracterização e da análise da problemática urbana de Campinas, considerando, especialmente: a questão ambiental (...) [e] a estrutura urbana. (...) Como limites das macrozonas, foram utilizados principalmente os divisores de água das microbacias e as barreiras físicas existentes no município.” (PMC, 1995). Cada macrozona foi subdividida em áreas de planejamento, as quais “constituem recortes espaciais delimitados em função da dinâmica de estruturação urbana e da inter-relação dos problemas localmente identificados. Desta forma, apresentam diferentes extensões territoriais e contingentes populacionais, que variam segundo o grau de consolidação e a complexidade urbana.” (PMC, 1995)

⁵ Setor censitário é a unidade de coleta de dados do Censo Demográfico, sendo definido como o agrupamento contíguo geralmente composto por 200 a 300 domicílios. (IBGE, 2005)

4.2) Identificação e caracterização das unidades ambientais presentes na bacia:

As unidades ambientais podem ser entendidas como subsistemas que compõem a bacia hidrográfica e, como tais, apesar de pertencerem a uma organização hierárquica mais elevada, cada uma delas possui organização e dinâmica próprias que permitem distingui-las das demais. Isso porque, em cada uma das unidades, as relações entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico assumem configurações específicas, dependentes das características expressas pelos subsistemas naquele espaço. Assim, a definição das unidades ambientais permite compreender melhor a qualidade ambiental na bacia hidrográfica e identificar os principais processos que influenciam na sua distribuição espacial.

Para a definição das unidades ambientais que compõem a bacia do Piçarrão, adaptou-se a metodologia usada pelo projeto “Rede Euro-Latino-Americana de Monitoramento Ambiental” (RELESA/ELANEM) (Cendrero *et al.*, 2002; Lima, 2002). Tal projeto visa o estabelecimento de proposta metodológica de avaliação de qualidade ambiental que seja aplicável a diferentes regiões e cujos resultados permitam a comparação quantitativa entre elas. Para tanto, os indicadores de qualidade ambiental são avaliados tendo como base as chamadas “unidades ambientais integradas”, definidas em função tanto de aspectos físico-naturais como político-administrativos. As características geomorfológicas estão entre os principais critérios usados para delimitar tais unidades, pois, segundo a concepção do projeto, “(...) o relevo, como base física de sustentação, converte-se em bem passível de apropriação, servindo de suporte às atividades humanas e, conseqüentemente, como capacidade de suporte ambiental.” (Cendrero *et al.*, 2002 – p.35).

Na presente pesquisa, os dados de geomorfologia extraídos do mapa de declividade e do modelo digital de terreno foram as fontes prioritárias para definição das unidades ambientais. A análise, a partir do mapa de hidrografia, dos padrões de drenagem existentes na bacia também foi bastante útil durante este procedimento. Para cada extensão areal contínua em que tais características físico-naturais guardavam grau elevado de homogeneidade, foi definida uma unidade ambiental.

Nos trechos em que o traçado original das unidades não correspondia aos limites dos setores censitários pelo qual passava, a delimitação das unidades ficou passível de alterações de acordo com os seguintes critérios:

a) quando parte dos domicílios de um setor censitário ficava em uma unidade e parte em outra(s), ajustou-se o limite original da unidade neste trecho de modo a coincidir com o limite mais próximo do setor;

b) quando um setor censitário era cortado pelos limites de duas ou mais unidades, mas seus domicílios ficaram contidos em apenas uma unidade, foi mantido o traçado original das unidades neste trecho⁶.

Esta busca em compatibilizar os limites das unidades com os dos setores censitários se justifica pelo fato de alguns dos indicadores usados na avaliação da qualidade ambiental das unidades derivarem de dados do Censo, o qual utiliza os setores censitários como menor nível de análise. Incongruências entre os limites das unidades e dos setores forçariam a utilização de algum método de distribuição dos dados destes indicadores para os setores cortados por mais de uma unidade (por exemplo, distribuindo-se os dados proporcionalmente à área ocupada pelo setor em cada unidade). Assim, preferiu-se fazer as poucas modificações no traçado original das unidades a ficar sujeito às imprecisões inerentes a tais métodos.

No caso dos setores censitários em que parte de sua área ficava dentro de uma unidade e parte fora da bacia do Piçarrão, a inclusão ou exclusão dos setores seguiu critérios específicos para cada indicador que utilizou dados oriundos deste nível de análise, conforme descrito adiante no próximo item.

4.3) Obtenção dos indicadores e avaliação da qualidade ambiental das unidades:

A última fase da parte da prática pesquisa foi a avaliação da qualidade ambiental das unidades integrantes da bacia do Piçarrão. Para tanto, utilizou-se um conjunto de indicadores de qualidade ambiental organizados segundo adaptação da metodologia denominada “Pressão-Estado-Resposta” (PER), originalmente proposta pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Conforme já citado anteriormente, as definições das categorias de indicadores foram modificadas da proposta original, de modo a tornar mais explícitas as inter-relações entre qualidade ambiental, sustentabilidade e estabilidade dos sistemas ambientais complexos. Assim, os grupos de indicadores buscaram representar as seguintes características da dinâmica do sistema ambiental estudado:

- *Indicadores de Pressão*: indicam fontes de perturbações de origem antrópica surgidas no sistema e que têm o potencial de retirá-lo ou mantê-lo afastado de um estado estável;

- *Indicadores de Estado*: representam a organização atual do sistema ambiental, identificando sua tendência à estabilidade ou instabilidade. Em relação ao subsistema socioeconômico, esta tendência se manifesta pelas condições de vida e grau de vulnerabilidade da

⁶ A análise do mosaico de fotografias aéreas fundamentou a decisão sobre em qual das duas situações se encontrava cada um dos setores censitários cortados pelos limites originais das unidades.

população; para o subsistema físico-natural, ela é representada pela sua sensibilidade às perturbações e pela capacidade de resiliência; e

- *Indicadores de Resposta*: refletem reações da sociedade, frente às perturbações por ela introduzidas, na tentativa de manter a estabilidade do sistema ou de se ajustar às novas condições surgidas, a fim de atingir um novo estado estável. Assim, tais respostas representam regulações e adaptações da sociedade visando tanto a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos quanto do ambiente do qual fazem parte.

A seleção dos indicadores apoiou-se principalmente nos critérios de validade/representatividade (indicadores que expressam significativamente a dinâmica do sistema) e de disponibilidade (dados já existentes ou possíveis de serem obtidos dentro do prazo estabelecido para a pesquisa). Foram escolhidos quatro indicadores para as categorias de pressão e estado e três indicadores para a categoria de resposta, totalizando onze indicadores usados para avaliação da qualidade ambiental das unidades presentes na bacia do Piçarrão. A justificativa da escolha e o procedimento usado para obtenção de cada indicador são relatados a seguir:

INDICADORES DE PRESSÃO:

I) Densidade demográfica:

a) Justificativa da utilização:

Nos locais com elevado adensamento populacional, há maior tendência de se avolumarem problemas ambientais ligados ao elevado consumo de recursos naturais, geração excessiva de resíduos e saturação da infra-estrutura urbana. Em contrapartida, quando a densidade demográfica é baixa, existe maior possibilidade de que as atividades humanas se realizem sem exceder os limites dados pelo subsistema físico-natural⁷.

Além disso, a concentração de grande número de pessoas em um espaço restrito pode se associar a outros efeitos negativos sobre a qualidade de vida, tais como ausência ou perda de identidade com o lugar onde se vive e maior suscetibilidade à aquisição de doenças contagiosas.

Assim, aglomerações populacionais constituem-se em fontes potencialmente geradoras de perturbações que podem afetar a estabilidade do sistema ambiental.

b) Procedimento para obtenção:

A densidade demográfica de cada unidade ambiental foi calculada a partir dos dados do Censo de 2000 para os setores censitários. Para os setores censitários que possuíam parte de seus

⁷ Vale ressaltar que a interação entre densidade demográfica e qualidade ambiental não é uma simples relação de causa-efeito. Fatores como padrão de consumo da população podem resultar em condições bastante distintas, mesmo que a densidade demográfica das localidades consideradas seja a mesma.

domicílios dentro de uma unidade ambiental e outra parte fora da bacia do Piçarrão, foram considerados para o cálculo do indicador apenas aqueles com mais de 50% dos domicílios dentro da unidade⁸.

Para cada unidade ambiental, o indicador foi obtido somando-se o número de pessoas residentes em domicílios particulares nos setores censitários incluídos na unidade ambiental e dividindo-se este valor pela área total ocupada por tais setores, conforme aponta a fórmula:

$$Ind = \Sigma P_{SC} / \Sigma A_{SC}$$

onde: Ind = indicador medido; P_{SC} = população do setor censitário; A_{SC} = área do setor censitário.

II) Domicílios improvisados e/ou domicílios localizados em aglomerados sub-normais:

a) Justificativa da utilização:

As condições de moradia representam fator condicionante fundamental da vulnerabilidade da população. A precariedade das habitações é crucial, por exemplo, para definir o grau de risco de seus moradores a processos como deslizamentos de terra e inundações. A carência de infraestrutura que geralmente cerca estes assentamentos precários, tais como falta de saneamento ambiental e ruas não-pavimentadas, constituem-se também em agentes que comprometem a qualidade de vida de seus moradores e, mais amplamente, a sustentabilidade do sistema ambiental.

Duas variáveis do Censo permitem avaliar a precariedade das condições de moradia. A primeira delas diz respeito aos domicílios particulares improvisados, denominação dada pelo IBGE às construções para fins não-residenciais que servem de moradia⁹. A outra variável se refere aos setores censitários classificados como aglomerado sub-normal, que é como o IBGE designa assentamentos precários como favelas e ocupações.

b) Procedimento para obtenção:

Para se encontrar o valor deste indicador, calculou-se qual a porcentagem de domicílios particulares improvisados e de domicílios particulares localizados em aglomerados sub-normais¹⁰

⁸ As fotografias aéreas da bacia e áreas adjacentes foram usadas para avaliar a distribuição dos domicílios de determinado setor censitário e decidir sobre sua inclusão ou exclusão seguindo o critério descrito no texto.

⁹ Segundo o IBGE, domicílios particulares improvisados são aqueles “localizados em unidades que não têm dependência destinada exclusivamente à moradia, tais como: loja, sala comercial, etc.”. Inclui ainda “prédio em construção, embarcação, carroça, vagão, tenda, barraca, gruta, etc., que estava servindo de moradia” por ocasião do levantamento de campo. (IBGE, 2005)

em relação ao total de domicílios particulares existentes nos setores censitários abrangidos pela unidade¹¹, conforme mostra a fórmula a seguir:

$$Ind = [(D_{IM} + D_{SN}) / D_P] * 100$$

onde: Ind = indicador medido; D_{IM} = número de domicílios particulares improvisados na unidade; D_{SN} = número de domicílios particulares da unidade localizados em aglomerados sub-normais; D_P = total de domicílios particulares na unidade.

III) Serviço de coleta domiciliar de lixo:

a) Justificativa da utilização:

A coleta adequada nos domicílios é a primeira etapa para se garantir uma destinação correta dos resíduos sólidos domésticos e minimizar os problemas ambientais que ele pode causar. Quando esta não ocorre, o lixo deixa de ser encaminhado aos aterros e passa a ser incinerado ou jogado em locais impróprios (como terrenos baldios, praças e rios). Proliferação de doenças; poluição do solo, da água e do ar; entupimento da rede de drenagem urbana; diminuição do nível e vazão dos rios; e desvalorização estética da paisagem são problemas provocados por estas destinações inadequadas dos resíduos sólidos e que, conseqüentemente, levam a uma perda da qualidade ambiental.

b) Procedimento para obtenção:

Este indicador foi obtido com base nos dados do Censo de 2000 referentes ao destino do lixo declarado pelos entrevistados. Dentre as alternativas sobre o tema existentes no questionário do Censo, apenas duas – “lixo coletado por serviço de limpeza” e “lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza” – contemplam formas a princípio adequadas dos moradores destinarem seus resíduos. Entretanto, observa-se que, na prática, muitas vezes a existência de caçambas (*containers*) nos bairros não garante um destino correto aos resíduos. Lixo jogado do lado de fora das caçambas e atração de muitos animais para tais locais são os principais problemas verificados, que se agravam quando a substituição das caçambas cheias por vazias não segue a frequência necessária. Por isso, para o cálculo deste indicador de saneamento ambiental, foi considerada somente a primeira alternativa (“lixo coletado por serviço de limpeza”).

¹⁰ No caso de haver domicílio(s) particular(es) improvisado(s) em um setor censitário classificado como aglomerado sub-normal, foi contabilizado somente o total de domicílios particulares daquele setor (variável que engloba tanto os domicílios particulares permanentes como os improvisados), evitando-se, assim, que os domicílios improvisados fossem contados duas vezes.

¹¹ Utilizou-se o mesmo critério do indicadores anterior para se definir quais setores parcialmente inseridos na unidade seriam incluídos ou excluídos da avaliação.

Para cada unidade, calculou-se a porcentagem de domicílios particulares permanentes¹² dos setores censitários incluídos¹³ na unidade que são atendidos por serviço de coleta domiciliar de lixo:

$$Ind = (D_{CD}/D_{PP}) * 100$$

onde: Ind = indicador medido; D_{CD} = domicílios particulares permanentes da unidade nos quais o lixo é coletado por serviço de limpeza; D_{PP} = total de domicílios particulares permanentes na unidade.

IV) Domicílios ligados à rede geral de esgoto:

a) Justificativa da utilização:

A falta de destinação adequada dos esgotos domésticos ocasiona impactos negativos nos subsistemas socioeconômicos e físico-natural. Nos locais onde não há rede coletora, o esgoto costuma correr a céu-aberto nas imediações das residências, constituindo-se em fonte eminente de proliferação de agentes e vetores de doenças. O mesmo acontece quando o esgoto é lançado diretamente nos rios sem qualquer tipo de tratamento. Além dos problemas relacionados à saúde e qualidade de vida, o lançamento de esgoto *in natura* provoca alterações na dinâmica destes ecossistemas aquáticos: a grande quantidade de matéria orgânica existente em tais esgotos pode causar a eutrofização¹⁴ dos rios, levando a mudanças nos parâmetros físico-químicos e na comunidade biológica.

Já no caso do esgoto armazenado em fossas e valas, a falta de planejamento, construção e/ou manutenção adequada normalmente associada a este tipo de destinação do esgoto doméstico pode resultar na contaminação do solo e das águas subterrâneas e de poços.

b) Procedimento para obtenção:

O Censo contempla uma questão sobre o tipo de esgotamento sanitário existente nos domicílios particulares permanentes com banheiro. Entre as alternativas apresentadas para responder a pergunta, as mais apropriadas à boa qualidade ambiental são: “fossa séptica” e “rede geral de esgoto ou pluvial”. As fossas sépticas, contudo, foram descartadas para o cálculo do

¹² Segundo o IBGE, “domicílio particular permanente é aquele construído para servir exclusivamente à habitação e, no momento da coleta [de dados do Censo], tinha finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas.” (IBGE, 2005)

¹³ A definição de quais setores deveriam ser incluídos na unidade seguiu o mesmo critério usado para os indicadores anteriores.

¹⁴ A eutrofização é o acúmulo excessivo de nutrientes, o que favorece a proliferação de microrganismos decompositores de tais materiais e, conseqüentemente, leva à grande diminuição do oxigênio dissolvido na água. (Ricklefs, 1996)

indicador, pois, conforme dito anteriormente, nem sempre são construídas com os cuidados necessários (p.ex.: impermeabilização do solo e distanciamento de poços d'água). A outra alternativa (“rede geral de esgoto ou pluvial”) também não signifique necessariamente uma destinação adequada do esgoto, já que o esgoto coletado pela rede geral pode ser despejado sem tratamento em rios, o que certamente ocorre quando este é lançado na rede pluvial. Ainda assim, dentre as respostas possíveis no Censo sobre o tema, esta é a que indica a melhor situação de saneamento ambiental.

O indicador foi obtido calculando-se, para cada unidade ambiental, a porcentagem de domicílios particulares permanentes dos setores censitários incluídos¹⁵ na unidade que estão ligados à rede geral de esgoto ou pluvial:

$$Ind = (D_{RG}/D_{PP}) * 100$$

onde: Ind = indicador medido; D_{CD} = domicílios particulares permanentes da unidade nos quais o esgoto é lançado na rede geral de esgoto ou pluvial; D_{PP} = total de domicílios particulares permanentes na unidade.

INDICADORES DE ESTADO:

I) Declividade:

a) Justificativa da utilização:

A declividade do relevo é fator determinante no grau de estabilidade ou instabilidade morfodinâmica de determinada área. Vertentes muito íngremes favorecem os processos morfogenéticos em detrimento à pedogênese, levando a um comportamento morfodinâmico instável. Planícies e fundos de vales com fraca declividade também se caracterizam por elevada instabilidade morfodinâmica, já que estão sujeitos a inundações. Em consequência, a ocupação humana nestes dois tipos de relevo representa alto risco ambiental, que se intensifica quanto maior à vulnerabilidade social da população.

b) Procedimento para obtenção:

Os dados para obtenção deste indicador foram derivados do mapa de declividade da bacia do Piçarrão. O mapa *raster* original foi convertido para formato vetorial, o que possibilitou calcular, para cada unidade ambiental, a área ocupada por cada uma das classes de declividade.

¹⁵ A inclusão ou exclusão dos setores parcialmente abrangidos pela unidade foi baseada em critério idêntico aos relatados para os itens anteriores.

Conforme sua tendência à estabilidade ou instabilidade morfodinâmica, à cada classe de declividade foi atribuído o seguinte valor:

0 a 3%; 3 a 6%; e 6 a 12% = 1,0

12 a 20% = 0,7

20 a 40% = 0,4

> 40% e planícies fluviais (0 a 3%) = 0,1

O valor atribuído a cada classe foi multiplicado pela área percentual ocupada por ela na unidade. A soma destes resultados para todas as classes de declividade representou o valor do indicador para aquela unidade, como mostra a fórmula:

$$Ind = \Sigma(V_{CD}.A_{CD})$$

onde: Ind = indicador medido; V_{CD} = valor atribuído à classe de declividade; A_{CD} = área percentual ocupada pela classe de declividade em relação à área total da unidade

II) Densidade de drenagem:

a) Justificativa da utilização:

A rede de drenagem é determinante na esculturação do relevo e, conseqüentemente, na sua estabilidade morfodinâmica. A relação entre a extensão dos cursos d'água e a área por eles drenadas – ou seja, a densidade de drenagem – é o principal indicativo do grau de dissecação do relevo e, assim como a declividade, serve como atributo fundamental para avaliar a fragilidade potencial do subsistema físico-natural.

b) Procedimento para obtenção:

Com base no mapa de hidrografia, calculou-se a extensão total dos cursos d'água em cada unidade e aplicou-se a fórmula-padrão utilizada para o cálculo da densidade de drenagem:

$$Ind = Ct/A_{UN}$$

onde: Ind = indicador medido; Ct = comprimento total dos canais de drenagem; A_{UN} = área da unidade.

III) Impermeabilização e exposição do solo e presença de cobertura vegetal:

a) Justificativa da utilização:

A impermeabilização do solo tem influência preponderante nas dinâmicas climáticas e hidrológicas características dos ambientes urbanos. As superfícies impermeabilizadas impedem a infiltração da água das chuvas e leva a aumentos no volume e na velocidade do escoamento superficial, fatores que propiciam maior frequência e intensidade de enchentes. O excesso de impermeabilização também provoca mudanças na capacidade térmica da área, na evaporação da água e na circulação das massas de ar, favorecendo a formação de ilhas de calor. Todos estes problemas são agravados pelo fato do avanço das áreas impermeabilizadas ser feito às custas das áreas verdes, as quais têm importante papel regulador nas condições climáticas e hidrológicas.

A cobertura vegetal também é imprescindível para garantir a estabilidade morfodinâmica. Sua retirada e a conseqüente exposição do solo – como acontece no caso de obras de terraplanagem para implantação de loteamentos – torna-o mais suscetível aos processos erosivos e causa assoreamento dos corpos hídricos.

Assim, tanto a impermeabilização como a exposição do solo se configuram como fatores geradores de instabilidade no sistema ambiental. A presença de cobertura vegetal (árvores, especialmente), por sua vez, garante maior estabilidade ao sistema.

b) Procedimento para obtenção:

O indicador foi obtido por meio da análise da classificação supervisionada feita a partir do mosaico de fotografias aéreas (procedimento descrito no item 4.1). Com base nesta classificação, foi feita uma avaliação qualitativa, para cada setor censitário, sobre as frequências relativas de: a) áreas impermeabilizadas e com solo exposto; e b) áreas com remanescentes de matas e arborização urbana. De acordo com a frequência observada, foram atribuídos os seguintes valores a cada uma destas duas categorias:

0 = ausente;

1 = pouco frequente;

2 = frequência mediana; ou

3 = bastante frequente.

O cálculo do indicador para as unidades seguiu a fórmula:

$$Ind = \Sigma[(F_{Arb} - F_{Imp}).A_{SC}]$$

onde: Ind = indicador medido; F_{Arb} = valor atribuído à frequência relativa no setor censitário da categoria “remanescentes de matas ou arborização urbana”; F_{Imp} = valor atribuído à frequência relativa no setor censitário da categoria “solo impermeabilizado ou exposto”; A_{sc} = área percentual do setor censitário em relação à área total da unidade.

Para os setores censitários com parte de sua área em outras(s) unidade(s) e/ou fora da bacia, considerou-se, tanto na análise da frequência relativa das categorias quanto no cálculo da área, apenas a porção incluída na unidade.

IV) Renda dos responsáveis por domicílios:

a) Justificativa da utilização:

A renda dos chefes de família representa indicador fundamental de inclusão/exclusão social e se reflete em outros componentes socioeconômicos, como acesso à educação e a serviços de saúde e condições de moradia. Assim, a vulnerabilidade das pessoas – inclusive aos riscos ambientais – está fortemente associada ao segmento social a qual elas pertencem. Além disso, como uma das prerrogativas do desenvolvimento sustentável é a universalização de condições socioeconômicas satisfatórias para toda população, este indicador aponta o quão distante se está desta meta.

b) Procedimento para obtenção:

Com base nos dados do Censo de 2000, inicialmente somou-se quantos responsáveis por domicílios de todos os setores censitários inseridos em cada unidade¹⁶ declararam ter rendimento mensal de até 2 salários mínimos, bem como quantos afirmaram receber de 10 a mais salários mínimos por mês. Para obter o indicador, foi calculada a proporção de responsáveis nestas duas faixas salariais, conforme a fórmula:

$$Ind = R_{R \geq 10} / R_{R \leq 2}$$

onde: Ind = indicador medido; $R_{R \geq 10}$ = responsáveis por domicílios com renda igual ou maior a dez salários mínimos; $R_{R \leq 2}$ = responsáveis por domicílios com renda igual ou menor a dois salários mínimos

¹⁶ Para os setores censitários que possuíam parte de seus domicílios dentro de uma unidade ambiental e outra parte fora da bacia do Piçarrão, utilizou-se o critério de considerar apenas aqueles com mais de 50% dos domicílios dentro da unidade.

I) Participação popular no Orçamento Participativo:

a) Justificativa da utilização:

A participação ativa dos cidadãos na gestão das cidades é um dos princípios que regem o conceito de sustentabilidade urbana. Para garantir um desenvolvimento sustentável efetivo, é preciso que a população esteja engajada na busca de melhorias na qualidade de vida e do ambiente da qual fazem parte.

A proposta do Orçamento Participativo é que ele seja um instrumento de gestão democrática das verbas públicas, no qual a população participa diretamente da definição de como e onde devem ser aplicados os recursos disponíveis no orçamento municipal. Implementado em Campinas a partir do ano de 2001, o Orçamento Participativo está organizado em duas frentes: por tema e por região (PMC, 2005). Nas assembleias temáticas, foca-se exclusivamente em determinado assunto (saúde, educação, habitação, etc.) e são definidas para este tema as prioridades de investimento dos recursos para toda a cidade. Já nas assembleias regionais, os moradores elegem as prioridades (pertencentes a qualquer tema) específicas para a região onde moram¹⁷. Para cada administração regional ou sub-prefeitura, organizam-se assembleias regionais que reúnem a população dos bairros por ela abarcados. Nos anos de 2001 a 2003, foram realizadas anualmente, em cada região, duas assembleias regionais. Entre elas, realizavam-se as chamadas assembleias intermediárias, reunindo a população de um bairro ou conjunto de bairros, que definia as prioridades que seriam levadas para a 2ª. assembleia regional.

b) Procedimento para obtenção:

Como os dados disponíveis do Orçamento Participativo não permitem identificar os locais onde residem as pessoas que participaram das assembleias regionais e intermediárias, não é possível avaliar com exatidão qual a participação efetiva dos moradores de determinada unidade ambiental em tais assembleias. Por isso, utilizou-se um método indireto para o cálculo deste indicador, baseado na suposição de que a participação dos habitantes da unidade nas assembleias é proporcional à porcentagem que a população da unidade representa em relação ao total da população da(s) Administração(ões) Regional(is) na qual a unidade está inserida. Assim, o cálculo do indicador foi feito pela fórmula:

¹⁷ Posteriormente, as demandas definidas nas assembleias regionais, bem como aquelas das assembleias temáticas, são encaminhadas para o Conselho Municipal do Orçamento Participativo. Tal conselho tem a função de elaborar, a partir destas prioridades, um plano de investimentos que integra o Projeto de Lei Orçamentária Anual relativo ao ano seguinte. (PMC, 2004)

$$Ind = (P_{OP}/P_{AR}).P_{UN}$$

onde: Ind = indicador medido; P_{OP} = média da população presente nas assembleias regionais e intermediárias do Orçamento Participativo nos anos de 2001 a 2003; P_{AR} = população total da Administração Regional; P_{UN} = população da unidade ambiental.

II) Prioridades definidas no Orçamento Participativo ligadas à melhoria da qualidade ambiental:

a) Justificativa da utilização:

No Orçamento Participativo, as demandas reivindicadas pela população junto ao poder público municipal são organizadas na forma de prioridades, ou seja, elege-se aquelas consideradas mais importantes em relação à determinada região ou tema e estabelece-se uma hierarquia entre elas (classificando-as em ordem de maior para menor importância relativa). As prioridades escolhidas pelos cidadãos e as posições ocupadas por elas na classificação revelam não só as carências existentes nos bairros, mas também apontam indiretamente para que tipos de ações são valorizadas pelos moradores e quais estão distante de suas preocupações.

b) Procedimento para obtenção:

Diversas prioridades definidas no Orçamento Participativo estão associadas à busca de melhores condições de vida (p.ex.: aquelas relacionadas a saúde e educação) e, conseqüentemente, a uma melhor qualidade do sistema ambiental. No entanto, no cálculo deste indicador, foram consideradas apenas as prioridades mais tradicionalmente voltadas à melhoria de qualidade ambiental: obras e outras ações ligadas a saneamento básico e drenagem urbana; construção, reforma ou manutenção de praças e outras áreas verdes; e remoção de famílias em áreas de risco ambiental e regularização e urbanização de favelas e ocupações. Foram incluídas todas as prioridades que contemplavam tais temas, mesmo aquelas em que as soluções reivindicadas pelos cidadãos não representavam a alternativa tecnicamente mais correta para o problema (como é o caso, por exemplo, das canalizações de córregos, prioridade bastante solicitada pelos moradores).

O procedimento para obtenção do indicador começou pela análise de quais e quantas destas prioridades definidas no Orçamento Participativo dos anos de 2001 a 2003 contemplavam bairros ou regiões inseridos em determinada unidade ambiental da bacia do Piçarrão¹⁸. De acordo com a classificação ocupada pela prioridade em relação ao total de prioridades selecionadas para cada

¹⁸ Foram computadas somente as prioridades definidas nas assembleias regionais, pois, como explicado anteriormente, as assembleias temáticas elegem prioridades para a cidade como um todo.

Administração Regional, atribui-se um valor dentro da escala de 0,1 a 1 (se a prioridade ocupasse, respectivamente, a 10ª. ou a 1ª. colocação entre o total de prioridades). Para cada unidade ambiental, somou-se os valores de todas as prioridades relativas àquela unidade e o resultado foi multiplicado pelo número total de prioridades definidas para a unidade em questão. Desta forma, o indicador procurou representar que tanto o número absoluto de prioridades como as posições ocupadas por elas na lista de prioridades são importantes na dinâmica do Orçamento Participativo.

Por fim, o resultado da multiplicação entre estes dois fatores foi dividido pela porcentagem que a população da unidade representa em relação à população total da bacia. Tal procedimento foi realizado para buscar atenuar as distorções nos valores do indicador para as diferentes unidades em função de diferenças nos seus tamanhos. Isto porque as unidades de maior extensão e com maior número de bairros têm, a princípio, maior probabilidade de serem contempladas com prioridades no Orçamento Participativo do que aquelas com menor extensão/número de bairros. Assim, ao fazer a divisão citada acima, procurou-se evitar que os valores dos indicadores para as unidades maiores fossem superestimados e, para as menores, subestimados.

A fórmula a seguir resume como se chegou ao valor final do indicador para cada unidade:

$$Ind = (N_p \cdot \sum V_p) / Pop$$

onde: Ind = indicador medido; N_p = número total de prioridades para a unidade; V_p = valor atribuído à prioridade em função da posição ocupada na lista geral de prioridades; Pop = população da unidade em relação à população total da bacia

III) Diretrizes definidas pelo Plano Diretor de Campinas referentes à melhoria da qualidade ambiental:

a) Justificativa da utilização:

A existência de instrumentos legais é fundamental para assegurar políticas públicas que visem a preservação ou melhoria da qualidade ambiental. O Plano Diretor se destaca como instrumento estratégico para tal fim, amparando a gestão pública local por meio da definição de diretrizes de planejamento e desenvolvimento do município.

b) Procedimento para obtenção:

As diretrizes consideradas na obtenção do indicador foram apenas aquelas em que a preservação ou melhoria da qualidade ambiental é o objeto principal da diretriz, e não uma

condicionante ou limitação a qualquer outro objeto central. Foram desconsideradas aquelas diretrizes genéricas para toda macrozona que, mesmo tendo a qualidade ambiental como objeto central, referiam-se a situações não encontradas na unidade (por exemplo, descartou-se as diretrizes relativas à atividade de mineração ou preservação de fragmentos florestais em unidades onde estes não existiam).

Assim, este indicador foi obtido contabilizando-se o número de diretrizes da macrozona abrangida por determinada unidade ambiental que fossem relacionadas à preservação ou melhoria da qualidade ambiental para a macrozona como um todo ou para regiões específicas abarcadas pela unidade (desde que preenchessem os requisitos explicitados no parágrafo anterior). Não foi avaliado em que medida tais diretrizes foram ou estão sendo de fato respeitadas e/ou implementadas.

Para as duas unidades que possuem parte de sua área em mais de uma macrozona, foram adotados critérios diferenciados para resolver tal problema. Uma delas (Unidade 1) tem quase a totalidade de sua área inserida em uma macrozona e o pequeno trecho restante na outra macrozona não contém domicílios e nenhuma outra característica especial que se destaque em relação às diretrizes do Plano Diretor estabelecidas para esta macrozona. Por isso, considerou-se no cálculo do indicador apenas as diretrizes relativas à macrozona de maior representatividade. Para a outra unidade nesta situação (Unidade 3A), ambas as macrozonas ocupam parcela significativa de sua área total. Neste caso, o valor do indicador foi calculado pela média de diretrizes das macrozonas.

ÍNDICES DE QUALIDADE AMBIENTAL:

A qualidade ambiental das unidades integrantes da bacia do Piçarrão foi avaliada agregando-se todos os indicadores usados na pesquisa. Este procedimento envolveu os seguintes passos:

I) Conversão dos indicadores medidos para escala única de valores:

Como os indicadores foram obtidos em diferentes unidades de medida, a primeira etapa para integrá-los em um único índice de qualidade ambiental consistiu da conversão deles em uma escala única de valores. Esta escala varia de 0 a 1, representando, respectivamente, o pior e o melhor valor de qualidade ambiental para cada indicador. A conversão dos indicadores medidos foi feita da seguinte forma:

- para os indicadores em que o maior valor medido representava a melhor condição de qualidade ambiental, dividiu-se o valor obtido pelo indicador em determinada unidade pelo maior valor encontrado para o indicador em questão¹⁹; e

- para os indicadores com comportamento antagônico ao anterior (maior valor medido representando a pior condição de qualidade ambiental), fez-se a mesma operação matemática, mas o resultado foi subtraído por 1²⁰.

II) Obtenção dos índices parciais de qualidade ambiental:

Nesta etapa, agregou-se todos indicadores pertencentes à determinada categoria (pressão, estado ou resposta), de modo a gerar índices parciais de qualidade ambiental. Poderiam ser atribuídos pesos diferenciados a cada indicador, de acordo com sua importância relativa na determinação da qualidade ambiental. Preferiu-se, no entanto, considerar que todos indicadores de cada categoria possuíam influência equivalente na dinâmica do sistema. Sendo assim, o índice parcial de qualidade ambiental de cada categoria foi calculado somando-se, para cada unidade, os valores convertidos dos indicadores daquela categoria e dividindo-se o resultado pelo número de indicadores considerados²¹.

III) Determinação do índice final de qualidade ambiental:

O índice final de qualidade ambiental resultou da agregação dos índices parciais de pressão, estado e resposta. Nesta etapa, também poderiam ser dados pesos diferenciados aos índices parciais, mas considerou-se que eles tinham igual importância para avaliação da qualidade ambiental. Desta forma, o valor do índice final de qualidade ambiental de cada unidade da bacia do Piçarrão foi obtido somando-se os valores de seus índices parciais e dividindo-se o resultado por 3.

¹⁹ No caso do indicador de estado relativo à impermeabilização e exposição do solo, foi necessário fazer uma outra conversão antes desta, já que o indicador medido apresentava tanto valores positivos como negativos. Esta primeira conversão foi feita dividindo-se o valor obtido pelo indicador em determinada unidade pelo menor valor medido para o indicador e subtraindo-se o resultado por 1. Em seguida, foi aplicada aos valores obtidos nesta primeira transformação a conversão relatada no texto.

²⁰ Os indicadores que se enquadravam nesta situação foram “densidade demográfica”, “domicílios improvisados” e “densidade de drenagem”. Todos os demais se encaixavam na situação anterior.

²¹ 4, no caso dos índices de pressão e estado, e 3 para o índice de resposta.

5) RESULTADOS E DISCUSSÃO:

5.1) Caracterização geral da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão:

LOCALIZAÇÃO:

A bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão²² está localizada na região centro-sul de Campinas (Figura 5.1). Sua área de cerca de 65,342 km² corresponde à 8,2% da área total do município. O córrego do Piçarrão percorre aproximadamente 22 km até desaguar à margem direita do Rio Capivari. Entre o alto e o médio curso, ele segue no sentido leste-noroeste; do médio para o baixo curso, ocorre uma mudança abrupta de direção, passando a percorrer o sentido noroeste-sudoeste (Figura 5.2). É interessante notar que o sentido geral da bacia – de leste para sudoeste – coincide com um dos principais vetores de expansão urbana no município de Campinas (Cunha & Oliveira, 2001), fato que, como será visto mais adiante (item 5.2), influencia significativamente nas qualidades ambientais apresentadas pelas diferentes unidades ambientais da bacia do Piçarrão.

SUBSISTEMA FÍSICO-NATURAL:

As altitudes da bacia do Piçarrão variam entre 555m e 785m (Tabela 5.1 e Figuras 5.3 a 5.6). Em relação aos cursos d'água, podem ser identificadas regiões bastante distintas entre si (Figura 5.2). Entre o alto e o médio curso da bacia, correspondentes à região de altitudes superiores a 600m e de relevo menos acidentado, as densidades hidrográfica e de drenagem²³ são relativamente baixas. Do médio para o baixo curso, na zona de relevo mais dissecado, as densidades hidrográfica e de drenagem são bastante elevadas. Já na porção final da bacia, observa-se um menor número de canais fluviais e estas densidades se reduzem.

Conforme pode ser observado na Figura 5.7 e na Tabela 5.2, as classes de declividade de maior frequência na bacia do Piçarrão são as de 0-3%, 3-6% e 6-12%. Embora com menor abrangência que as classes anteriores, a classe de declividade 12-20% também se distribui ao longo de toda bacia. As áreas com declividades entre 20 e 40% se concentram na porção central, além de ocuparem alguns pontos esparsos em outras regiões da bacia, principalmente associadas às cabeceiras de nascentes. Distribuição espacial semelhante é observada para as classes de declividade 40-70% e >70%, embora estas tenham representação pouco significativa em relação à área total da bacia.

²² Também conhecido como córrego do Castelo.

²³ Densidade hidrográfica corresponde à relação entre o número de cursos d'água e a área por eles drenada, enquanto a densidade de drenagem é resultante da relação entre o comprimento dos cursos d'água e a área por eles drenada. (Christofoletti, 1982 *apud* Silva, 2000).

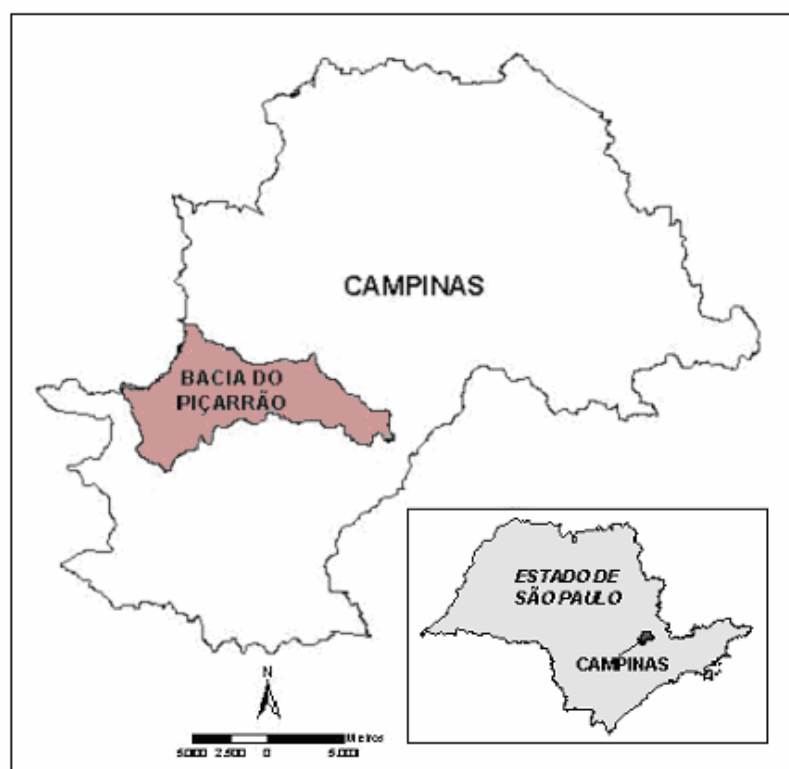


Figura 5.1: Localização da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão em relação ao município de Campinas (SP)

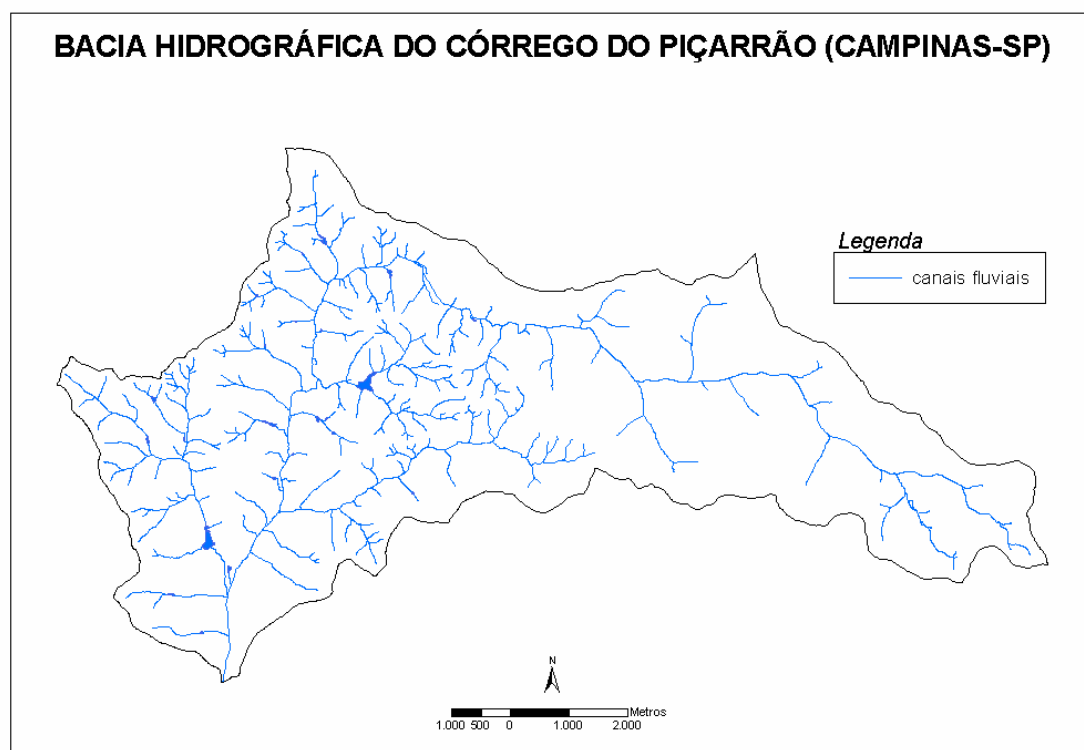


Figura 5.2: Mapa da rede hidrográfica da bacia do córrego do Piçarrão

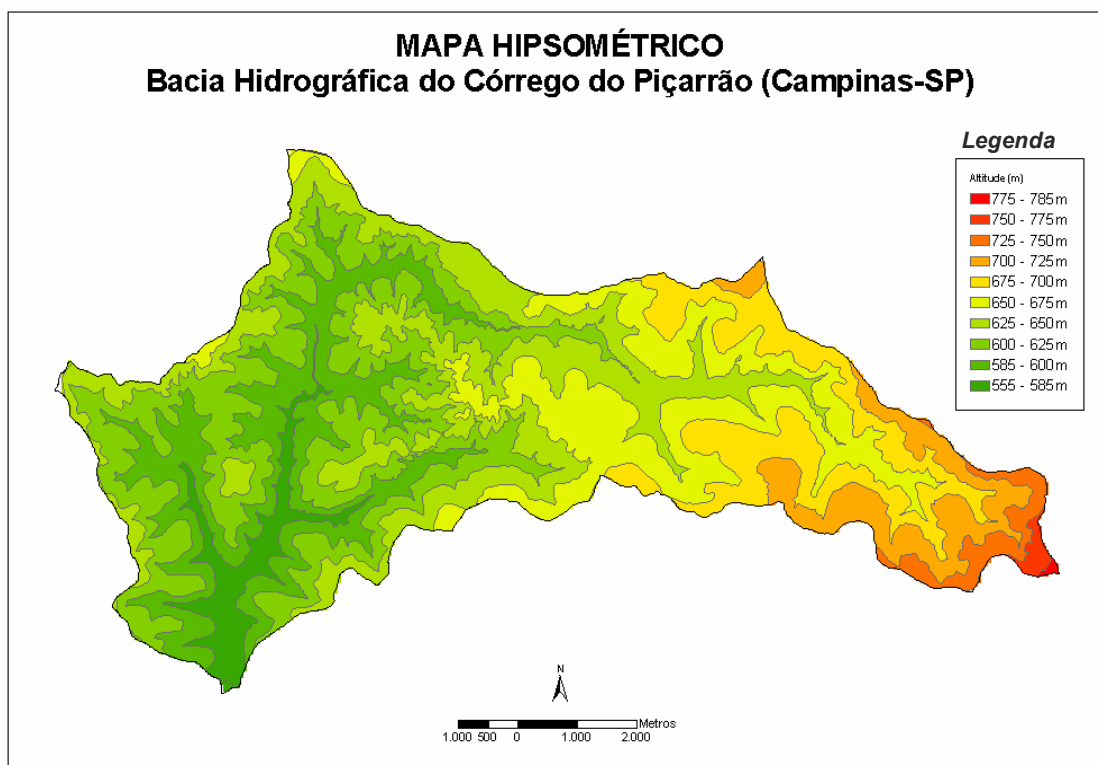


Figura 5.3: Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

Tabela 5.1: Altitudes da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

Classe Hipsométrica (m)	Área (km ²)	Área (%)
785-775	0,05	0,08
775-750	0,31	0,47
750-725	1,40	2,15
725-700	4,12	6,32
700-675	6,83	10,47
675-650	10,46	16,03
650-625	13,37	20,50
625-600	15,76	24,16
600-575	10,21	15,64
575-555	2,71	4,16

MODELO DIGITAL DE TERRENO **Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP)**

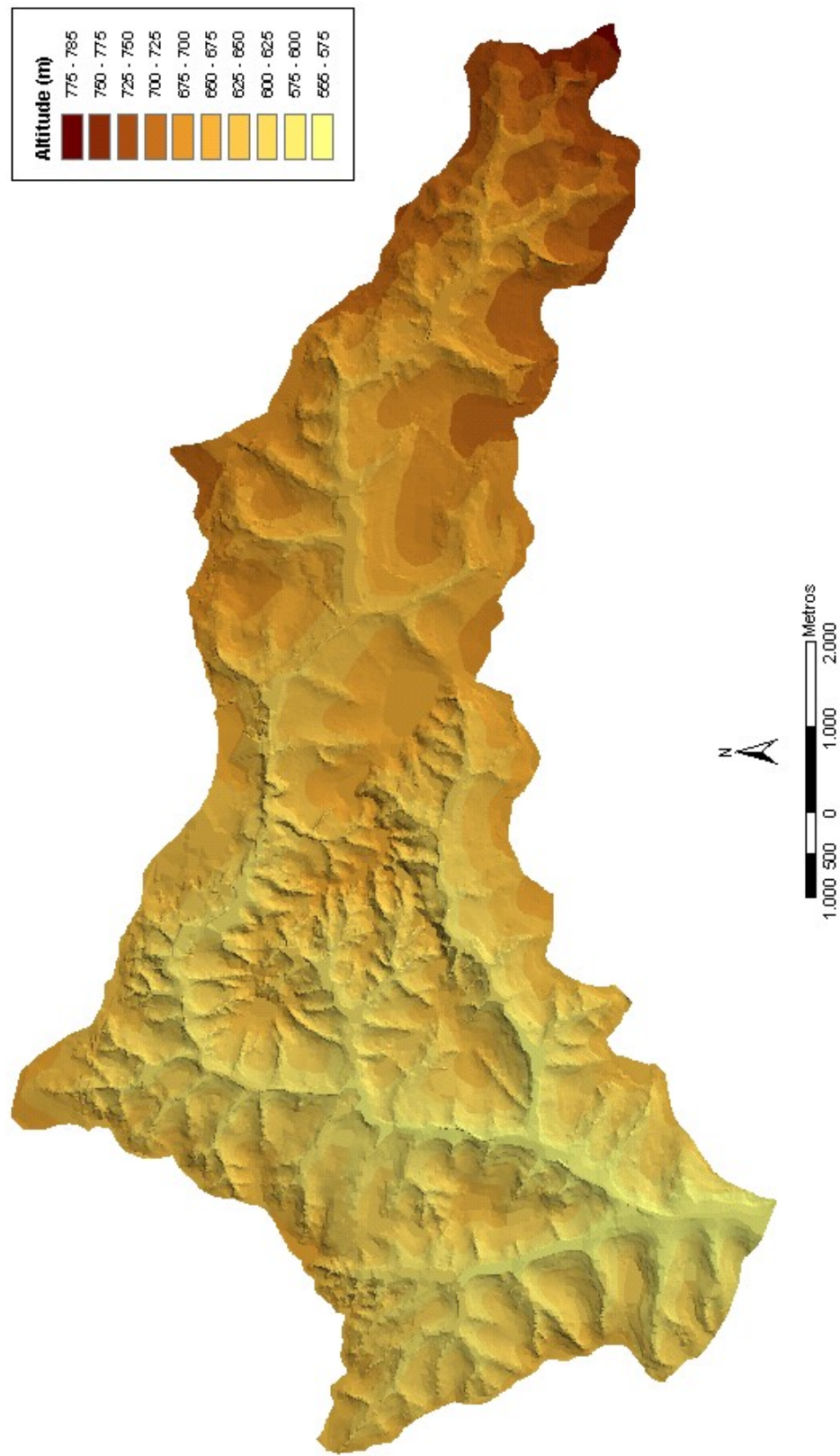


Figura 5.4: Modelo digital de terreno da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

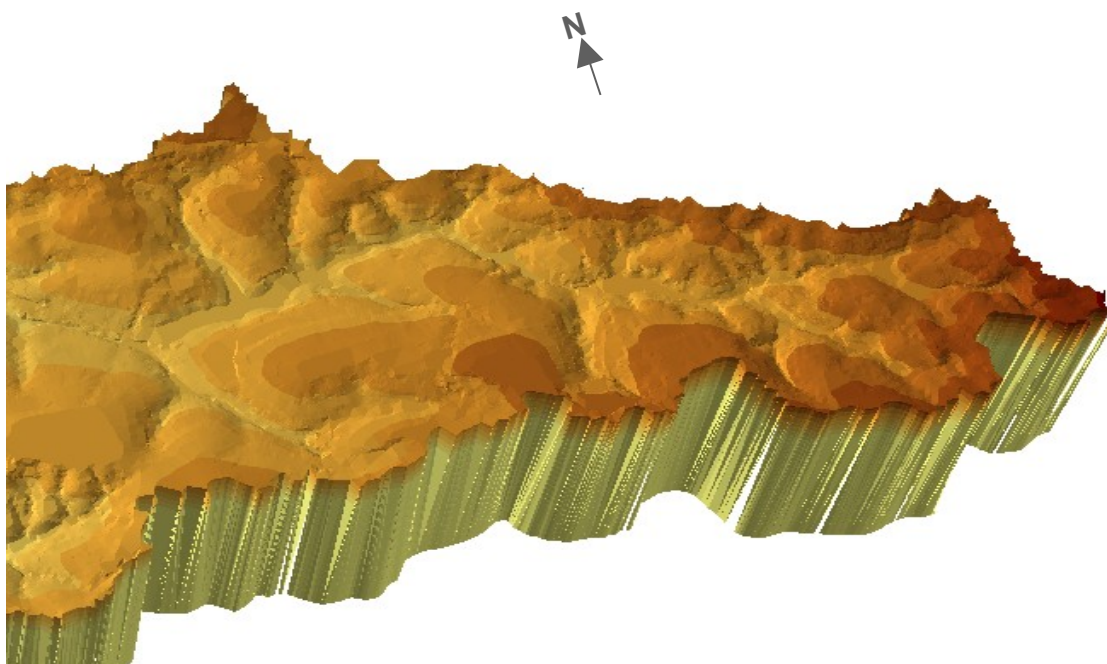


Figura 5.5: Modelo digital de terreno – Vista em perspectiva do alto curso da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

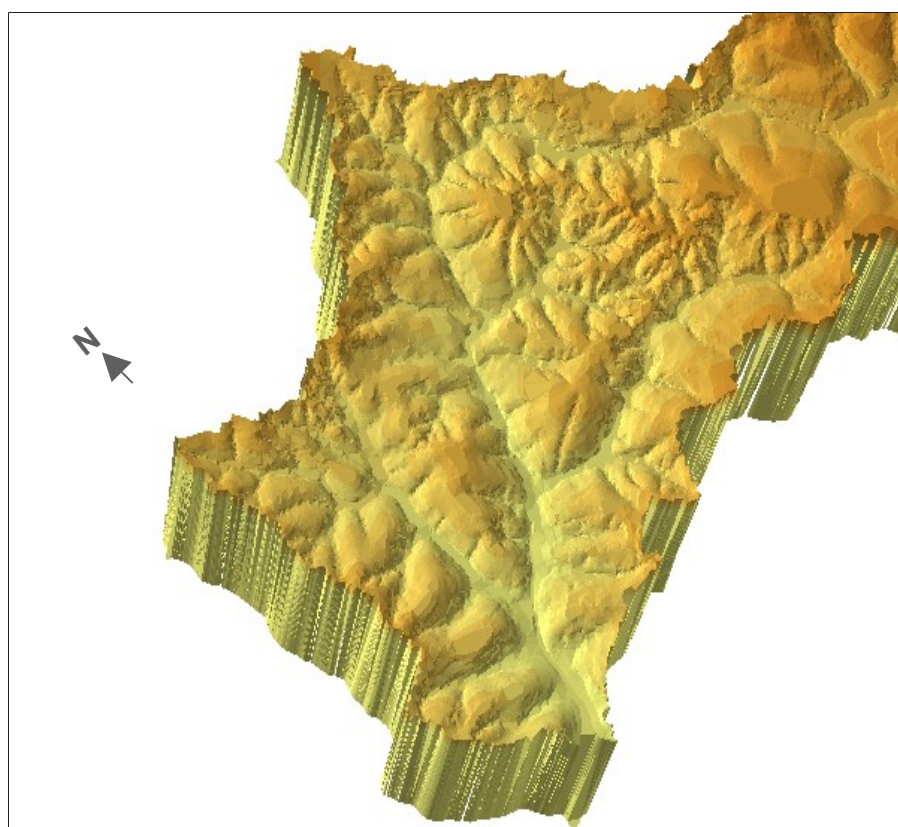


Figura 5.6: Modelo digital de terreno – Vista em perspectiva do médio e baixo cursos da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

MAPA DE DECLIVIDADE **Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP)**

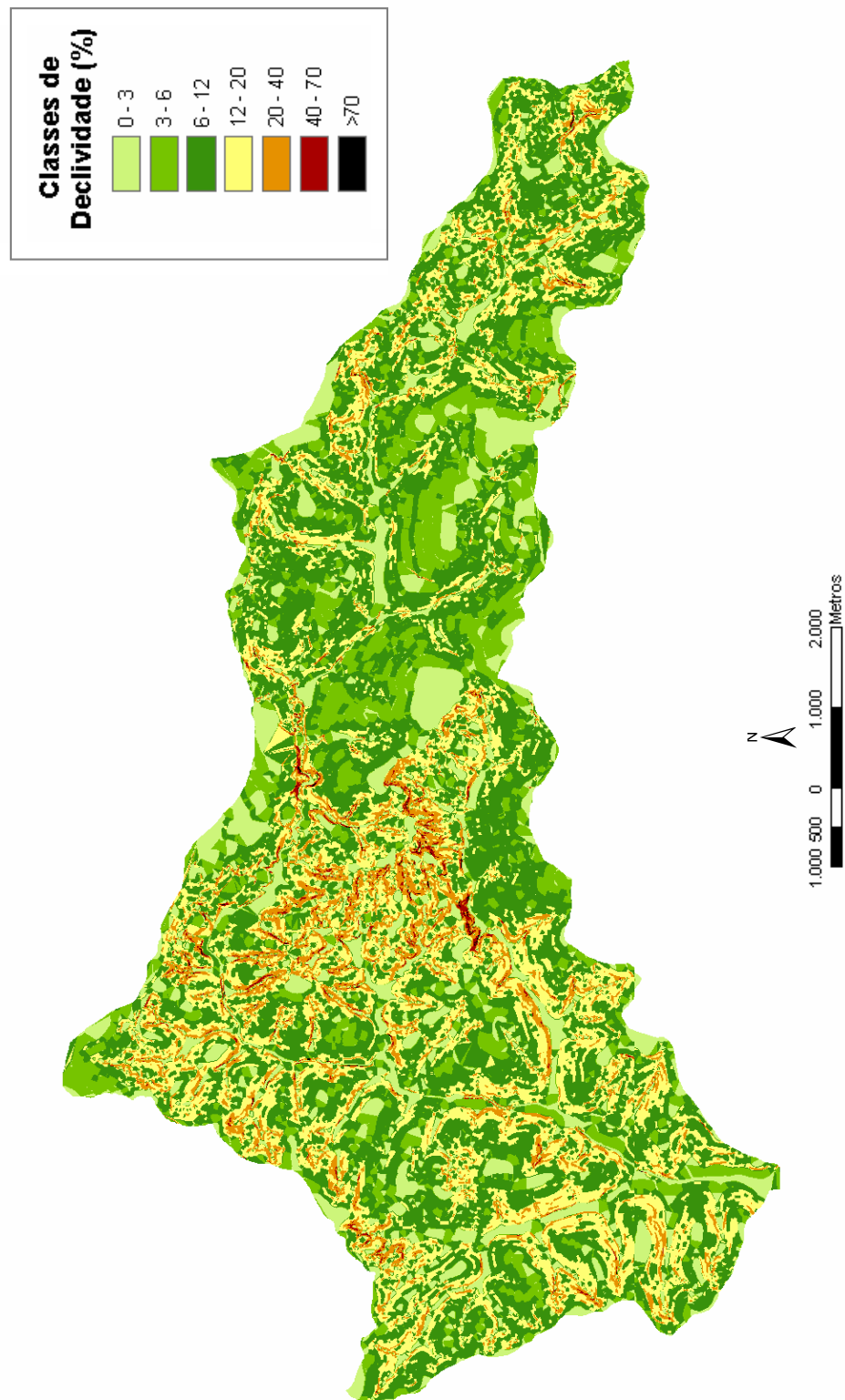


Figura 5.7: Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

Tabela 5.2: Distribuição das classes de declividade na bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

Classe de Declividade (%)	Área (km ²)	Área (%)
0-3	15,05	23,53
3-6	19,08	29,82
6-12	23,16	36,21
12-20	5,21	8,15
20-40	1,38	2,16
40-70	0,07	0,12
>70	<0,01	<0,01

Em relação à geologia (Figura 5.8), são identificadas 4 unidades, de acordo com Silva (2000, citando Macari, 1996 e Bachion, 1997):

- *biotita-gnaisses*: rochas do Embasamento Cristalino, originárias do Proterozóico Médio, de cor cinza, médio a escuro, inequigranular (médios a grosseiros), com ocorrência de ocelos de feldspato potássico e laminações. Sua distribuição se restringe a uma pequena área na região nordeste da bacia;

- *ritmitos*: rochas do Subgrupo Itararé, datadas do Carbonífero-Permiano, compostos principalmente por siltitos, arenitos muito finos e siltitos argilosos em camadas alternadas, maciço, em muitos casos com intenso grau de empastilhamento, muitas vezes com presença de nódulos de pirita. Os ritmitos se concentram em uma grande mancha na área central da bacia.

- *arenitos*: rochas do Subgrupo Itararé, oriundas do Carbonífero-Permiano, representadas por arenitos finos, médios e grosseiros, de cores amarelada, amarronzada, avermelhada e esbranquiçada, maciços e com estrutura sedimentar plano-paralela e cruzada de pequeno e médio porte, com ou sem presença de minerais micáceos e feldspato. Têm ampla distribuição pela bacia, desde o alto até o baixo curso.

- *diabásios e basaltos*: rochas básicas, originárias de magmatismos do Jurássico, de cor acinzentada e maciças. Ocorrem numa pequena porção no centro-norte da bacia.

Os tipos de solo²⁴ que ocorrem na bacia do Piçarrão (Figura 5.9) são:

- *LRd*: Latossolo Roxo distrófico, com horizonte A moderado (Unidade Barão Geraldo);
- *LV-4*: Latossolo Vermelho-Amarelo álico, com horizonte A moderado, textura média (Unidade Bela Aliança);
- *PV-I*: Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto, com horizonte A moderado espesso, textura arenosa/média (Unidade Alva);

²⁴ Foram mantidas as denominações e siglas originalmente usadas por Oliveira & Prado (1979).

- *PV-2*: Podzólico Vermelho-Amarelo, com horizonte A moderado ou proeminente, textura arenosa/média (Unidade Usina);
- *Cb*: Cambissolo, com horizonte A moderado, distrófico, textura média (Unidade Palha);
- *RQ*: Solos areno quartzosos profundos, distróficos (Unidade Panorama); e
- *RL*: Solos litólicos.

O solo predominante na bacia é o latossolo vermelho-amarelo (LV-4), que ocorre tanto isoladamente como em associação com outros tipos de solo. O latossolo roxo se restringe a uma pequena porção na região centro-norte da bacia, coincidindo com os locais onde há ocorrência de basalto/diabásio. Os argissolos se distribuem em uma faixa de sentido norte-sul entre o médio e baixo curso da bacia. O tipo PV-1 se apresenta isoladamente na porção final da bacia, enquanto o PV-2 ocorre associado ao LV-4, em uma área mais ao norte.

Cambissolos e solos litólicos têm ocorrência associada e suas distribuições espaciais coincidem com a região da bacia de relevo bastante dissecado e onde há presença de ritmitos. Já as areias quartzosas se encontram associadas ao latossolo vermelho-amarelo, distribuindo-se em duas regiões do baixo curso da bacia.

As inter-relações de todos estes atributos físico-naturais nas diferentes regiões da bacia condicionam a existência de distintos comportamentos morfodinâmicos, os quais variam dentro de um *continuum* de estabilidade-instabilidade relativas. Conforme aponta Ross (2003), a intensidade de dissecação do relevo se constitui como o primeiro fator que indica a fragilidade²⁵ potencial do subsistema físico-natural, assim como as características lito-pedológicas (especialmente em relação à erodibilidade) também têm grande influência no grau de estabilidade natural do terreno.

Na bacia do Piçarrão, as regiões de maior estabilidade morfodinâmica relativa se concentram no alto curso, nos topos de morros ou colinas e vertentes com declividades inferiores a 12% e que apresentam relevo pouco entalhado, densidades hidrográfica e de drenagem baixas, ocorrendo em áreas com arenitos. A este tipo de relevo, o qual favorece o processo de pedogênese, associa-se o latossolo vermelho-amarelo, cujas características naturais também proporcionam menor fragilidade ao subsistema físico-natural (embora o intenso processo de urbanização/impermeabilização nesta área da bacia provoque alterações em tais características e no próprio perfil do solo).

²⁵ Fragilidade está relacionada à sensibilidade do subsistema físico-natural às perturbações. Sistemas de maior fragilidade são aqueles com menor limiar de sensibilidade e, portanto, mais sujeitos a sair de um estado estável quando sofrem perturbações.

As regiões de maior instabilidade, por sua vez, ocorrem sob dois tipos de associação. A primeira delas, distribuídas na porção central da bacia, está ligada a um relevo bastante dissecado, com vertentes onde são freqüentes declividades superiores a 20% e que apresentam elevadas densidades hidrográfica e de drenagem. Tais características favorecem a morfogênese em detrimento à pedogênese, o que explica os solos rasos – cambissolo e litólico – que são encontrados nesta região associados aos ritmitos. Características geomorfológicas similares a esta são encontradas em duas faixas da borda oeste da bacia, embora associadas com outra geologia (arenitos) e solos distintos (PV-2+LV-4 e RQ+LV-4).

A outra associação que gera alta instabilidade morfodinâmica ocorre no trecho final da bacia, nas planícies de inundação do córrego do Piçarrão e de seus dois principais afluentes (córregos do Banhado e Bela Aliança). A fragilidade natural desta região decorre justamente da dinâmica hidrológica, que torna o relevo plano da área – com declividades entre 0 e 3% - sujeito às enchentes. Conforme aponta estudo realizado pela Prefeitura Municipal de Campinas, “os canais fluviais são erosivos encaixados de 2 a 5 m nas planícies de inundação, provocando, durante as enchentes, erosão vertical e lateral do canal, que causam solapamento das margens e a deposição de areia, silte e argila no leito do canal. (...) São áreas desfavoráveis a ocupação devido ao risco de enchentes, ao desmoronamento das margens, à dificuldade de drenagem e escoamento das águas, à possibilidade de recalque em fundações e redes subterrâneas, à deformação de sub-leito de vias e ao risco de contaminação do aquífero freático.” (PMC, 1996 – p.19-20). Apesar disso, o processo de urbanização ocorrido na bacia levou à ocupação destas áreas. Embora com distribuição mais restrita, no alto e médio cursos da bacia existem algumas áreas com características geomorfológicas semelhantes a estas (que em alguns trechos sofreram canalização e/ou retificação), que condicionam a ocorrência de eventos de inundação e que encontram-se bastante urbanizadas.

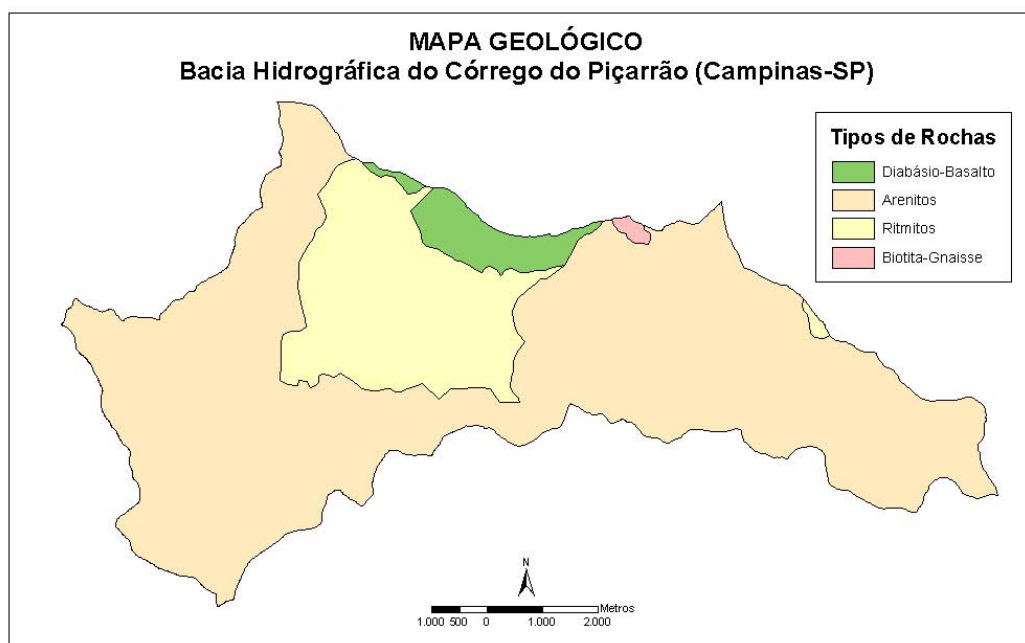


Figura 5.8: Mapa geológico da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão.
Fonte: Silva, 2000.

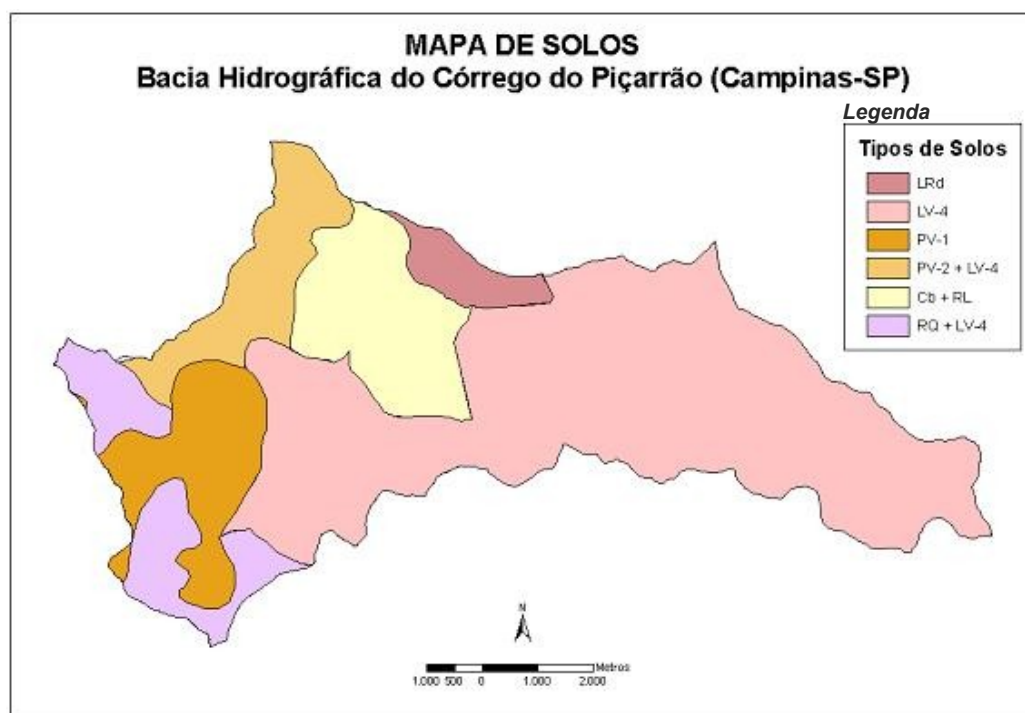


Figura 5.9: Mapa pedológico da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão.
Fonte: Oliveira & Prado, 1979.

SUBSISTEMA SOCIOECONÔMICO:

O mosaico de fotografias aéreas e o mapa de uso e ocupação das terras (Figuras 5.10 e 5.11) mostram que o alto curso da bacia do Piçarrão é uma área de intensa urbanização, caracterizada predominantemente pelo uso residencial. O mapa de setores censitários abrangidos pela bacia do Piçarrão (Figura 5.12) também fornece informações a respeito da intensidade de ocupação urbana, já que a extensão areal de um setor censitário é influenciada pela densidade de domicílios (uma vez que cada setor censitário é composto geralmente por 200 a 300 domicílios).

Nesta área densamente urbanizada, o processo de verticalização não é tão intenso como o observado em outros locais bastante urbanizados do município de Campinas, já que prepondera a presença de casas. Via de regra, os edifícios se concentram nos mesmos quarteirões ou em quarteirões vizinhos. Embora sejam mais freqüentes residências de médio e alto padrão, são encontrados bairros com população de renda mais baixa, incluindo algumas favelas e conjuntos habitacionais. Indústrias e grandes galpões comerciais se distribuem principalmente no entorno das rodovias (Anhanguera e Santos Dumont) e grandes avenidas (Prestes Maia, Amoreiras, Lix da Cunha e John Boyd Dunlop). A presença de áreas verdes e livres é irrisória se comparada aos outros tipos de uso que ocorrem na região.

Em grande parte desta área de urbanização intensa, o Córrego do Piçarrão foi retificado e se encontra canalizado, medidas adotadas para se tentar evitar as enchentes que historicamente ocorrem na região (Serra, 2002). Contudo, tais intervenções não solucionaram o problema pois, além de se basearem em um modelo de drenagem urbana atualmente considerado equivocado (Tucci, 2003), a ausência de mata ciliar e a excessiva impermeabilização nas margens do córrego (inclusive pela presença de uma avenida marginal) favorecem a ocorrência de inundações. O esgoto doméstico gerado na maioria dos bairros localizados nesta região é encaminhado à Estação de Tratamento de Esgoto do Piçarrão, inaugurada em 2004.

Esta área de adensamento urbano está inserida, conforme a divisão feita pelo Plano Diretor de Campinas, na Macrozona 4 (Figura 5.13). Tal macrozona, denominada “Área de Urbanização Consolidada”, é caracterizada por ser uma “área urbana por excelência, onde se faz necessária a otimização e racionalização da infra-estrutura existente, através do controle do adensamento e do incentivo à mescla de atividades, à consolidação de subcentros e à implantação de atividades geradoras de emprego fora da área central.” (PMC, 1995). As Áreas de Planejamento (APs) desta macrozona inseridas na bacia do Piçarrão são: 16 (Jd. Eulina/Chapadão/Vl. Nova), 18 (Jd. Garcia/Campos Elíseos/Sta. Lúcia/Maria Rosa), 19 (Jd. Aurélia), 20 (Vl. Teixeira/Pq. Itália/Vl. Industrial/S. Bernardo), 23 (Vl. Pompéia/Jd. do Lago) e 24 (Proença/Ponte Preta/Nova Europa/Swift/São Fernando) (Figura 5.13).

MOSAICO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS
Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP)
Escala aproximada 1:5.000

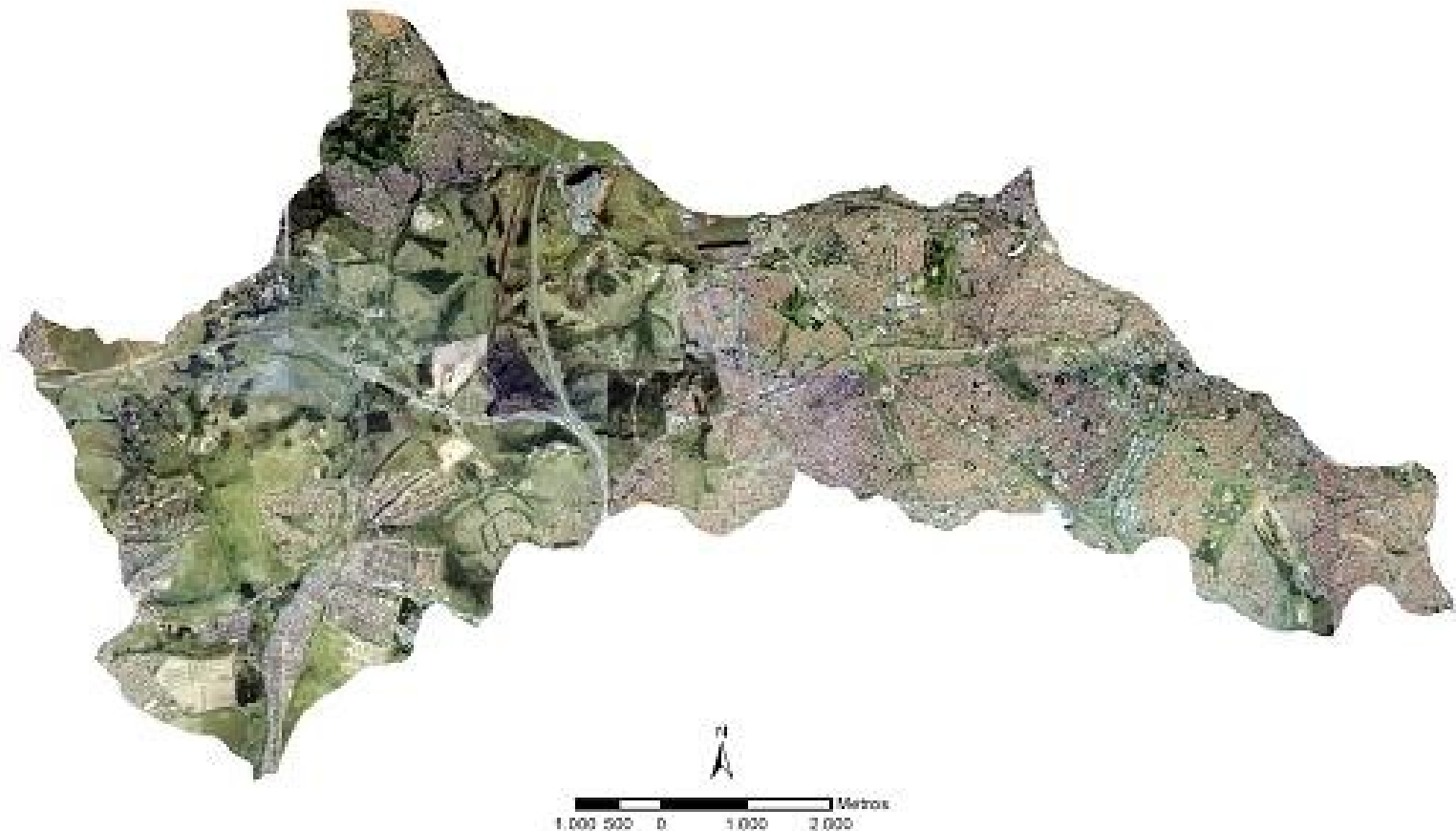


Figura 5.10: Mosaico de fotografias aéreas da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão. Escala aproximada: 1:5.000

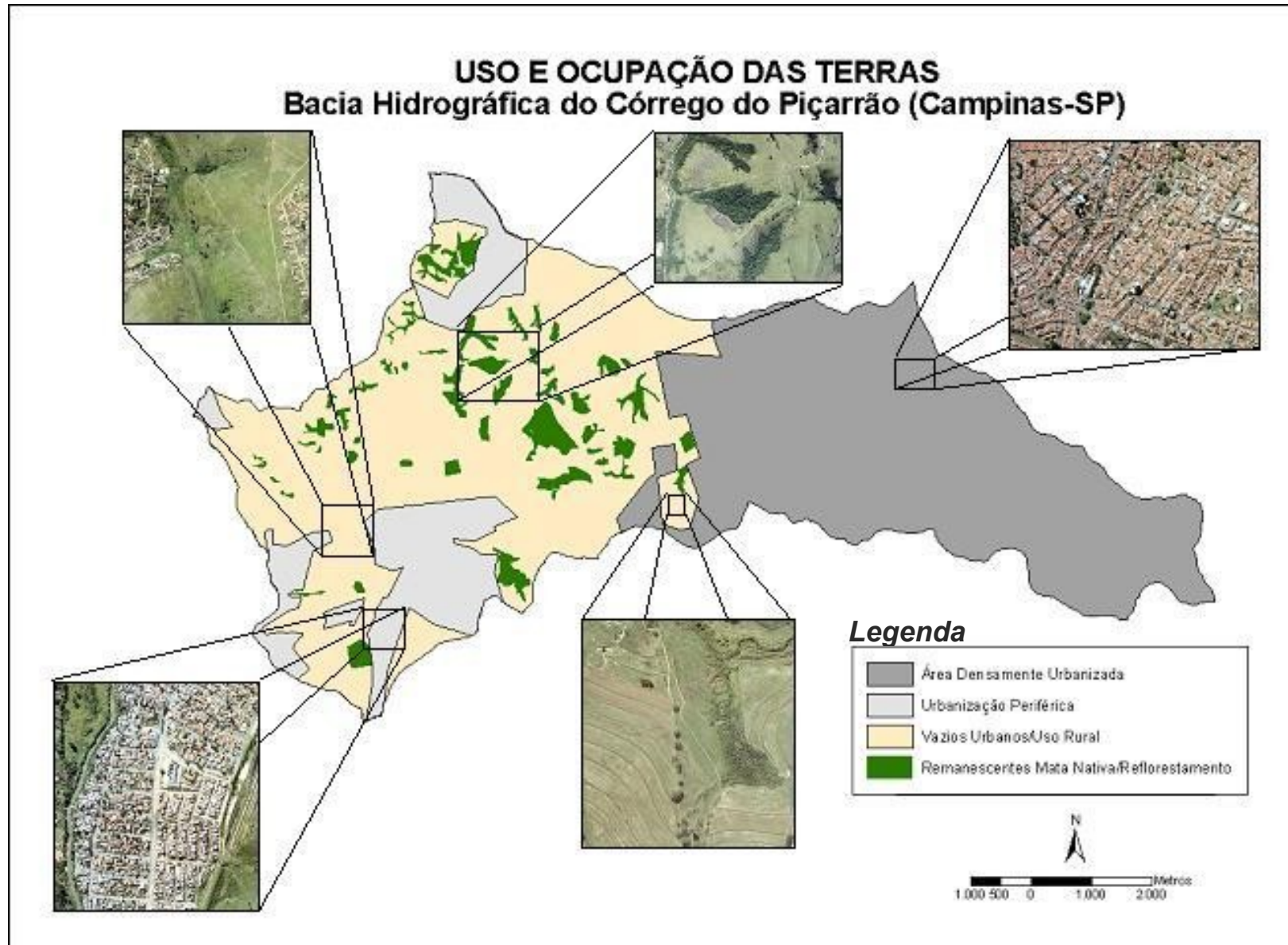


Figura 5.11: Mapa de uso e ocupação das terras da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

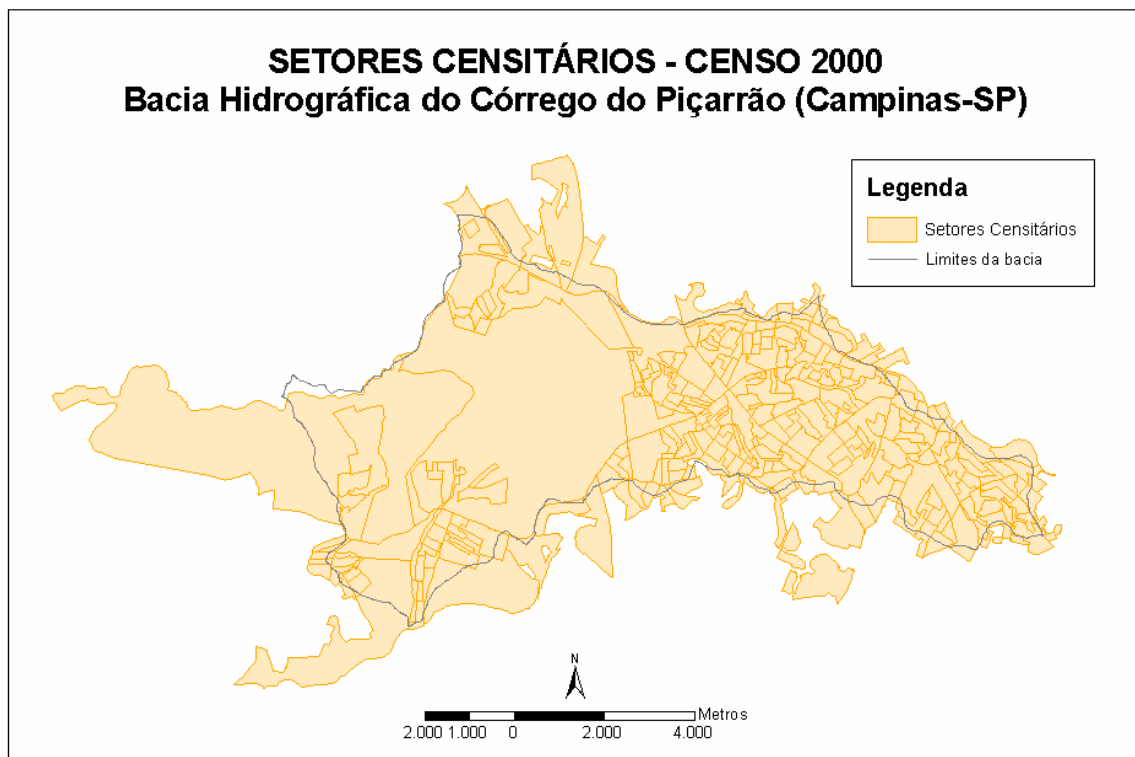


Figura 5.12: Setores censitários do Censo de 2000 abrangidos pela bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão. Fonte: IBGE, 2002.

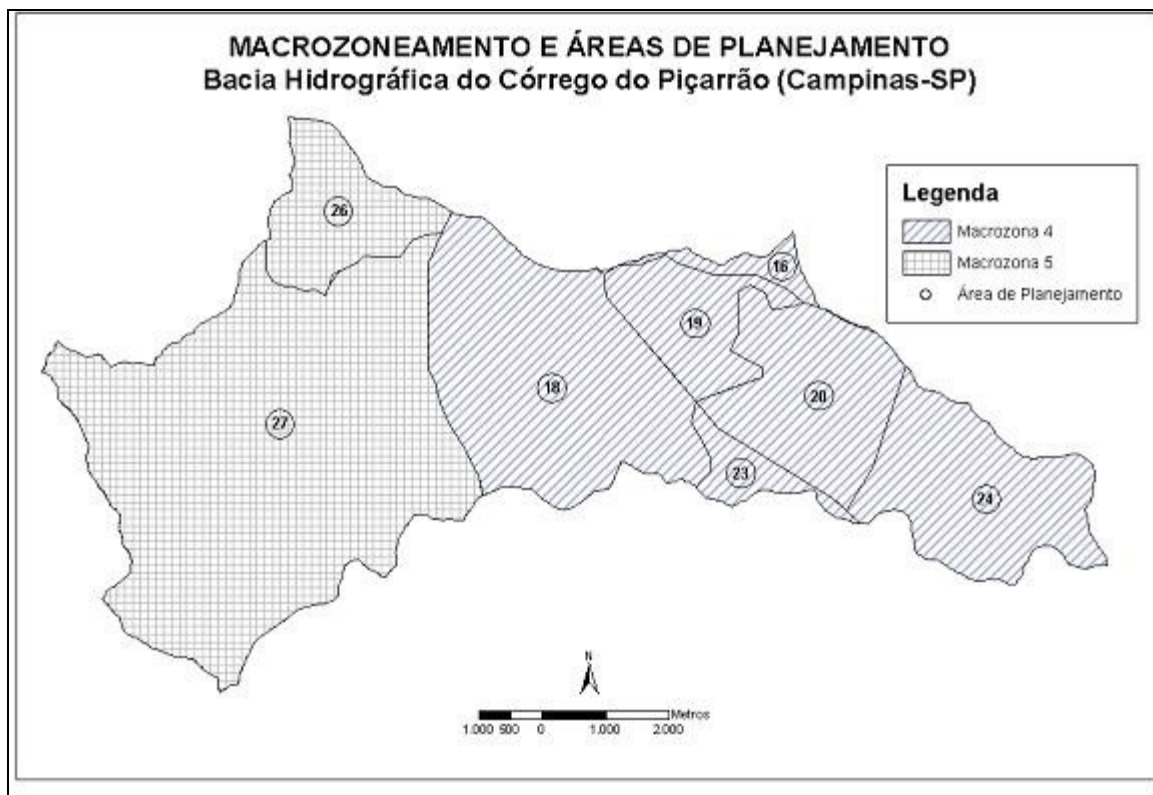


Figura 5.13: Macrozonas e Áreas de Planejamento do Plano Diretor de Campinas abrangidas pela bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão. Fonte: PMC, 1995.

O processo de ocupação urbana nesta área da bacia teve início no final do século XIX e começo do século XX, impulsionado pelas indústrias que surgiam principalmente ao longo das ferrovias e córregos. Os trabalhadores destas fábricas, evitando a região central da cidade que passa a ser muito valorizada e em busca de terrenos e aluguéis mais baratos e próximos ao local de trabalho, dão origem às vilas-operárias (p.ex.: Vila Industrial) que marcaram a urbanização inicial da bacia do Piçarrão (Ribeiro, 2002 *apud* Serra, 2002). Este processo contribuiu para que a atividade minerária (extração de areia e argila) que era realizada nas proximidades do bairro São Bernardo e da Vila Industrial fosse abandonada e, a partir dos anos de 1920-30, passa-se a ser feita no baixo curso do Piçarrão e no vale do Capivari (PMC, 1996). A atividade de mineração nestes locais é ampliada a partir das décadas de 1930-40, decorrente do crescimento da construção civil em função da intensificação do processo de urbanização entre os anos 30 e 40.

Na década de 1950, tem início um novo modelo de urbanização em Campinas. A cidade, cujo crescimento contínuo se estendia somente até então ao Parque Industrial e Jardim Pompéia²⁶, passa a contar com inúmeros loteamentos afastados da área urbana consolidada, processo que ocorre de modo tão acelerado que, “nos seis primeiros anos da década de 50, Campinas cresceu em área loteada o equivalente a 75% da cidade existente” (PMC, 1996 – p.35). Tal fenômeno – que se prolonga até meados da década de 1960 – é responsável pela formação da chamada “primeira periferia” de Campinas (Fernandes & Oliveira, 2001 *apud* Serra, 2002). Em relação à bacia do Piçarrão, os novos loteamentos vão ocupar tanto áreas do alto curso que ainda não haviam sido urbanizadas, como também se espalham pelo médio e baixo curso.

Este processo de periferação é impulsionado principalmente pela instalação de indústrias ao longo da recém-aberta rodovia Anhangüera (inaugurada em 1948), as quais trazem desenvolvimento econômico à cidade e atraem imigrantes em busca de trabalho. Estradas municipais transformadas em vias radiais-arteriais e novas avenidas que são abertas também se tornam vetores para expansão dos loteamentos, sejam para fins industriais ou habitacionais (PMC, 1996). Um exemplo bastante ilustrativo disso é a instalação da indústria de pneus Dunlop (atual Pirelli), situada no divisor de águas do Piçarrão e Capivari: “o interesse pela indústria levou a Prefeitura a abrir uma avenida sob a Rodovia Anhangüera e a construir ponte sobre o Piçarrão em 1953. (...) Com a nova Avenida John Boyd Dunlop sendo aberta, dezenas de loteamentos foram lançados na região.” (PMC, 1996 – p.36).

Como é típico no processo de urbanização das grandes cidades brasileiras, a periferação de Campinas foi acompanhada de especulação imobiliária: os loteamentos são feitos afastados da malha urbana, valorizando as terras vazias situadas entre eles e a região central (Hogan *et al.*,

²⁶ Inseridos, respectivamente, nas APs 20 e 23 (conferir Figura 5.13).

2001). Mesmo com a intensa imigração de trabalhadores para o município, o número de lotes oferecidos estava muito acima daquilo que realmente era necessário para abrigá-los. Os loteadores se beneficiavam dos altos ganhos que a venda de lotes representava, já que não instalavam praticamente nenhuma infra-estrutura e, ainda assim, os valores do loteamento eram de 5 a 10 vezes maiores do que os valores originais das glebas brutas (PMC, 1996). O poder público local contribuiu para atender a estes interesses privados, facilitando a aprovação e regularização dos loteamentos.

Grande parte dos compradores, por sua vez, adquiria os lotes como investimento, na expectativa de uma valorização futura das terras que à época eram relativamente baratas e podiam ser financiadas a longo prazo. Por conta deste comportamento, parcela considerável dos lotes está desocupada até hoje. Já “os compradores que realmente precisavam construir logo sua moradia são a minoria e enfrentam todo o tipo de dificuldades, desde a infra-estrutura inexistente, à precariedade das ruas, falta de transporte regular, falta de equipamentos públicos, comércio e serviços de qualquer tipo” (PMC, 1996 – p.35), situação que pouco mudou em relação ao que se observa atualmente.

A desaceleração do processo de parcelamento do solo que ocorre no início da década de 1960 é rapidamente superada e, a partir de 1964 até 1980, configura-se a formação da chamada “segunda periferia” em Campinas (Fernandes & Oliveira, 2001 *apud* Serra, 2002), acompanhada da metropolização da região. A mescla de conjuntos habitacionais planejados, loteamentos clandestinos e irregulares, e favelas situadas principalmente em áreas públicas caracteriza essa segunda etapa de periferização do município. Além disso, diferente do que ocorreu na formação da primeira periferia, predomina a aquisição de lotes para construção imediata de casas (PMC, 1996). A grande propulsora desta nova fase de urbanização, ainda mais intensa que a primeira, foi a política governamental de criação de pólos de desenvolvimento econômico no interior do estado, a fim de desconcentrar as atividades econômicas da região metropolitana de São Paulo (Hogan *et al.*, 2001). Campinas, que já possuía um parque industrial de considerável importância, com essa política tornou-se a principal região industrial do interior paulista, e isso atraiu contingente ainda maior de imigrantes para a região.

A região sudoeste da cidade (que engloba o baixo curso da bacia do Piçarrão) continuou sendo o principal destino da população de baixa renda, principalmente porque aí foram instalados os distritos industriais (DICs) e o aeroporto de Viracopos (Baeninger, 1996), bem como foi onde concentraram os conjuntos habitacionais construídos pela Cohab e loteamentos e conjuntos habitacionais populares de iniciativa privada (Cunha & Oliveira, 2001). As rodovias e grandes avenidas permaneceram como vetores da expansão urbana. Embora com menor intensidade na

região sudoeste, outras áreas do município de Campinas apresentaram formação de segunda periferia, incluindo a região do Parque Santa Bárbara, situada na porção noroeste da bacia do Piçarrão.

A partir da década de 1980, ocorre uma expansão das periferias para além dos limites de Campinas, atingindo seus municípios vizinhos (Cunha & Oliveira, 2001) e consolidando a configuração de uma região metropolitana. No município de Campinas, verifica-se como principais agentes do crescimento urbano: a) a continuidade da construção de grandes conjuntos habitacionais populares (processo iniciado em meados da década de 1960 e que se estende até o começo dos anos 90); b) a formação de favelas em áreas predominantemente públicas (também ocorrida desde o final dos anos 60 e que perdura até meados da década de 90); e c) ocupação de terras organizadas por movimentos populares (“sem-teto”), principalmente em áreas públicas dos loteamentos da periferia (Fernandes & Oliveira, 2001 *apud* Serra, 2002; PMC, 1996).

Assim, esse processo de periferização ocorrido desde a década de 1950, caracterizado pela especulação imobiliária e por um misto de omissão do poder público e de seu uso político para atender a interesses privados, gerou uma segregação socioespacial que é bastante evidente na bacia do Piçarrão e que, como será mostrado adiante (item 5.2), explica em grande parte as situações relativas à qualidade ambiental nela encontradas. Tal segregação socioespacial é evidenciada pela distribuição espacial de outros dois tipos de uso presentes atualmente na bacia: a urbanização periférica e áreas de vazio urbano e de uso rural (Figuras 5.10 e 5.11).

As áreas de urbanização periférica coincidem justamente com as regiões onde as formações da primeira e, especialmente, da segunda periferia foram mais intensas na bacia, espalhando-se pelo médio e baixo curso. Sendo assim, são caracterizadas pela presença predominante de conjuntos habitacionais para população de baixa renda, loteamentos populares, favelas e ocupações em áreas públicas e particulares, compondo em grande parte a chamada “cidade ilegal²⁷”. Estes tipos de habitação distribuem-se de maneira esparsa no médio e baixo curso da bacia, com grandes vazios urbanos separando-os do tecido urbano. Este tipo de uso abrange as áreas de planejamento 26 (Aparecidinha/Santa Bárbara) e 27 (Campo Grande/Florence), pertencentes à macrozona 5 (Área de Recuperação Urbana) (Figura 5.13). Segundo definição do Plano Diretor de Campinas, esta macrozona é uma “área ambientalmente degradada, com carência de infra-estrutura, equipamentos urbanos e atividades terciárias, necessitando de investimentos para sua recuperação.” (PMC, 1996).

²⁷ Resultante “(...) de forma de grilagem e de loteamentos feitos por empresas imobiliárias que atuam na clandestinidade (...) ou então de ocupações de terrenos públicos e privados por pessoas impelidas pela necessidade de um lugar para morar.” (Scarlato, 2003). Por conta disso, os moradores não possuem o título legal da propriedade onde residem e a implantação de infra-estrutura pelo poder público é impedida ou dificultada por motivos jurídicos.

As áreas de vazios urbanos e de uso rural ocupam uma grande região no médio e baixo curso da bacia (Figuras 5.10 e 5.11). Nesta região, mesclam-se propriedades com diferentes finalidades: chácaras de lazer, granjas, plantações, pastagens, loteamentos ainda não ocupados, cerâmicas e mineradora de basalto. Também nesta área se concentram as mais recentes intervenções de médio e grande portes que ocorreram na bacia, tais como: Estação de Tratamento de Esgoto do Piçarrão, Aterro Santa Bárbara (desativado), Aterro Sanitário Delta (em funcionamento), prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes, duplicação da Avenida John Boyd Dunlop, expansão do corredor ferroviário de exportação da Ferroban e gasoduto Brasil-Bolívia, além de algumas grandes áreas terraplanadas para instalação de loteamentos.

Encravados nestas áreas de vazios urbanos e uso rural, existem pontos restritos com áreas de reflorestamento de eucalipto e algumas manchas isoladas de fragmentos com remanescentes de matas nativas (Figuras 5.10 e 5.11). As atividades agropecuárias e de mineração que antecederam a ocupação urbana no médio e baixo curso do Piçarrão foram as grandes responsáveis pela quase completa destruição da vegetação original²⁸ da região (praticamente eliminada já na década de 1950) e, conseqüentemente, pelo desenvolvimento de processos erosivos (PMC, 1996). Desta forma, “o processo de urbanização, que se intensificou principalmente na década de 70, encontrou uma região já completamente descaracterizada do meio biótico. Assim, apesar de não ser responsável pela destruição do ecossistema, *o processo de urbanização acelerou a degradação da região*, principalmente devido ao desencadeamento de processos erosivos e a contaminação generalizada dos recursos hídricos, através do lançamento de esgotos. (...) Na década de 70 também se iniciaram os problemas de invasões de áreas públicas, principalmente nas áreas de preservação dos cursos d’água (...), passando a contribuir com a supressão dos pequenos fragmentos de matas ciliares ainda existentes nos cursos d’água da região, *favorecendo o solapamento das margens e colocando tal população na condição de risco de desabamentos e contaminação por despejo clandestino de esgotos e lixo doméstico.*” (PMC, 1996 – p. 24-5; grifos meus).

Os remanescentes de mata nativa que resistiram a essa sucessão de eventos se encontram distribuídos principalmente nas nascentes e em alguns pequenos trechos das margens dos cursos d’água maiores. A preservação destes fragmentos é de grande importância, especialmente porque muitos deles se situam em áreas de comportamento morfodinâmico potencialmente instável. No entanto, eles têm sofrido atualmente com a intensificação do processo de fragmentação provocado por algumas das intervenções citadas anteriormente. Exemplo disso são a Rodovia dos

²⁸ Os tipos de vegetação que recobriam originalmente a área da bacia do Piçarrão eram Mata Mesófila Semidecídua e Cerrados (PMC, 1996).

Bandeirantes e o corredor de exportação da Ferroban, que em determinados trechos foram construídos cortando os remanescentes existentes. Além disso, nestes mesmos trechos, ao invés de atravessarem os divisores das sub-bacias, tais obras foram feitas em cotas de altitude menores. Isto causou não só um provável aumento nos custos das obras (devido à necessidade de maiores intervenções de engenharia), como provocou cortes e alterações na rede de drenagem (como mostra Silva, 2000) e, conseqüentemente, modificações nos processos morfodinâmicos.

5.2) Caracterização das unidades presentes na bacia e avaliação de suas qualidades ambientais:

Foram definidas 9 unidades ambientais na bacia do Piçarrão (Figura 5.14). As unidades com mesmo número apresentam características geomorfológicas semelhantes. Tais características, bem como outras ligadas aos subsistemas físico-natural e socioeconômico são descritas nas Tabelas 5.3 e 5.4.

Os valores dos indicadores e índices de qualidade ambiental para cada unidade são apresentados na Tabela 5.5. Pelo fato de grande parte dos indicadores utilizados na pesquisa derivarem de dados referentes à população e suas condições de moradia e como as unidades 3C e 3D não são ocupadas por qualquer uso urbano – registra-se apenas a presença de fazendas e chácaras de lazer) –, estas foram agrupadas com a unidade 2C (a única a fazer divisa com elas) e, assim, avaliou-se a qualidade ambiental das três unidades conjuntamente.

UNIDADES AMBIENTAIS

Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP)

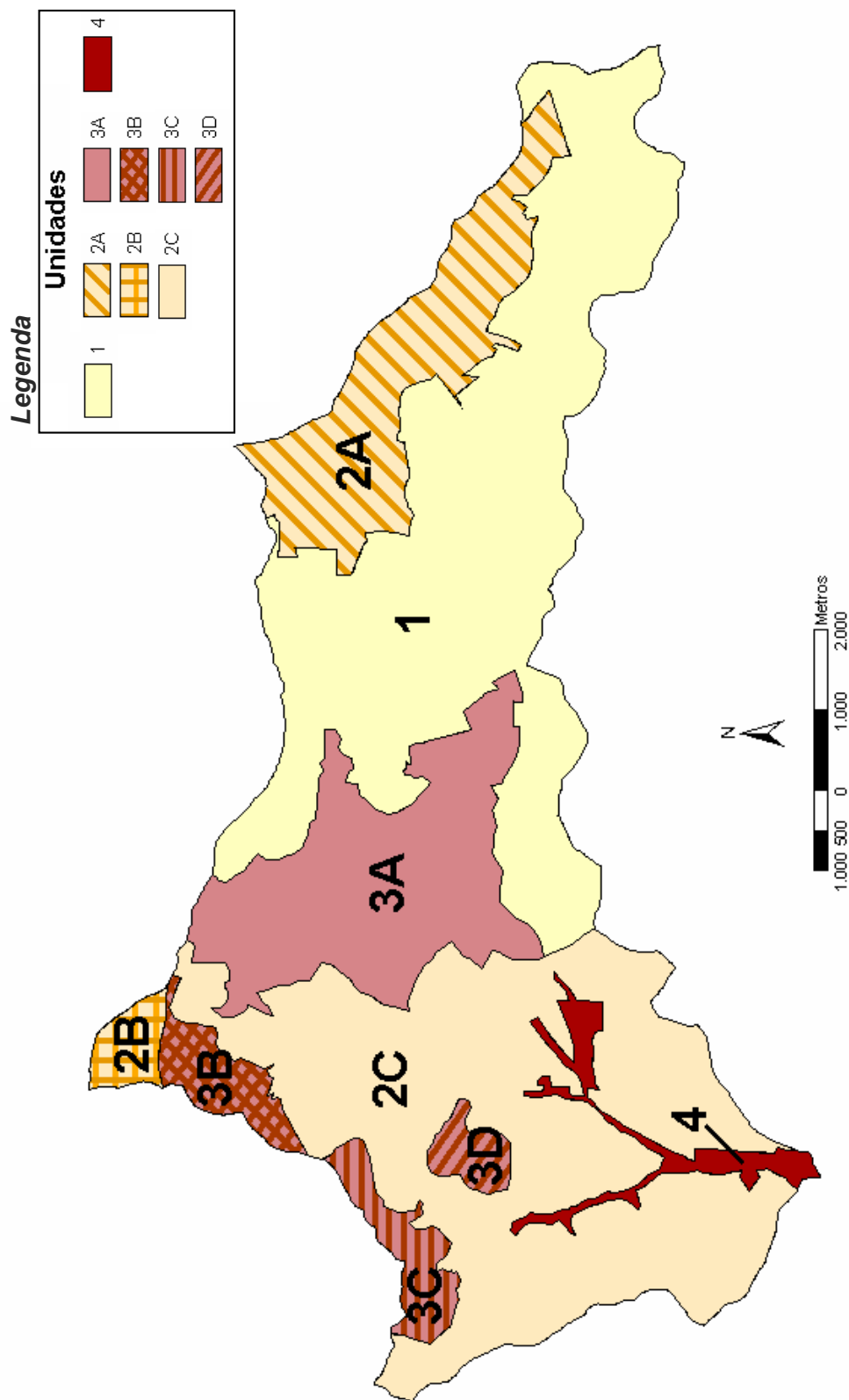


Figura 5.14: Unidades ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

Tabela 5.3: Unidades ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão – caracterização do subsistema físico-natural

<i>Unidade</i>		1	2A	2B	2C	3A	3B	3C	3D	4
<i>Característica</i>										
Área	km²	22,6	6,6	0,8	22,0	9,0	1,39	1,44	0,7	1,42
	%	34,24	10,00	1,25	33,27	13,69	2,11	2,18	1,11	2,15
Localização		alto e médio cursos	alto curso	médio curso	médio e baixo cursos	médio curso	médio curso	baixo curso	baixo curso	baixo curso
Classes de Declividade predominante		3-6%: 38% 0-3%: 30% 6-12%: 28%	6-12%: 40% 3-6%: 31% 0-3%: 23%	0-3%: 40% 3-6%: 39% 6-12%: 17%	6-12%: 44% 3-6%: 30% 0-3%: 17%	6-12%: 36% 0-3%: 21% 12-20%: 20%	6-12%: 50% 0-3%: 17% 12-20%: 15%	6-12%: 43% 0-3%: 20% 12-20%: 16%	6-12%: 48% 0-3%: 23% 3-6%: 20%	0-3%: 53% 6-12%: 24% 3-6%: 13%
Classes Hipsométricas predominante		650-675m: 31% 625-650m: 23%	675-700m: 37% 650-675m: 33%	625-650m: 65% 650-675m: 30%	600-625m: 42% 575-600m: 37%	600-625m: 43% 625-650m: 32%	600-625m: 51% 625-650m: 41%	600-625m: 47% 625-650m: 40%	600-625m: 60% 575-600m: 37%	555-575m: 78% 575-600m: 16%
Solo		LV-4 predomina; LRd na porção noroeste	LV-4	PV-2+LV-4	PV-1, PV-2+LV-4, Cb+RL, LV-4 e RQ+LV-4	Cb+RL predomina; duas manchas de LV-4 ao sul e uma de LRd ao norte	PV-2+LV-4	PV-2+LV-4 e RQ+LV-4	PV-1	PV-1 e LV-4
Geologia		predomínio de arenitos; diabásio/basalto na porção noroeste; biotita/gnaiss no centro-norte	arenitos; pequena mancha de biotita/gnaiss; pequena mancha de ritmitos	arenitos	predomínio de arenitos; ritmitos na porção nordeste	predomínio de ritmitos; duas manchas de arenitos ao sul e uma de diabásio/basalto ao norte	arenitos	arenitos	arenitos	arenitos

Tabela 5.4: Unidades ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão – caracterização do subsistema socioeconômico

Unidade		1	2A	2B	2C	3A	3B	3C	3D	4
Característica										
Uso e ocupação		área densamente urbanizada predomina; vazios urbanos/uso rural a noroeste e sudoeste	área densamente urbanizada	urbanização periférica	vazios urbanos/uso rural predominam; manchas de urbanização periférica e remanescentes de mata	vazios urbanos/uso rural predominam; manchas de remanescentes de mata e de urbanização densa e periférica	remanescentes de mata predominam; mancha de urbanização periférica e de uso rural	vazios urbanos/uso rural predominam; manchas de remanescentes de mata	vazios urbanos/uso rural predominam; mancha de remanescente de mata	urbanização periférica; manchas de vazios urbanos/uso rural
População (hab)*		124.439	34.189	2.298	33.204	7.395	1.540	0	0	7.768
Renda (%)**	0 a 2 Sal.Mín.	20,3 (20,3±10,7)	16,6 (16,3±6,8)	45,0 (37,6±12,0)	33,1 (33,0±10,9)	28,5 (28,0±16,7)	26,2 (26,3±1,5)	-	-	47,0 (47,2±7,0)
	>10 Sal.Mín.	23,7 (24,0±16,7)	29,7 (30,0±13,7)	2,6 (12,5±21,4)	3,9 (3,8±3,1)	12,8 (12,6±11,5)	4,6 (4,8±2,0)	-	-	0,8 (0,9±0,8)
Escolaridade (%)***	Não-alfabetizados	5,2 (5,2±2,8)	3,7 (3,5±1,4)	10,7 (13,3±5,4)	11,3 (11,3±3,7)	9,0 (8,4±6,0)	6,7 (6,8±0,9)	-	-	15,5 (15,0±4,5)
	Freqüentaram curso superior	18,0 (18,1±13,4)	25,1 (25,4±11,8)	1,8 (4,0±5,0)	2,4 (2,2±2,3)	9,2 (9,2±9,1)	2,4 (2,4±0,2)	-	-	0,7 (0,7±0,4)
Idade (%)****	<15 anos	21,3 (21,4±4,5)	18,5 (18,3±3,7)	35,3 (35,4±5,1)	31,8 (31,2±4,7)	28,9 (29,0±6,7)	27,9 (27,8±0,8)	-	-	37,7 (37,4±3,2)
	>60 anos	12,6 (12,5±5,2)	18,8 (19,6±12,0)	2,5 (4,0±3,3)	5,1 (5,1±1,6)	5,6 (5,3±1,3)	6,6 (6,8±2,9)	-	-	3,7 (3,7±0,9)
Macrozona(s) e Área(s) de Planejamento abrangidas		maior parte na MZ-4 (APs 16, 18, 19, 20, 23 e 24); MZ-5 (AP 27) na porção sudoeste	MZ-4 (APs 16, 19, 20 e 24)	MZ-5 (AP 26)	MZ-5 (AP 26 e 27)	MZ-4 (APs 18); MZ-5 (AP 26 e 27)	MZ-5 (AP 26 e 27)	MZ-5 (AP 27)	MZ-5 (AP 27)	MZ-5 (AP 27)
Administração(ões) Regional(is) abrangidas		5, 6, 7, 8, 9 e 11	4, 6, 8, 9 e 11	11	5, 11 e 13	5, 7 e 11	5 e 11	5	5	13

(continua)

Tabela 5.4 (continuação): Unidades ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão – caracterização do subsistema socioeconômico

Unidade	1	2A	2B	2C	3A	3B	3C	3D	4
Característica									
Principais Bairros abrangidos	VI. Marieta, Jd. das Oliveiras, Jd. N. Europa, Jd. do Trevo, Jd. do Lago, São Bernardo, Pq. Industrial, Cidade Jardim, Jd. Aurélia, Campos Eliseos, Jd. Paulicéia, VI. C. Branco, Jd. Garcia, VI. Pe. Manoel da Nóbrega, Jd. Londres, Ipaussurama	Ponte Preta, VI. São Jorge, VI. Industrial	Nucl. Res. Shallon, Nucl. Res. VI. Lunardi, Jd. Regina	Pq. Sta. Bárbara, Pq. S. Jorge, Pq. Fazendinha, Ch. Sta. Fê, Jd. Monte Alto, Jd. Rossin, Satélite Íris, Jd. Sul América, Pq. Valença, Jd. Florence	VI. Pe. Manoel da Nóbrega, Jd. Londres, Campos Eliseos, Pq. Sta. Bárbara	Pq. S. Jorge	-	-	Boa Esperança, Princesa D'Oeste, Satélite Íris, Jd. Florence II, Três Estrelas
Principais vias	<i>rodovias:</i> Anhanguera e S. Dumont; <i>avenidas:</i> Eng. Paula Souza, Marginal do Piçarrão, Prestes Maia, Amoreiras, John Boyd Dunlop	<i>avenidas:</i> Eng. Paula Souza, Mal. Carmona Marginal do Piçarrão, João Jorge, Lix da Cunha <i>ferrovia</i>	<i>rodovia:</i> SP-101 <i>ferrovia</i>	<i>rodovias:</i> SP-101 e Bandeirantes <i>avenida:</i> John Boyd Dunlop <i>ferrovia</i> (corredor de exportação da Ferroban)	<i>rodovias:</i> SP-101 e Bandeirantes <i>avenida:</i> John Boyd Dunlop <i>ferrovia</i> (corredor de exportação da Ferroban)	apenas vias locais	<i>rodovias:</i> Bandeirantes	não possui	<i>avenida:</i> John Boyd Dunlop <i>ferrovia</i> (corredor de exportação da Ferroban)
Setores Censitários incluídos na unidade*****	161 (141 totalmente e 20 parcialmente)	54 (48 totalmente e 6 parcialmente)	4 (3 totalmente e 1 parcialmente)	38 (32 totalmente e 6 parcialmente)	7 (7 totalmente)	2 (2 totalmente)	0	0	10 (10 totalmente)

8/

* População estimada a partir dos setores censitários considerados para a unidade. Fonte: Censo-2000 (IBGE, 2002).

** Renda dos responsáveis por domicílio. O primeiro número se refere ao valor obtido a partir da agregação dos dados de todos os setores censitários considerados na unidade; os números entre parêntesis representam, respectivamente, a média e o desvio padrão calculados a partir da análise isolada de cada setor censitário. Fonte: Censo-2000 (IBGE, 2002).

*** “Não-alfabetizados” = pessoas maiores de 5 anos não-alfabetizadas; “Frequêntaram curso superior” = responsáveis por domicílio que frequêntaram curso superior. Os números seguem a mesma representação do item anterior. Fonte: Censo-2000 (IBGE, 2002).

**** Foram considerados apenas os setores censitários do Censo de 2000 com mais de 50% dos domicílios inseridos na unidade.

Tabela 5.5: Indicadores e índices de qualidade ambiental para as unidades ambientais da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

UNIDADE INDICADOR*		1	2A	2B	2C (+3C+3D)	3A	3B	4
P R E S S Ã O	Densidade Demográfica	0,2054	0,2629	0,8224	0,8307	0,6175	0,7946	0,0000
	Domicílios improvisados/em favela	0,9669	0,9967	0,2542	0,8674	0,4862	0,9968	0,0000
	Coleta domiciliar de lixo	0,9559	1,0000	0,8704	0,9318	0,7513	0,9966	0,8831
	Esgoto ligado à rede geral	1,0000	0,9992	0,9829	0,9953	0,9959	0,9915	0,9959
	ÍNDICE PARCIAL	0,7821	0,8147	0,7325	0,9063	0,7127	0,9449	0,4698
	<i>Posição relativa</i>	4^a	3^a	5^a	2^a	6^a	1^a	7^a
E S T A D O	Declividade	0,9963	0,9875	1,0000	0,9757	0,8946	0,9460	0,4958
	Densidade de drenagem	0,8703	0,8768	0,9198	0,7097	0,4900	0,5576	0,0000
	Impermeabilização e/ou exposição do solo	0,1213	0,0000	0,1919	0,4144	0,5537	1,0000	0,3955
	Renda dos responsáveis por domicílios	0,6526	1,0000	0,0329	0,0663	0,2510	0,0974	0,0098
	ÍNDICE PARCIAL	0,6601	0,7161	0,5362	0,5415	0,5473	0,6503	0,2253
	<i>Posição relativa</i>	2^a	1^a	6^a	5^a	4^a	3^a	7^a
R E S P O S T A	Participação no Orçamento Participativo	0,8232	0,3205	0,0806	1,0000	0,0736	0,0540	0,5653
	Prioridades definidas no Orçamento Participativo	0,6492	0,4374	0,1268	0,5732	0,2364	0,0000	1,0000
	Diretrizes de qualidade ambiental no Plano Diretor	0,5000	0,2000	0,6000	1,0000	0,7500	0,8000	0,9000
	ÍNDICE PARCIAL	0,6575	0,3193	0,2691	0,8577	0,3533	0,2847	0,8218
	<i>Posição relativa</i>	3^a	5^a	7^a	1^a	4^a	6^a	2^a
	ÍNDICE FINAL	0,6999	0,6167	0,5126	0,7685	0,5378	0,6266	0,5056
<i>Posição relativa</i>		2^a	4^a	6^a	1^a	5^a	3^a	7^a

* Valores convertidos para escala única que varia de 0 a 1, representando, respectivamente, a pior e a melhor condição em termos de qualidade ambiental.

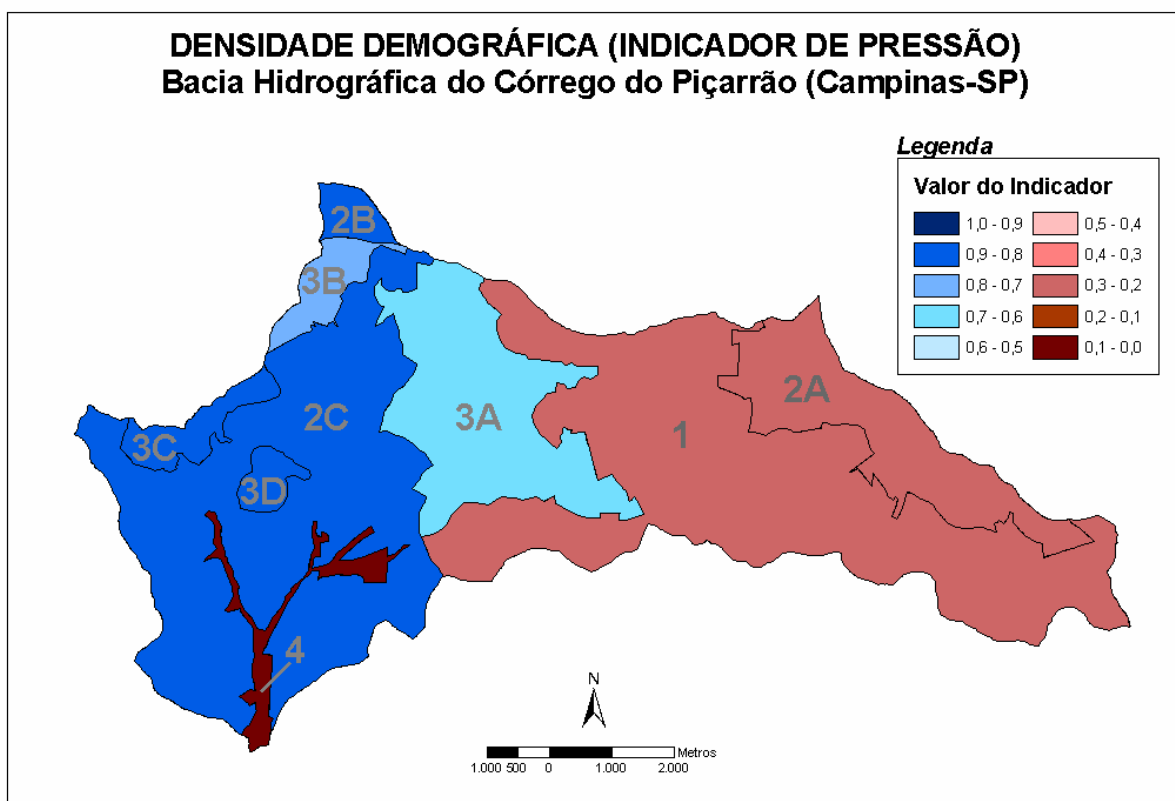


Figura 5.15: Mapa do indicador de pressão “Densidade demográfica” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

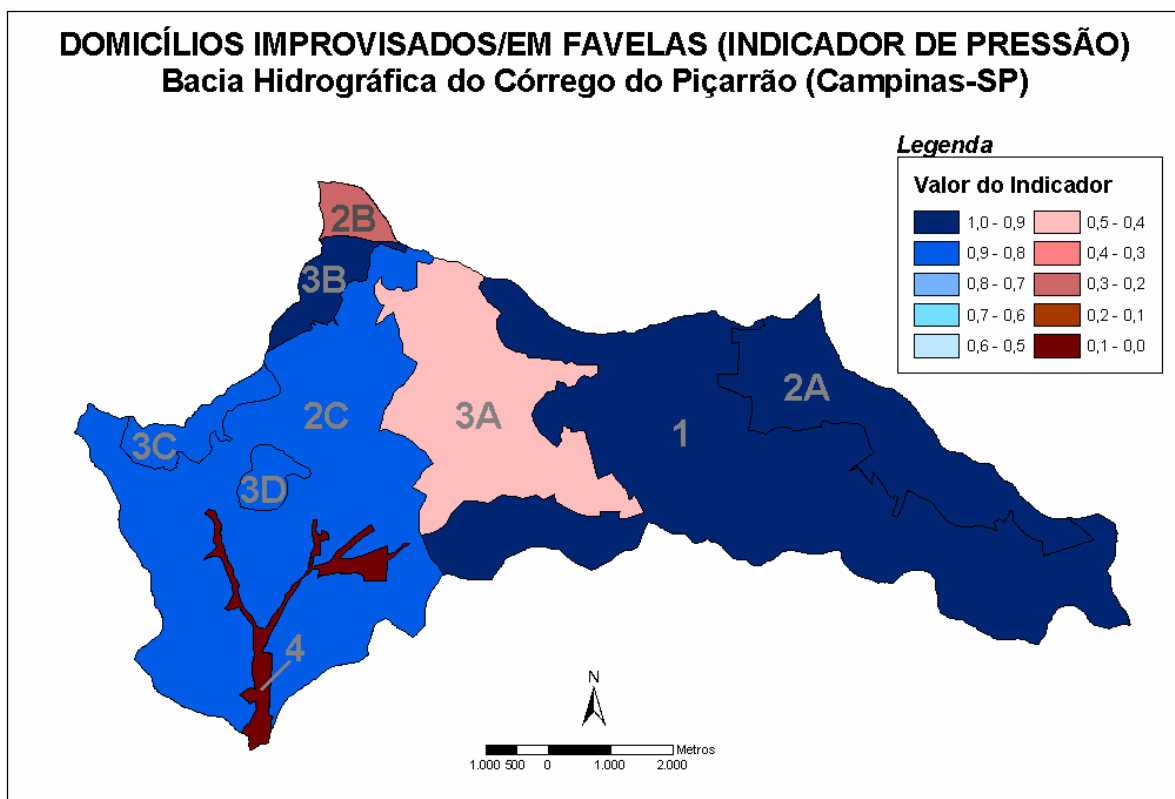


Figura 5.16: Mapa do indicador de pressão “Domicílios improvisado e/ou em favelas” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

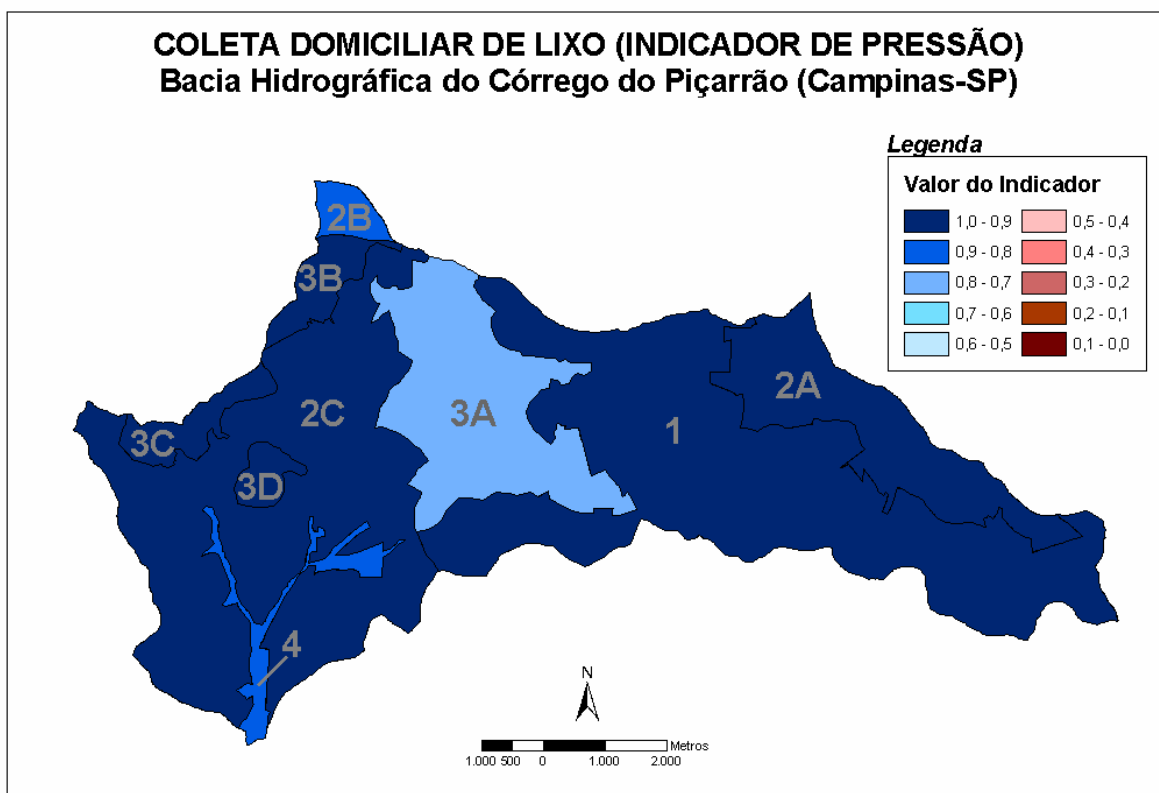


Figura 5.17: Mapa do indicador de pressão “Coleta domiciliar de lixo” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

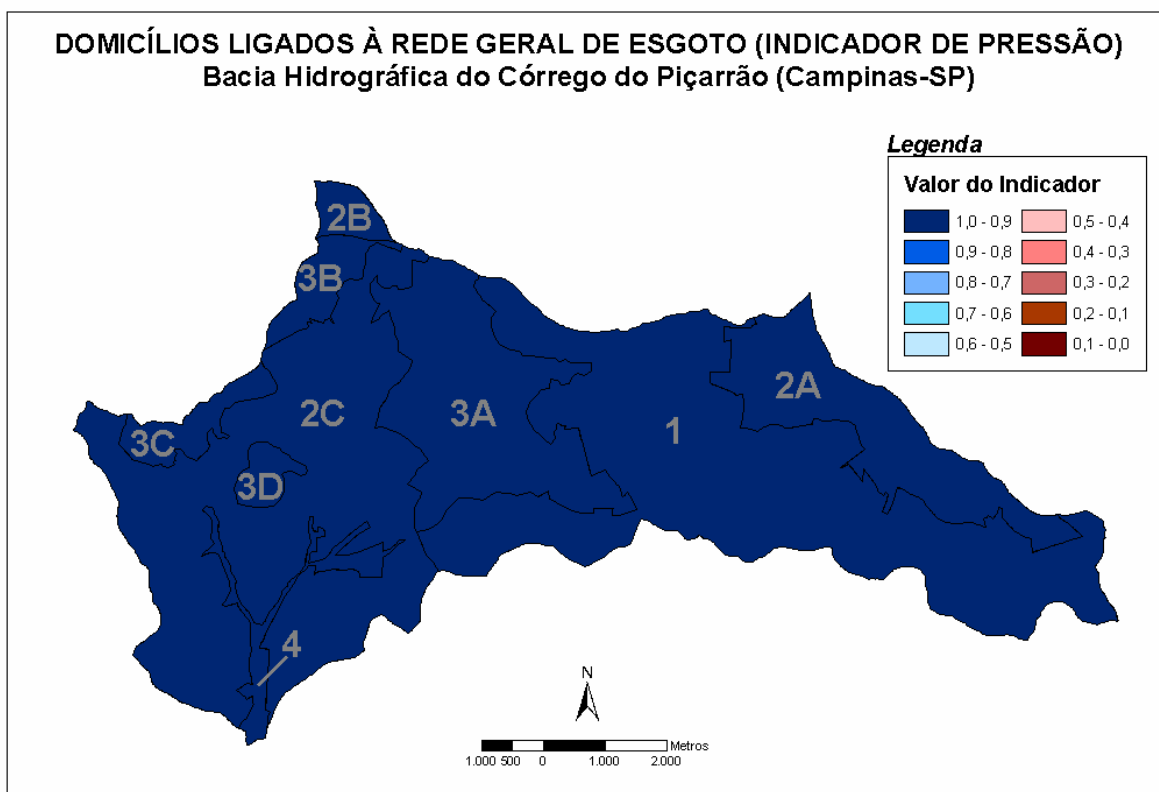


Figura 5.18: Mapa do indicador de pressão “Domicílios ligados à rede geral de esgoto” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

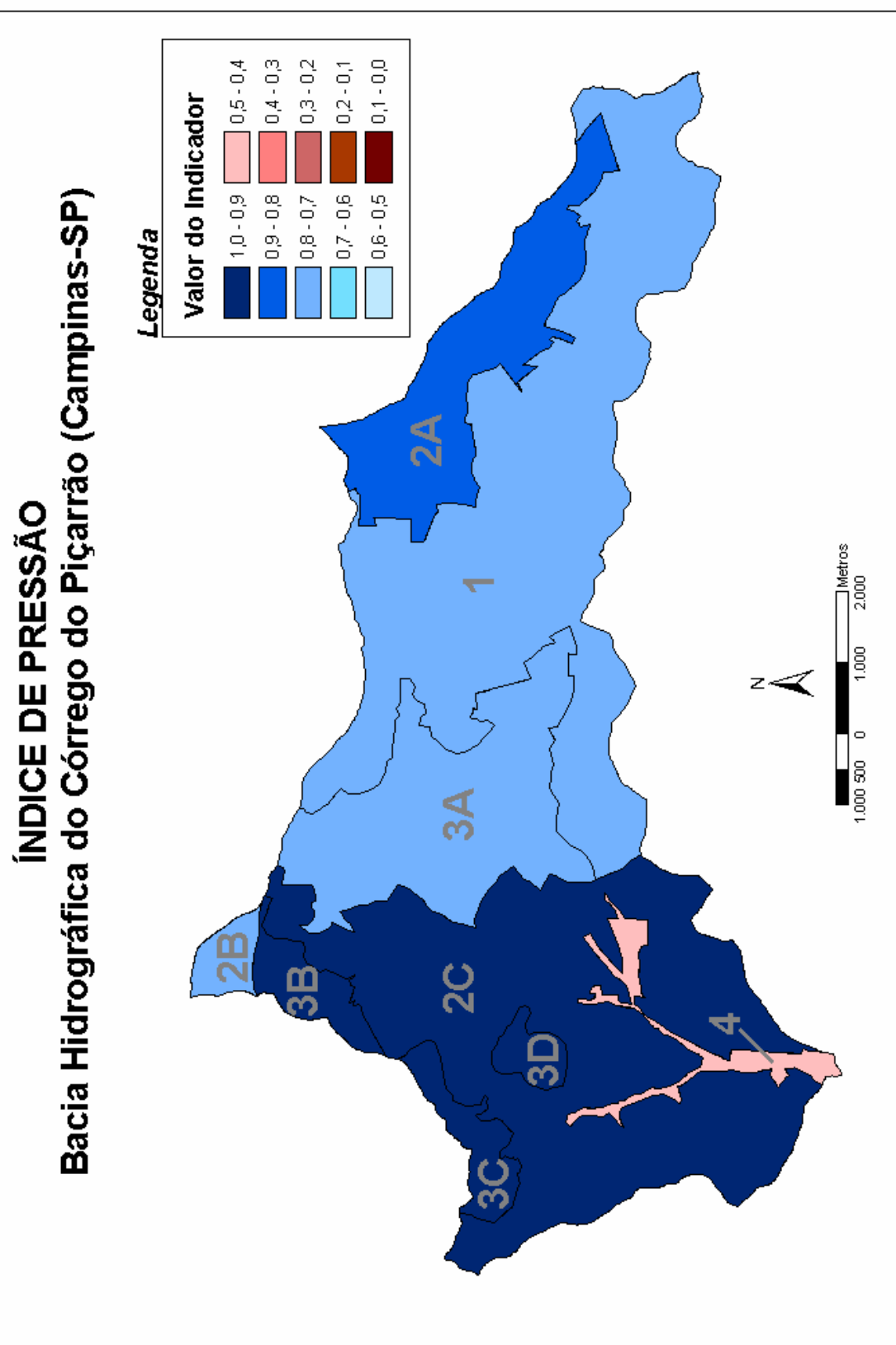


Figura 5.19: Mapa do índice de pressão para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

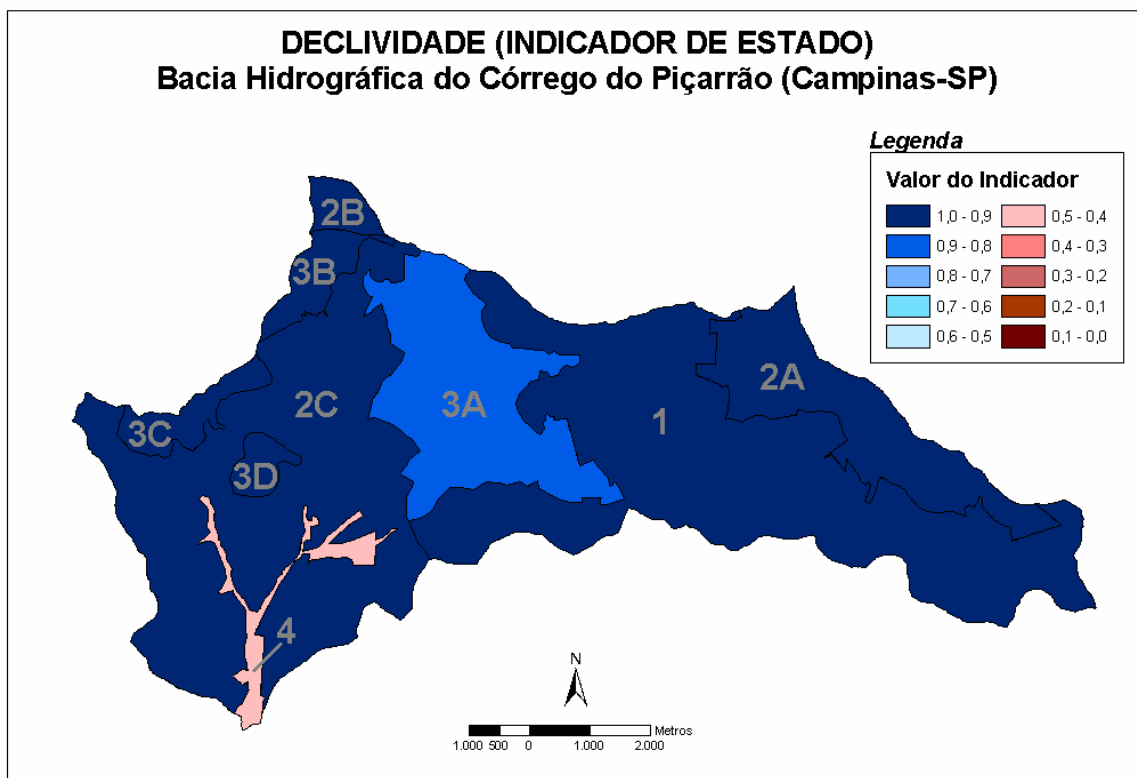


Figura 5.20: Mapa do indicador de estado “Declividade” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

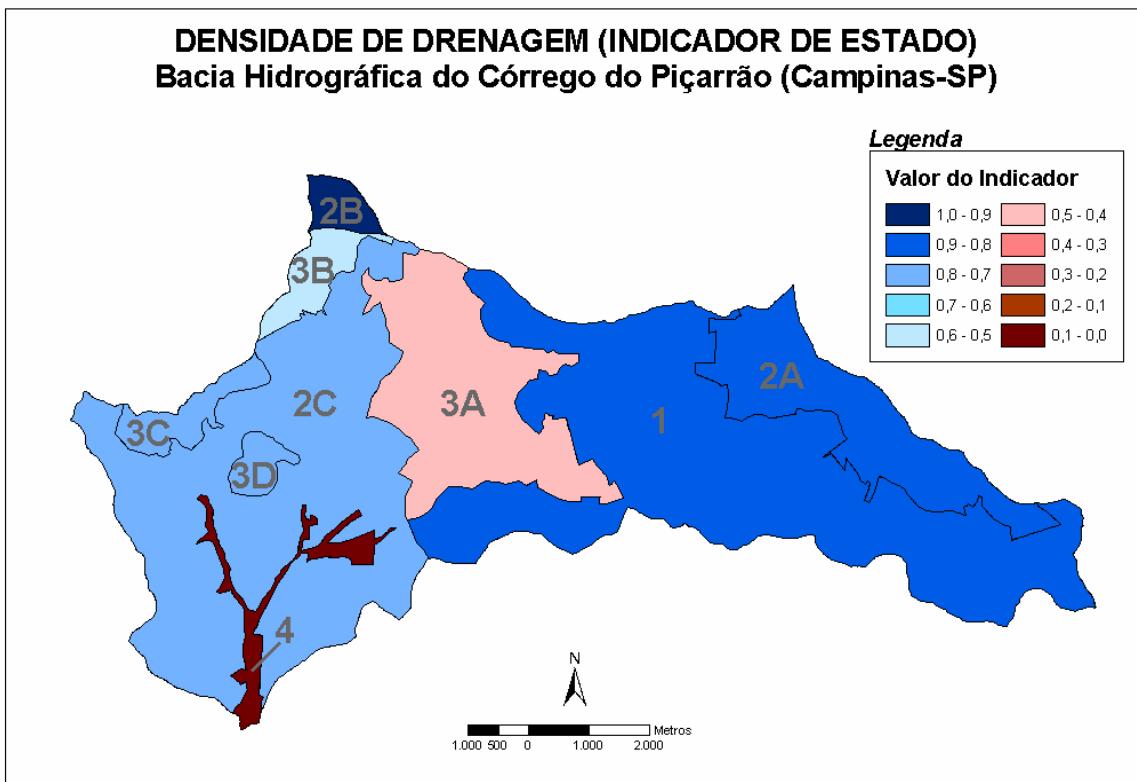


Figura 5.21: Mapa do indicador de estado “Densidade de drenagem” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

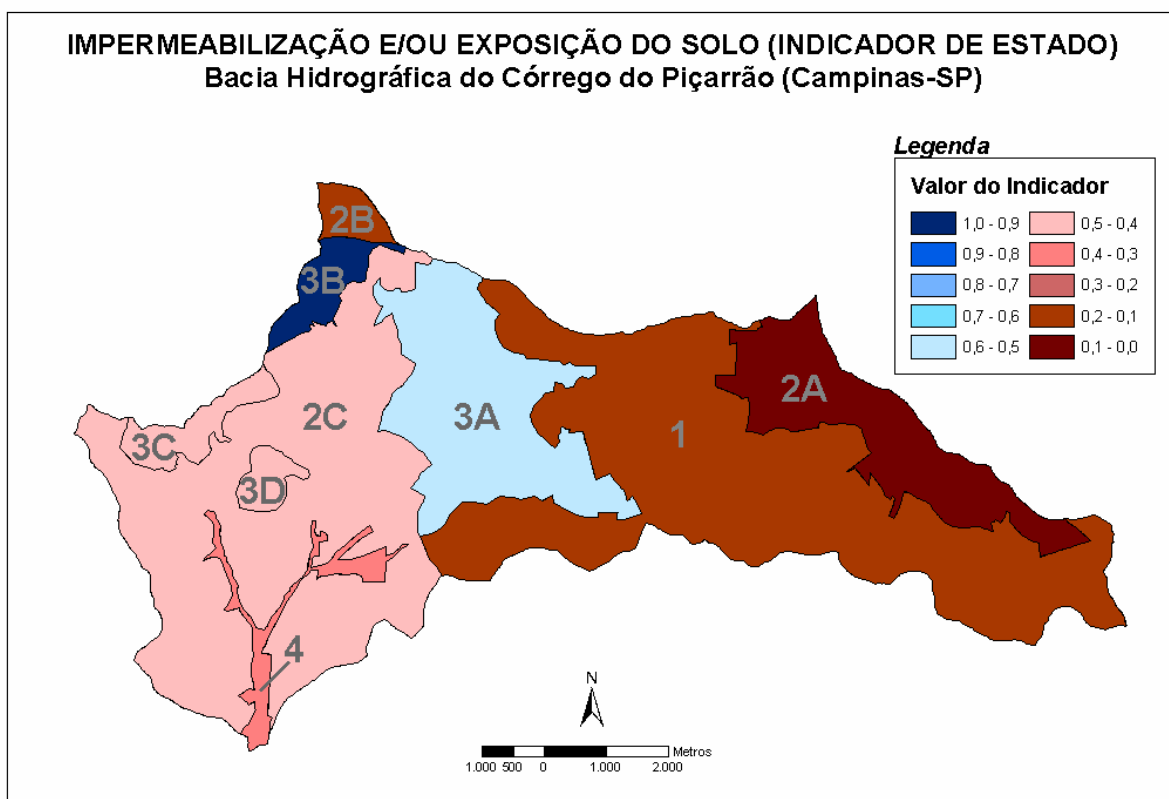


Figura 5.22: Mapa do indicador de estado “Impermeabilização e/ou exposição do solo” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

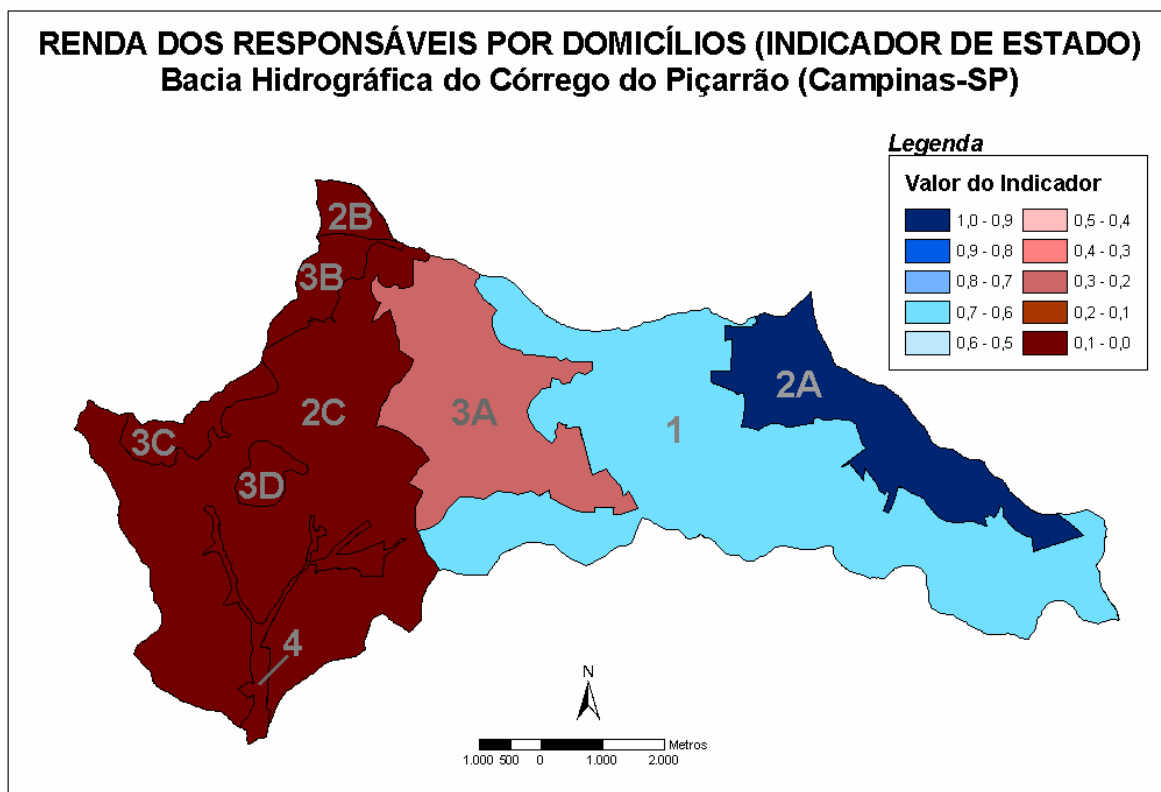


Figura 5.23: Mapa do indicador de estado “Renda dos responsáveis por domicílios” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

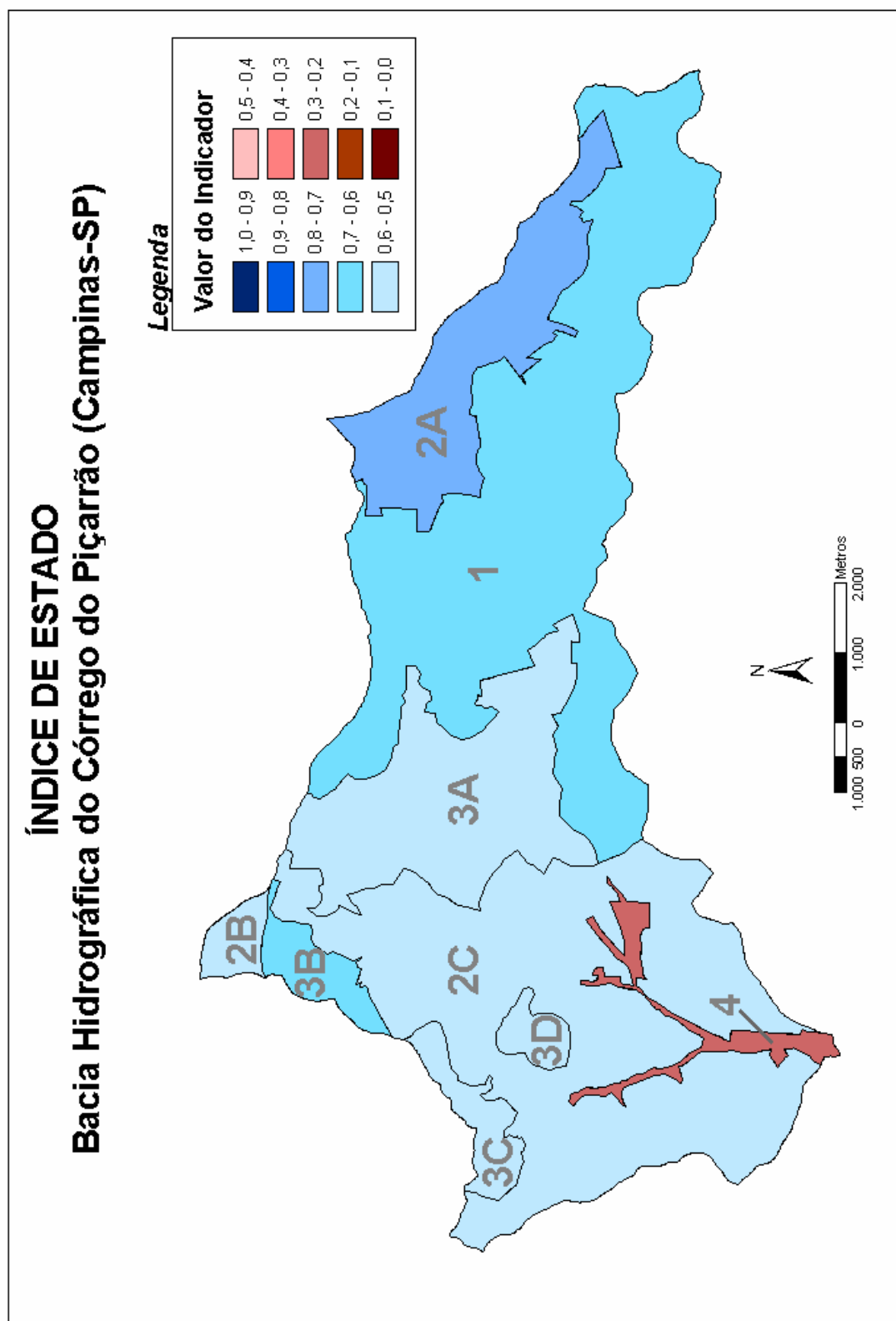


Figura 5.24: Mapa do índice de estado para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

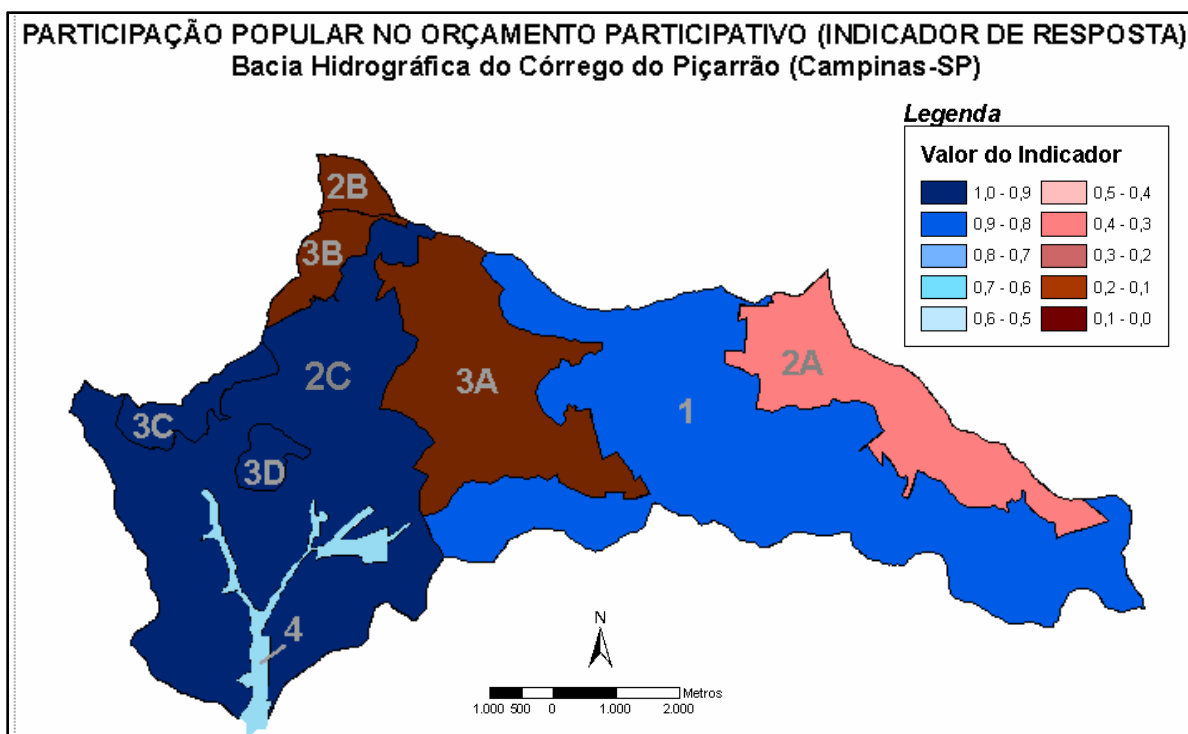


Figura 5.25: Mapa do indicador de resposta “Participação popular no Orçamento Participativo” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

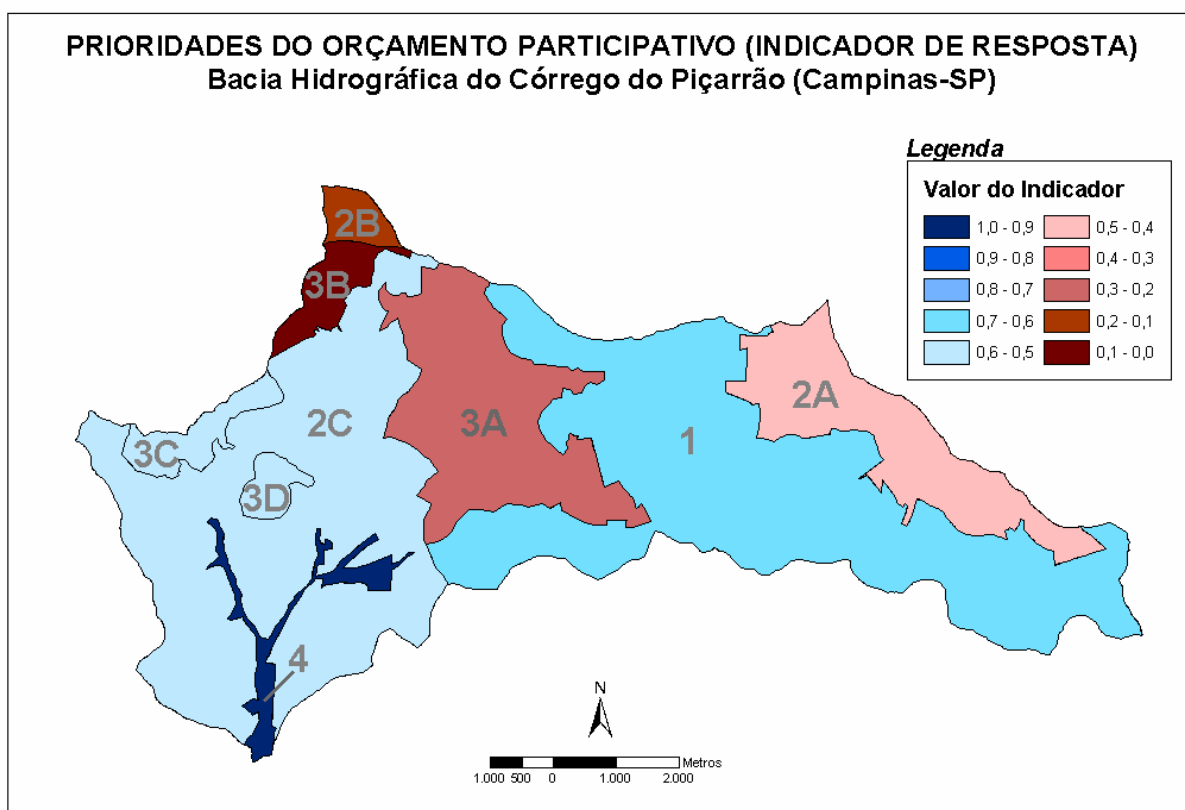


Figura 5.26: Mapa do indicador de resposta “Prioridades definidas no Orçamento Participativo” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

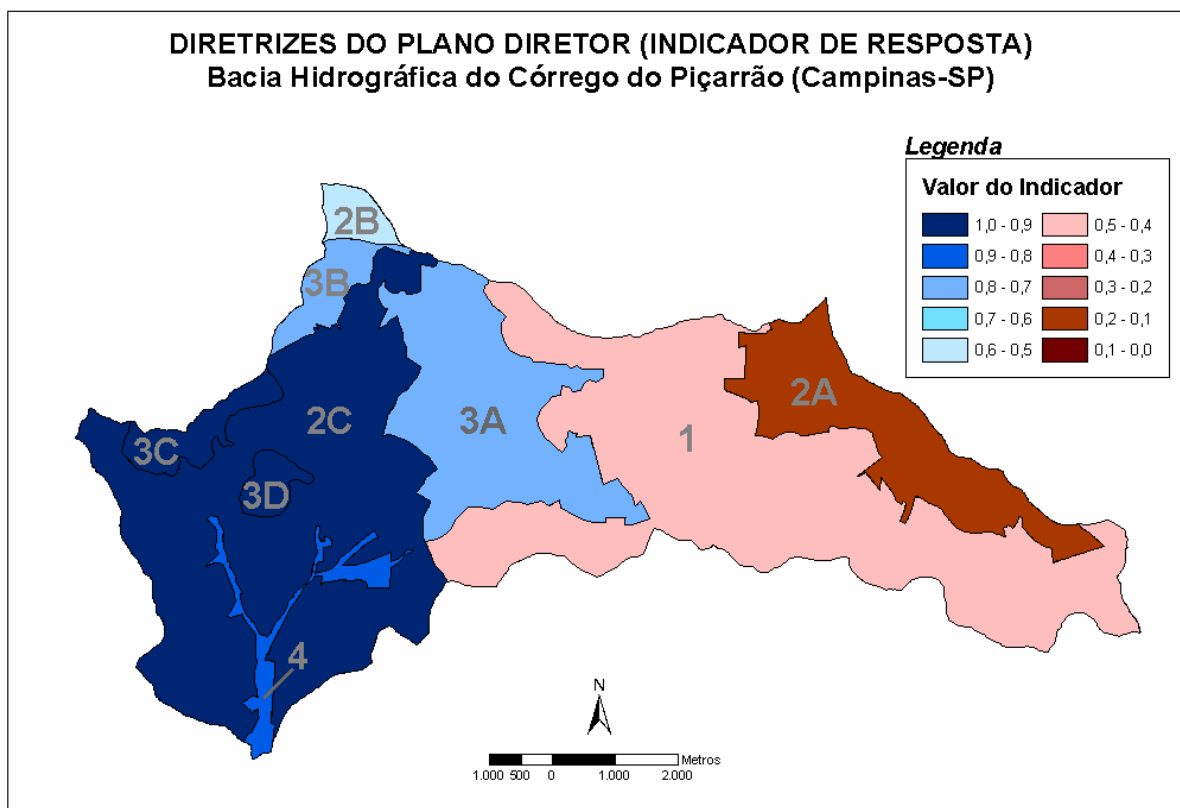


Figura 5.27: Mapa do indicador de resposta “Diretrizes do Plano Diretor de Campinas” para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

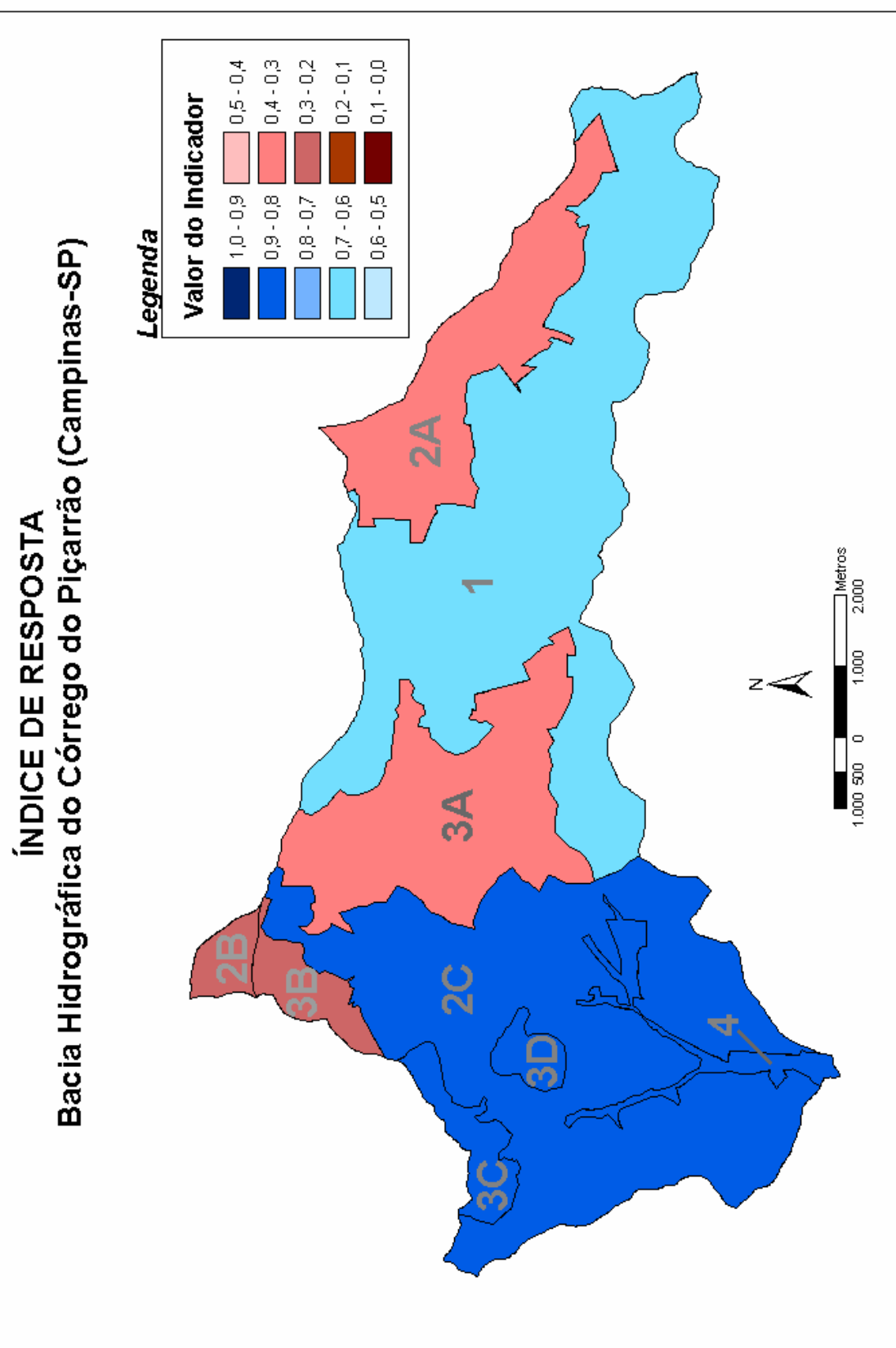


Figura 5.28: Mapa do índice de resposta para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

ÍNDICE FINAL DE QUALIDADE AMBIENTAL **Bacia Hidrográfica do Córrego do Piçarrão (Campinas-SP)**

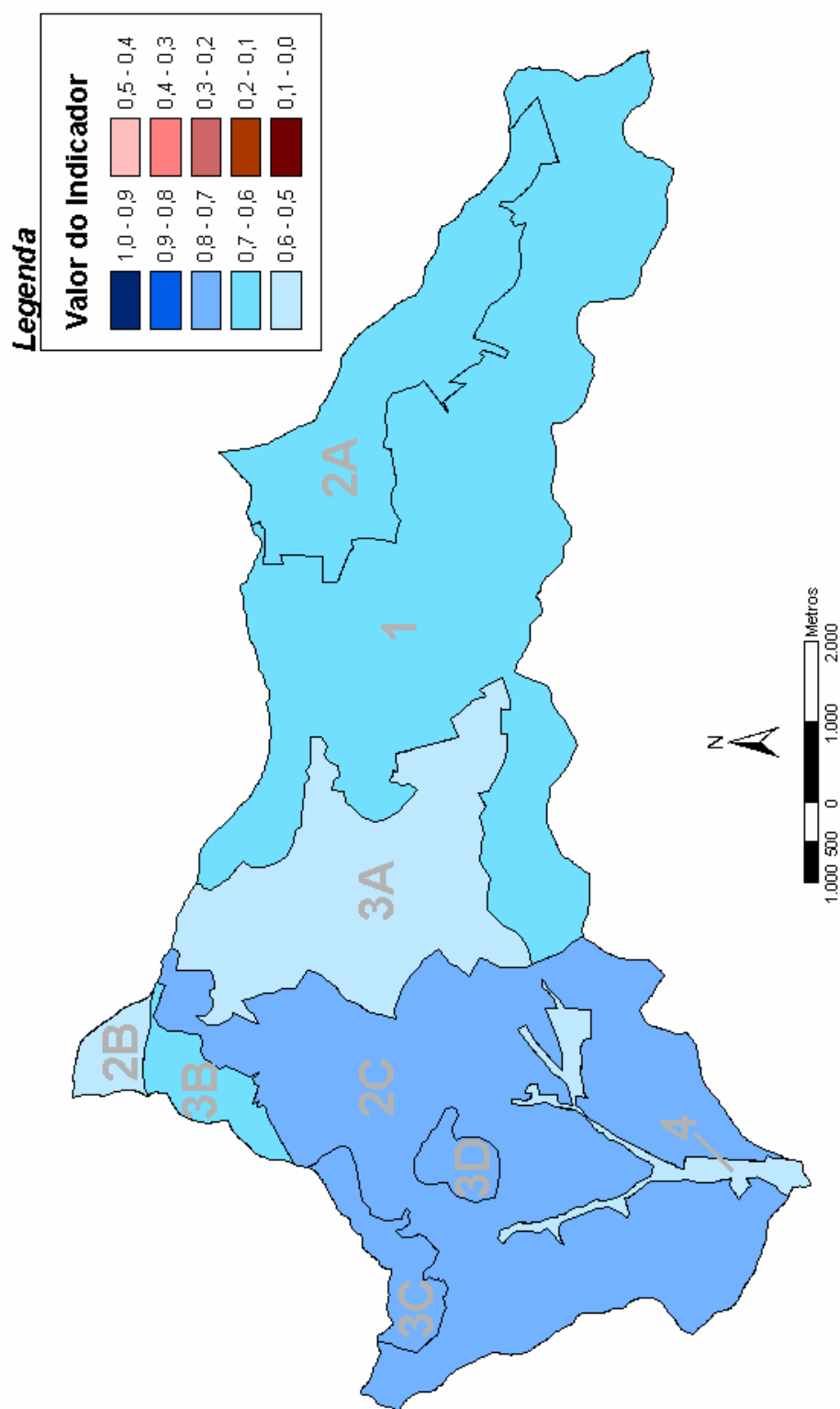


Figura 5.29: Mapa do índice final de qualidade ambiental para a bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão

A análise comparativa entre as unidades ambientais revela que **Unidade 1** está entre as que apresentam maior estabilidade morfodinâmica, já que nela predomina baixas declividades e densidade de drenagem (Tabelas 5.3 e 5.5; Figuras 5.20 e 5.21). Tais características naturais tornam a unidade propícia à ocupação urbana. Entretanto, conforme mostram o tipo de uso preponderante na unidade (Tabela 5.4) e os indicadores de densidade demográfica e impermeabilização do solo (Tabela 5.5; Figuras 5.15 e 5.22), a intensidade de urbanização que nela ocorre sugere a saturação da capacidade de suporte do subsistema físico-natural.

A situação é atenuada pela existência de infra-estrutura adequada e boas condições socioeconômicas para a maioria da população (evidenciadas pelos indicadores relativos a saneamento ambiental, condições de moradia e renda – Tabela 5.5; Figuras 5.16 a 5.18 e 5.23), as quais elevam os valores dos índices de pressão e estado (Figuras 5.19 e 5.24) e, portanto, constituem-se em variáveis que – juntamente com os atributos do subsistema físico-natural (declividade e densidade de drenagem) – atuam de modo a favorecer a estabilidade da unidade.

Apesar desta tendência geral à estabilidade, há fatores tanto relacionados ao subsistema socioeconômico como ao físico-natural que impingem a determinadas áreas da unidade situações de exceção ao seu quadro geral. A análise dos dados para cada setor censitário isoladamente mostra que existem locais encravados na unidade onde as condições socioeconômicas e de habitação são bem inferiores à média da unidade. Estas áreas correspondem a bairros surgidos no processo de formação da chamada primeira periferia de Campinas (p.ex.: Jd. das Oliveiras, Campos Elíseos e Jd. Bandeirantes), a conjuntos habitacionais populares criados a partir de meados de 1960 (tais como: Fundação Casa Popular, conjunto habitacional da Vl. Castelo Branco) e às 4 favelas existentes na unidade (situadas no Jd. das Oliveiras, Jd. Novo Ipaussurama, Jd. Paulicéia e Vl. Perseu Leite de Barros).

Não por acaso, tais favelas estão localizadas nas poucas áreas da unidade não-adequadas à ocupação: às margens do Piçarrão ou de afluentes. A ocupação destas áreas de risco não é exclusividade das favelas; casas e prédios com população em melhores condições de vida, além de comércio e indústrias, também estão situados nestes locais sujeitos ao processo natural de inundações, o qual foi intensificado pela impermeabilização excessiva do solo e pelas intervenções feitas nos cursos d'água (canalização e retificação). No entanto, a precariedade das moradias e baixas condições socioeconômicas tornam a população destas favelas mais vulneráveis às inundações, justamente por terem menor possibilidade de se protegerem destes eventos.

Esta população, ou pelo menos parte dela, tem procurado se mobilizar e reivindicar junto ao poder público melhorias nas suas condições de vida, como atestam algumas prioridades

definidas para a unidade no Orçamento Participativo: duas delas se referem à legalização e urbanização de uma das favelas da unidade (a do Jd. Paulicéia) e outras duas envolvem obras de combate a enchentes – uma no córrego do Laranja, às margens do qual se situa esta mesma favela, e outra intervenção em um afluente do Piçarrão, cujo entorno é ocupado por mais duas favelas (Jd. Novo Ipaussurama e Vl. Perseu Leite de Barros). Ações como estas também são contempladas em diretrizes do Plano Diretor que abrangem a unidade.

Mas tanto as diretrizes do Plano Diretor como as prioridades do Orçamento Participativo relativas às inundações não se restringem às áreas com favelas, contemplando também outros pontos críticos da unidade. Outro aspecto em comum entre estes dois instrumentos de políticas públicas – usados como indicadores de resposta na pesquisa (Figuras 5.26 e 5.27)– diz respeito às áreas verdes: enquanto o Plano Diretor destaca a necessidade de preservação dos fragmentos florestais na macrozona onde a unidade está inserida²⁹, prioridades relativas à construção ou manutenção de praças públicas estão presentes no Orçamento Participativo. Sobre este último, vale notar que a participação estimada da população da unidade está entre as maiores verificadas para a bacia do Piçarrão (Tabela 5.5; Figura 5.25). Considerados em conjunto, pode-se afirmar que os indicadores de resposta revelam a preocupação dos moradores com três dos principais problemas presentes que comprometem a qualidade ambiental da unidade: carência de áreas verdes (a qual está disseminada por toda a unidade), enchentes e presença de moradias inadequadas (estas últimas de ocorrência restrita a determinadas localidades da unidade).

Deste “jogo” entre fatores que favorecem a estabilidade da unidade (como comportamento morfodinâmico relativamente estável, predomínio de boas condições de moradia e saneamento ambiental, e preocupações dos cidadãos e poder público em melhorar a qualidade ambiental) e, do outro lado, fatores perturbadores desta estabilidade (relacionados à alta densidade demográfica e impermeabilização excessiva do solo), emerge um quadro de qualidade ambiental mediana, o qual se configura na 2ª melhor situação geral encontrada na bacia (Tabela 5.5; Figura 5.29).

A **Unidade 2A**, de modo semelhante à unidade 1 (com quem faz divisa), caracteriza-se por ser uma área densamente urbanizada (Tabela 5.4), processo favorecido pelo comportamento morfodinâmico relativamente estável que aí predomina (Tabelas 5.3 e 5.5). Como grande parte da unidade corresponde à área de ocupação urbana mais antiga da bacia do Piçarrão, a urbanização aí verificada é ainda mais intensa que na unidade 1. Tanto assim que os maiores valores de densidade demográfica e impermeabilização do solo são registrados nesta unidade (Tabela 5.5; Figuras 5.15 e 5.22). Os aspectos positivos desta urbanização já consolidada se referem à

²⁹ Na unidade 1, há somente duas pequenas áreas com remanescentes de mata nativa.

existência de boa infra-estrutura e bom atendimento por serviços públicos, conforme apontam os indicadores de saneamento ambiental (Tabela 5.5; Figuras 5.17 e 5.18).

A população da unidade possui as melhores condições de renda e escolaridade encontradas na bacia, além de uma maior equidade interna em relação a estas características do que aquela presente na unidade 1 (Tabelas 5.4 e 5.5; Figura 5.23). Tais condições se refletem na baixa frequência de domicílios improvisados e ausência de favelas na unidade (Tabela 5.5; Figura 5.16) e na menor vulnerabilidade da população aos eventos de inundação, os quais historicamente afetam a região³⁰.

Embora os moradores da unidade apresentem essa menor vulnerabilidade, as inundações não deixam de interferir negativamente nas suas vidas. Tanto isso é verdade que, entre aquelas prioridades do Orçamento Participativo consideradas na pesquisa, 6 das 7 prioridades definidas para a unidade se referiam a obras de drenagem. Apesar disso, quando comparados a outras unidades da bacia, não são tão grandes o envolvimento da população da unidade 2A no Orçamento Participativo e nem sua força política em conseguir transformar suas reivindicações em prioridades das regiões onde está inserida (Tabela 5.5; Figuras 5.25 e 5.26). As políticas públicas para a unidade também não contemplam de maneira relevante a melhoria de sua qualidade ambiental, conforme aponta o indicador relativo ao Plano Diretor³¹ (Tabela 5.5; Figura 5.27).

Deste modo, apesar da alta estabilidade morfodinâmica do subsistema físico-natural e da boa situação socioeconômica da população, os baixos valores obtidos para os indicadores de resposta, a elevada densidade demográfica e impermeabilização excessiva do solo fazem com que a unidade ocupe apenas posição intermediária (4^a) em relação ao índice final de qualidade ambiental (Tabela 5.5; Figura 5.29). A avaliação da unidade 2A evidencia, portanto, que se as limitações do subsistema físico-natural não são consideradas (como ocorreu na unidade, em que às características naturais favoráveis à ocupação foram excedidas pela urbanização intensa) e se a melhoria da qualidade ambiental não é uma preocupação presente na sociedade (conforme sinalizam os indicadores de resposta da unidade), compromete-se a estabilidade do sistema

³⁰ Na Vila Industrial, por exemplo, são registrados problemas com enchentes desde 1907 e, já em 1913, foi feita a retificação do Piçarrão neste trecho (Serra, 2002). Obras como estas continuaram sendo realizadas ao longo de todo século XX, sem, no entanto, resolver os problemas que persistem até hoje (intensificados pelo adensamento da urbanização e impermeabilização do solo) e, em muitos casos, agravando-os.

³¹ Embora isso se deva, em parte, ao fato de que das cinco diretrizes de qualidade ambiental definidas para a macrozona onde a unidade está inserida, duas delas se referem a problemas não existentes na unidade (favelas e áreas degradadas por mineração). A inexistência de tais problemas é, portanto, benéfica à qualidade ambiental da unidade, mas isto não é captado pelo indicador utilizado. Neste caso, um aperfeiçoamento possível seria o confronto do indicador com outros instrumentos políticos e ações do poder público relacionados ao tema, o qual poderia revelar se o indicador está apontando corretamente ou não para o quadro presente na unidade. Este procedimento, no entanto, extrapola o âmbito de investigação ao qual a presente pesquisa se propôs.

ambiental e, conseqüentemente, sua sustentabilidade dificilmente pode ser alcançada. Ilustra-se, assim, que boas condições socioeconômicas e de infra-estrutura são necessárias, porém insuficientes para garantir uma qualidade ambiental satisfatória.

A indissociabilidade entre qualidade de vida e qualidade ambiental, por sua vez, é exemplificada pela situação da **Unidade 2B**, que foi avaliada como a de segunda pior situação dentre todas as unidades (Tabela 5.5; Figura 5.29). Suas características naturais, que garantem à unidade um quadro de relativa estabilidade morfodinâmica, contrastam com a alta vulnerabilidade da população que a habita (Tabelas 5.3 a 5.5; Figura 5.16 e 5.23), revelando um desajuste entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico. A unidade está inserida numa das regiões de Campinas (Parque Santa Bárbara e arredores) urbanizadas no processo de formação da chamada 2ª. periferia do município e sua população sofre as conseqüências da segregação socioespacial que caracterizou este processo. Além dos moradores partilharem espaço com usos incômodos o maior parte dos domicílios da unidade está situada nas duas favelas aí existente (Pq. Shallon e Vl. Lunardi). Por conseguinte, a precariedade das condições de saneamento ambiental e, principalmente, de moradia são superiores ao verificado para a maioria das outras unidades (Tabela 5.5). A situação só não é agravada pelo fato da grande aglomeração populacional das favelas ser compensada pela existência de áreas com os outros usos já citados e de uma grande área terraplanada, de modo que a densidade demográfica geral da unidade é baixa (Tabela 5.5; Figura 5.15). Em relação a esta área terraplanada, tanto ela como as ruas não pavimentadas das favelas são responsáveis pelo alto valor do indicador “exposição do solo” (Tabela 5.5; Figura 5.22), estando sujeitas a processos erosivos que podem contribuir para a instabilidade da unidade.

Os indicadores de respostas apontam que o quadro de baixa qualidade ambiental da unidade não deve apresentar, ao menos a curto prazo, melhorias significativas: a participação da população no Orçamento Participativo foi estimada como pouco expressiva e apenas duas prioridades³² foram definidas para a área (ainda assim, classificadas nas últimas posições da lista de prioridades da região na qual a unidade está inserida) (Tabela 5.5; Figuras 5.25 e 5.26). Mesmo o Plano Diretor contemplando algumas diretrizes que incluem a unidade (Tabela 5.5; Figuras 5.27), estas não são suficientes para retirá-la da pior posição em relação ao índice de resposta (Tabela 5.5; Figuras 5.28).

³² Ambas contemplavam obras de saneamento básico nas duas favelas da unidade.

Já na **Unidade 2C**³³, o comportamento relativo ao índice de resposta é oposto ao observado na unidade anterior. Considerando os três indicadores de resposta conjuntamente, esta unidade apresenta a melhor situação da bacia para esta categoria (Tabela 5.5, Figuras 5.25 a 5.28). Apesar da aparente contradição, tal quadro é resultado justamente da precariedade da situação que caracteriza as áreas urbanizadas da unidade. Isto porque a maior parte do uso urbano abriga população de baixa renda e corresponde a loteamentos surgidos principalmente na primeira etapa do processo de periferação de Campinas (ocorrido a partir da década de 1950), mas que só foram ocupados mais intensamente nas décadas recentes. Além de isolados do tecido urbano, muitos destes assentamentos estão em situação irregular: alguns porque os loteamentos não são legais (não-aprovados ou aprovados com irregularidades); outros pelo fato dos moradores terem comprado lotes de pessoas ou empresas que não detinham a posse real da terra; outros ainda porque foram fruto de ocupações propositadas a áreas públicas ou particulares. Desta forma, a população, que participou maciçamente das assembléias do Orçamento Participativo, buscou neste instrumento um meio de mudar esta situação, já que parte das prioridades definidas no Orçamento Participativo está ligadas à regularização fundiária de vários destes bairros (também são bastante presentes prioridades relacionadas a obras de drenagem, como instalação de coleta e tratamento de esgoto e canalização de córrego). O Plano Diretor de Campinas também contempla o direcionamento de políticas públicas para a melhoria da região na qual a unidade está inserida.

Não obstante esta situação adversa presente nas áreas urbanizadas, como este tipo de uso é restrito a áreas relativamente pequenas em relação à extensão total da unidade, a qualidade ambiental geral da unidade ainda é boa, de modo que ela ocupa a 1ª posição da bacia (Tabela 5.5, Figura 5.29). Conforme apontam os dados geomorfológicos (Tabelas 5.3 e 5.5), a unidade possui comportamento morfodinâmico de estabilidade intermediária, sendo que os setores mais instáveis (correspondentes às áreas das unidades 3C e 3D, incorporadas na avaliação desta unidade) ainda não foram ocupados pelo uso urbano, conferindo à unidade uma baixa densidade populacional (Tabela 5.5; Figura 5.15). Apesar disso, verifica-se a ausência quase completa da vegetação original tanto nestas zonas como no restante da unidade (Figura 5.22), contribuindo para a intensificação dos processos erosivos aos quais elas naturalmente já estão sujeitas e que de fato estão bastante disseminados na área.

Mas aquilo que garante maior qualidade ambiental à unidade 2C constitui-se também no maior risco à manutenção deste *status*: a existência de grandes áreas ainda não-urbanizadas torna

³³ Embora se faça referência apenas à unidade 2C, deve ser lembrado que a avaliação de sua qualidade ambiental foi feita em conjunto com as unidades 3C e 3D, já que, por estas não apresentarem ocupação urbana, não poderiam fornecer dados para diversos indicadores utilizados na pesquisa.

a unidade objeto da instalação de usos incômodos e/ou de grande risco³⁴, bem como propícia à ação de especuladores imobiliários. Relacionados a esta última, dois fatores complementares explicam a preocupação com o futuro da unidade: o primeiro é que ainda existem muitos lotes vagos nas áreas já loteadas e o outro, ainda mais alarmante, é a presença de grandes vazios urbanos situados exatamente entre a área mais central de Campinas (que inclui o alto curso da bacia) e as regiões periféricas da cidade (Campo Grande e DICs) e de municípios vizinhos (Hortolândia e Monte-Mor) com altas taxas de crescimento populacional e expansão urbana. Estas áreas, portanto, estão sujeitas a uma proliferação ainda maior de loteamentos, a exemplo do que já ocorre ao sul da unidade, onde há uma grande área terraplanada para este fim.

Na **Unidade 3A**, o subsistema físico-natural tem grande tendência a um comportamento morfodinâmico instável, pois concentra as maiores declividades encontradas na bacia e possui alta densidade de drenagem (Tabelas 5.3 e 5.5; Figuras 5.20 e 5.21). Muitos destes cursos d'água ainda possuem remanescentes de mata ciliar protegendo suas margens, mas intervenções que foram feitas recentemente na unidade – construção do aterro sanitário Delta (que é parcialmente abrangido pela unidade), prolongamento da rodovia dos Bandeirantes e expansão do corredor de exportação da Ferroban – provocaram uma diminuição nesta cobertura vegetal original. Tal situação, aliado ao fato destas duas últimas obras terem sido feitas cortando vertentes íngremes (e não os topos de morro, como seria esperado), contribuem para uma instabilidade morfodinâmica ainda maior na unidade.

Como o relevo bastante acidentado e dissecado da área central da unidade dificulta a ocupação urbana de seus topos e vertentes (uso de fato não recomendado nestas áreas devido justamente a tais características naturais), esta se efetuou apenas nas áreas mais baixas e de menor declividade, as quais, no entanto, também são impróprias à urbanização, já que estão próximas aos cursos d'água (Piçarrão e córrego Bela Aliança) e sujeitas a enchentes. Além das limitações físicas, em parte da unidade o uso urbano é também restringido por questões legais. Tais áreas correspondem às chamadas “zonas envoltórias” do aterro sanitário Delta, nas quais são proibidas ou limitadas à ocupação urbana. Por conta destas características, que condicionam a existência de grande área não habitada na unidade, sua densidade demográfica não é muito elevada (Tabela 5.5; Figura 5.15).

No entanto, as duas áreas urbanizadas da unidade (uma na porção leste e outra na extremidade noroeste) comportam grandes adensamentos populacionais. Tal processo de

³⁴ Tais como: aterro sanitário Delta, estação de tratamento de esgoto do Piçarrão, gasoduto Brasil-Bolívia, corredor de exportação da Ferroban e prolongamento da rodovia dos Bandeirantes.

urbanização da unidade se desenvolveu ao longo das duas etapas de periferação de Campinas. A área localizada no noroeste faz parte do Parque Santa Bárbara, bairro formado na 2ª. etapa da periferação de Campinas. Nesta área, está presente o aterro Santa Bárbara, que funcionou por poucos anos até início da década de 1990, quando foi obrigado a ser fechado devido aos inúmeros problemas existentes e incômodos causados à população do seu entorno. Atualmente, área do antigo aterro está em processo de recuperação.

Já a região leste da unidade engloba trechos de bairros de “1ª. periferia” (Vl. Pe. Manoel da Nóbrega, Jd. Londres e Campos Elíseos), contíguos à área de urbanização mais antiga da bacia. Dentro destes bairros há duas favelas surgidas mais recentemente, as quais se situam nas áreas mais próximas dos córregos e, portanto, de maior risco de inundação. A precariedade das condições socioeconômicas e de moradia dos moradores destas favelas (que os tornam bastante vulneráveis às enchentes) contribuem para que os baixos índices de pressão e estado da unidade (Tabela 5.5; Figuras 5.16, 5.17, 5.19, 5.23 e 5.24).

Quanto aos indicadores de resposta, a participação da população no Orçamento Participativo foi estimada como baixa e apenas duas prioridades contemplaram a região (uma referente à legalização da posse da terra de uma das favelas e outra relativa à canalização do Piçarrão e afluente) (Tabela 5.5; Figuras 5.25 e 5.26). A situação para este índice é atenuada pela existência de diretrizes do Plano Diretor que visam à melhoria da qualidade ambiental da região (Tabela 5.5; Figura 5.27). Como resultado final, a unidade ocupa a 5ª posição dentre as sete unidades, com um valor bem próximo aos das duas últimas colocadas (Tabela 5.5; Figura 5.29).

Embora compartilhem características geomorfológicas muito similares, a **Unidade 3B** apresenta um quadro de qualidade ambiental bem mais favorável do que a unidade 3A (Figura 5.29). A preservação de fragmentos florestais (principalmente mata ciliar nas margens dos corpos d'água) e a baixa densidade de ocupação urbana contribuem para que a fragilidade natural da unidade ainda seja respeitada, tanto assim que o índice de estado da unidade foi avaliado como um dos melhores dentre todas as unidades (Tabela 5.5; Figuras 5.15, 5.22 e 5.24).

Apesar de abrigar população de baixa renda (Tabela 5.4; Figura 5.23), pelo fato da área urbanizada da unidade (restrita a uma pequena porção de um fundo de vale aterrado) corresponder a um loteamento planejado, possui boas condições de moradia e infra-estrutura, além de densidade demográfica não muito elevada (Figuras 5.15 a 5.18). Em decorrência disso, o índice de pressão da unidade é o mais alto verificado para a bacia do Piçarrão (Tabela 5.5; Figura 5.19).

Já o índice de resposta da unidade não correspondeu ao desempenho obtido pela unidade em relação aos dois outros índices. Mesmo havendo quantidade razoável de diretrizes no Plano Diretor que contemplem a preservação da qualidade ambiental na unidade, a baixa mobilização dos moradores no Orçamento Participativo e a inexistência de prioridades definidas para a área fizeram o índice de resposta atingir um baixo valor³⁵ (Tabela 5.5; Figuras 5.25 a 5.28). Ainda assim, a unidade apresentou a 3ª melhor qualidade ambiental avaliada para a bacia do Piçarrão (Tabela 5.5; Figura 5.29).

De modo semelhante ao que se observa para a unidade 2C, as condições relativamente boas de qualidade ambiental da unidade 3B, entretanto, estão bastante ameaçadas pelo processo de expansão urbana, já que a unidade está inserida na zona de conurbação de Campinas com Hortolândia (município da região metropolitana com maior taxa de crescimento populacional). Por ainda possuir grandes áreas não ocupadas e por ser cortada pela rodovia SP-101 (que liga os dois municípios), a unidade é alvo em potencial de especulação e empreendimentos imobiliários, processo que dita a dinâmica de urbanização em cidades como Campinas.

A **Unidade 4** é o exemplo mais contundente da bacia do Piçarrão de como este processo é gerador de um círculo vicioso entre segregação socioespacial, baixa qualidade de vida e degradação do subsistema físico-natural, acarretando na insustentabilidade do ambiente urbano. Esta unidade corresponde às planícies de inundação do baixo curso do Piçarrão e de seus dois principais afluentes (córregos do Banhado e Bela Aliança). Trata-se, portanto, de uma área de comportamento morfodinâmico altamente instável e impróprio à ocupação urbana (Tabelas 5.3 e 5.5; Figuras 5.20 e 5.21). Mas o que se observa é justamente o oposto: apesar de possuir uma das menores extensões areais da bacia, esta unidade é a que concentra maiores adensamentos populacionais – a imensa maioria em favelas, situadas muito próximas aos córregos (Tabela 5.5; Figura 5.15). Estas foram formadas nas últimas décadas, ocupando principalmente áreas destinadas ao uso público dos loteamentos criados a partir da primeira fase de periferização de Campinas (os quais estão inseridos na unidade 2C, que circunda a unidade 4).

A predominância quase absoluta deste tipo de ocupação explica o comportamento de vários dos indicadores, os quais atestam as más condições de vida da população da unidade: a renda dos responsáveis é a mais baixa de toda a bacia; o número de habitações precárias é bastante elevado e abrigam uma alta densidade populacional; que condicionam a grande impermeabilização da área (pela alta densidade de domicílios), entremeada por faixas de solo exposto (devido à não-

³⁵ Obviamente que este comportamento dos indicadores relativos ao Orçamento Participativo é, em parte, influenciado pelo pequeno número de moradores na unidade.

pavimentação de muitas ruas) (Tabelas 5.4 e 5.5; Figuras 5.15, 5.16, 5.22 e 5.23). Verifica-se, portanto, uma realimentação recursiva entre a fragilidade natural da unidade e a elevada vulnerabilidade de sua população, configurando-se um quadro de alta instabilidade e, conseqüentemente, baixa qualidade ambiental. A unidade 4 representa, assim, uma das muitas áreas em situações como esta que existem no município de Campinas³⁶ (algumas inseridas em outras unidades da bacia), especialmente na região sudoeste, onde a unidade se localiza.

A população tem buscado reivindicar melhorias na situação que vivenciam, como sinalizam os indicadores relativos ao Orçamento Participativo (Tabela 5.5; Figuras 5.25 e 5.26). As prioridades definidas para a área envolvem a regularização fundiária de vários bairros da unidade (procedimento fundamental para que se possa cobrar do poder público a instalação de infraestrutura adequada) e a coleta e tratamento de esgoto. Há também preocupação, ao menos formal, do poder público municipal com a qualidade ambiental da unidade, conforme mostra o indicador relacionado às diretrizes do Plano Diretor (Tabela 5.5; Figura 5.27). No entanto, apesar dos bons resultados para os indicadores de resposta (Tabela 5.5; Figura 5.28), as reivindicações populares e as proposições do poder público não se concretizaram em uma efetiva reversão do quadro da unidade, conforme atesta o índice final de qualidade ambiental, que reflete a pior situação encontrada na bacia do Piçarrão (Tabela 5.5; Figura 5.29).

A avaliação comparativa das unidades ambientais evidencia a existência de situações bastante heterogêneas de qualidade ambiental na bacia do Piçarrão, diversidade esta decorrente das particularidades de cada unidade em relação às características e processos inerentes aos subsistemas físico-natural e socioeconômico e à dinâmica de inter-relações estabelecida entre eles na organização do sistema ambiental. Em comum, as unidades compartilham o fato de que – em diferentes graus e por motivos diferenciados, mas complementares – estão todas elas distantes de um processo sustentável de desenvolvimento urbano.

Resumidamente, os indicadores usados na pesquisa revelam situações que se enquadram nos seguintes padrões:

Padrão 1: constatado em áreas em que predominam condições físicas propícias à ocupação urbana (baixa fragilidade/comportamento morfodinâmico estável) e onde esta vem ocorrendo há muito tempo. Abrigam população majoritariamente com boas condições de vida e bem-atendida por infra-estrutura urbana, o que contribui positivamente para a qualidade ambiental. Em

³⁶ Em pesquisa sobre a qualidade ambiental de outra importante bacia hidrográfica de Campinas – a do ribeirão Anhumas – e que seguiu a mesma linha metodológica do presente estudo, Briguenti (2005) constatou que também nesta bacia as unidades ambientais situadas nas planícies fluviais são as que apresentam pior qualidade ambiental.

contrapartida, a urbanização intensa a que foram submetidas acarretou em grandes adensamentos populacionais e alta impermeabilização do solo, indicando uma saturação da capacidade de sustentação do subsistema físico-natural. Tal situação corresponde a maior parte das **Unidades 1 e 2A** e resulta numa qualidade ambiental apenas mediana, indicando que boas condições socioeconômicas e de infra-estrutura são necessárias, porém insuficientes para garantir uma qualidade ambiental satisfatória.

Padrão 2: verificado nas áreas em que predominam condições relativamente favoráveis à ocupação urbana (fragilidade moderada a baixa/comportamento morfodinâmico de estabilidade intermediária) e onde esta é de origem mais recente, fruto do processo de periferação de Campinas. Como reflexo deste processo, abriga população vulnerável em relação às condições socioeconômicas e de moradia, ocupando bairros isolados do tecido urbano, muitos deles com carências de infra-estrutura e equipamentos públicos e em situação fundiária irregular (inclusive com a presença de favelas). Esta situação está presente na **Unidade 2B** e nas áreas urbanizadas da **Unidade 2C**. No caso da **Unidade 2B**, devido a este tipo de uso ser preponderante e como não se observa uma mobilização popular significativa para reverter a situação, configura-se um quadro de baixa qualidade ambiental. Na **Unidade 2C**, a precariedade local das áreas urbanizadas não se reflete de modo expressivo na qualidade ambiental geral da unidade porque este tipo de uso é relativamente pequeno em relação à unidade como um todo, além de ser atenuada pelo fato da população estar buscando reivindicar melhorias nas suas condições de vida.

Padrão 3: ocorre em áreas com elevada fragilidade natural e tendência a comportamento morfodinâmico instável devido às altas declividade e dissecação do relevo, não adequadas ao uso urbano. Tais condições predominam nas **Unidades 3A, 3B, 3C e 3D**. Por causa das características do relevo, em nenhuma das unidades se observa ainda a presença de ocupação urbana nos topos convexizados e vertentes íngremes. Nas unidades onde ocorrem áreas urbanizadas (3A e 3B), esta ocupação se restringe aos fundos de vale e abrange bairros populares periféricos, com população de baixa renda. A presença de favelas às margens dos cursos d'água na unidade 3A contribui para a baixa qualidade ambiental aí constatada; enquanto na unidade 3B, a boa qualidade ambiental verificada se deve principalmente a uma ocupação urbana restrita e com boas condições de infra-estrutura e a predominância de áreas com remanescentes de mata. A situação de respeito à fragilidade natural que ainda é verificado para a maioria das áreas destas unidades se mostra bastante ameaçada: todas estas unidades estão situadas em áreas de vazios urbanos que separam a região central de Campinas das regiões periféricas da cidade e/ou

municípios vizinhos com altas taxas de crescimento populacional e expansão urbana, tornando-as, assim, sujeitas à ação de loteadores e especuladores imobiliários.

Padrão 4: presente em áreas com elevada fragilidade natural e tendência a comportamento morfodinâmico instável por se situarem em planícies e fundos de vales sujeitos a inundações, não adequadas ao uso urbano. No entanto, no alto curso da bacia (correspondentes às **Unidades 1 e 2A**) tais áreas de risco estão intensamente ocupadas e a elevada impermeabilização do solo tende a aumentar a intensidade e frequência dos eventos de enchentes. Embora há população em diferentes situações socioeconômicas residindo nestas áreas de risco, a precariedade nas condições de vida e habitação dos moradores das favelas existentes na unidade 1 os tornam mais vulneráveis ao risco. Por se tratar de uma situação de exceção ao que ocorre na unidade 1, a baixa qualidade ambiental local nestas favelas não influencia significativamente no resultado da qualidade final da unidade. Já nas unidades do médio e baixo cursos onde este tipo de ocupação é preponderante (casos, respectivamente, das **Unidades 3A e 4**), torna-se mais evidente o processo de exclusão/segregação socioespacial que caracteriza a urbanização não só da bacia do Piçarrão, mas de toda Campinas, e como esta afeta negativamente a qualidade ambiental: à população socialmente excluída sobram as áreas com características naturais impróprias à ocupação urbana (e, geralmente, afastadas do tecido urbano), gerando uma situação de baixa qualidade ambiental em que fragilidade natural e vulnerabilidade da população se reforçam mutuamente. Mesmo havendo mobilização da população e/ou proposições do poder público que refletem preocupações com este quadro, elas ainda não se reverteram em melhorias efetivas nesta situação.

6) CONCLUSÃO:

A avaliação da qualidade ambiental da bacia do Piçarrão revela as consequências de um modo de urbanização regido por interesses econômicos privados em detrimento ao bem-estar da coletividade, processo que gera e reforça desigualdade e exclusão sociais (refletindo-se em segregação socioespacial e vulnerabilidades diferenciadas aos riscos naturais) e degrada o meio físico-natural. Como faces opostas e complementares desta forma de urbanização, verifica-se nas unidades ambientais da bacia do Piçarrão, de um lado, a saturação da capacidade de sustentação do subsistema físico-natural nas áreas em que este favorece a ocupação urbana – situação provocada principalmente pela impermeabilização elevada do solo e alta concentração populacional; do outro lado, constata-se que as áreas de maior fragilidade natural tendem a ser ocupadas preferencialmente pela população socialmente excluída e mais vulnerável aos riscos ambientais, alimentando uma dinâmica em que baixa qualidade de vida e baixa qualidade ambiental se reforçam mutuamente.

Esta situação não é uma exclusividade da bacia do Piçarrão: retrata o processo que dita a urbanização do município de Campinas e que se repete em outros grandes centros urbanos brasileiros. É justamente na superação deste quadro que reside o grande desafio – mas também a maior esperança – do paradigma da sustentabilidade para o ambiente urbano. E uma das formas de se mostrar seus limites e possibilidades é por meio da utilização de indicadores. Para tanto, não se pode cometer o erro, atualmente bastante difundido nas políticas de vários setores, de tomar os indicadores como uma realidade em si mesmo. Tal procedimento metodológico deve ser empregado para aquilo que é útil: auxiliar no planejamento e tomada de decisão, apontando para os principais processos atuantes em determinado sistema. Nesse sentido, o paradigma da complexidade se configura como um modelo teórico fundamental para a elaboração e aplicação de indicadores de qualidade ambiental, pois estes passam a representar dados que permitem entender as inter-relações entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico e avaliar a estabilidade (e, conseqüentemente, sustentabilidade) do sistema ambiental.

7) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALVES, H.P.F. **Bacias do Piracicaba e Capivari – Análise de sub-regiões e aplicabilidade dos “conceitos” de desenvolvimento sustentável e capacidade de suporte (hídrica).** Campinas, 1997. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp.
- BAENINGER, R. **Espaço e tempo em Campinas: migrantes e a expansão do pólo industrial paulista.** Campinas: Unicamp, 1996. 146p.
- BARRERA-RÓLDAN, A.; SALDIVAR-VALDÉS, A. *Proposal and application of a sustainable development index.* **Ecological Indicators**, v.50, p.1-6, 2002.
- BRIGUENTI, E.C. **Geoindicadores e avaliação da qualidade ambiental da bacia do ribeirão Anhumas (Campinas-SP).** Campinas, 2005. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Unicamp.
- BRÜSEKE, F.J. *O problema do desenvolvimento sustentável.* In: Cavalcanti, C. (org.). **Desenvolvimento e natureza.** São Paulo: Cortez, 1995. p.29-40.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1991. 147p.
- CENDRERO, A. *et al.* *Projeto Relesa-Elanem: uma nova proposta metodológica de índices e indicadores para avaliação da qualidade ambiental.* **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.1, p.33-47, 2002
- CHOU, Y.H. **Exploring spatial analysis in Geographic Information Systems.** Santa Fe; Onword Press, 1997. 474p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistema em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979. 106p.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Caracterização de indicadores geomorfológicos para a análise da sustentabilidade ambiental.* **Sociedade & Natureza**, n.15, 1996.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236p.
- COMISSÃO INTERMINISTERIAL DE MEIO AMBIENTE (CIMA). **O desafio do desenvolvimento sustentável.** Brasília: CIMA, 1991. 204p.
- CLARK, N. *et al.* **The nature of systems.** In: ___. *Evolutionary dynamics and sustainable development: a system approach.* Edward Elgar, 1995. p.19-41.
- CUNHA, J.M.P.; OLIVEIRA, A.A.B. *População e espaço intra-urbano em Campinas.* In: Hogan, D.J. *et al* (orgs.). **Migração e ambiente em aglomerações urbanas.** Campinas: Unicamp, 2001. p.351-393.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Subsídios para a Agenda 21 do município de Campinas,** 2005. Disponível em: <<http://www.agenda21cps.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em 30 out. 2004.

- FREY, K. *A dimensão político-democrática nas teorias de desenvolvimento sustentável e suas implicações para a gestão local*. **Ambiente & Sociedade**, n.9, p.115-148, 2001.
- GALLOPIN, G.C. *et al.* *Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach*. **International Social Science Journal**, v.41, n.3, p.377-97, 1989.
- GARCIAS, C.M. *Indicadores de qualidade ambiental urbana*. In: MAIA, N.B. *et al.* (org.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ/Comped/Inep, 2001. p.275-285.
- GONDOLO, G.C.F. **Desafios de um sistema complexo à gestão ambiental: bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Annablume, 1999. 162p.
- GUIMARÃES, R.P. *Ecopolítica em áreas urbanas: a dimensão política dos indicadores de qualidade ambiental*. In: SOUZA, A. **Qualidade da Vida Urbana**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. p.21-53.
- GUIMARÃES FILHO, H.A.G. **Metodologia para intercâmbio de dados entre programas CADD, SGBD, PDI e SGI em projetos de exploração mineral**. Campinas, 1994. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Unicamp.
- HOGAN, D.J. *et al.* *Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas*. In: Hogan, D.J. *et al* (orgs.). **Migração e ambiente em aglomerações urbanas**. Campinas: Unicamp, 2001. p.397-418.
- JANNUZZI, P.M. *Repensando a prática de uso de indicadores sociais na formulação e avaliação de políticas públicas municipais*. In: KEINERT, M.M., KARRUZ, A.P. **Qualidade de vida: observatórios, experiências e metodologias**. São Paulo: Annablume, 2002. p.53-71.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Base de informações por setor censitário – Censo Demográfico 2000: Resultados do Universo**. Campinas-SP (3509502). Rio de Janeiro: IBGE, 2002. (CD-Rom)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2000**, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo>>. Acesso em 15 jan. 2005.
- LIMA, J.O. **Indicadores ambientais aplicados na avaliação da qualidade ambiental – município de Morrinhos**. Goiânia, 2001. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás.
- MARCONDES, M.J.A. **Cidade e natureza: proteção dos mananciais e exclusão social**. São Paulo: Studio Nobel, 1999. 238p.
- MATTOS, S.H.V.L.; PEREZ-FILHO, A. *O paradigma da complexidade aplicado ao estudo da estabilidade em sistemas geomorfológicos*. In: 5º Encontro Nacional da Anpege. **Anais...** Florianópolis, 03 a 05 de setembro de 2003. p.2570-2580 (CD-ROM).

- MATTOS, S.H.V.L.; PEREZ-FILHO, A. *Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos*. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 5, n.1, 2004.
- McCORMICK, J. **Rumo ao paraíso**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Meio ambiente e escola**. Brasília: MEC, 2001.
- MINEIRO, P. *A chance desperdiçada em Joanesburgo*. **Senac e Educação Ambiental**, n.3, 2002, p.36-42.
- MORIN, E. **O método I: a natureza da natureza**. Lisboa: Europa América, 1977. 277p.
- NIEMEIJER, D. *Developing indicators for environmental policy*. **Environmental Science & Policy**, v.5, 2002, p.91-103.
- NOBRE, M.; AMAZONAS, M.C. **Desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ibama, 2002. 367p.
- NOVAES, W. *et al.* **Agenda 21 Brasileira – Bases para discussão**. Brasília: MMA, 2000. 192p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS (PMC). **Plano Diretor**. Campinas: PMC, 1995. 303p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS (PMC). **Plano local de gestão urbana – região do Campo Grande**. Campinas: PMC, 1996. 222p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS (PMC). **Revista Orçamento Participativo - 4 anos**, 2004. Disponível em: <<http://campinas.sp.gov.br>>. Acesso em 26 mai. 2005.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS (PMC). **Orçamento Participativo**, 2005. Disponível em: <<http://campinas.sp.gov.br>>. Acesso em 6 dez. 2004.
- RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 470p.
- ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003. 85p.
- SACHS, I. *Estratégias de transição para o século XXI*. In: BURSZTYN, M. (org.). **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1994. p.29-56.
- SCARLATO, F.C. *População e urbanização brasileira*. In: Ross, J.L.S. (org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 2003. p.381-463.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO (SEMA). **Agenda 21**. São Paulo: SEMA, 1995.
- SERRA, A.L.R.C. **Indicadores de pressão para o córrego do Piçarrão**. Campinas, 2002. 119p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp.
- SHIELDS, D.J. *et al.* *The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability*. **Ecological Indicators**, v.34, 2002, p.1-12.

- SILVA, S.F. **Avaliação das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Piçarrão, Campinas-SP.** São Carlos, 2000. 138p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP.
- SOUZA, A. *Introdução.* In: SOUZA, A. **Qualidade da Vida Urbana.** Rio de Janeiro: Zahar, 1984. p.13-19.
- SOUZA, M.E. **Utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) na análise do meio físico. Estudo de caso: a área do município de Campinas entre meridianos 47°15' e 46°45'W e os paralelos 22°45' e 22°51'S.** Campinas, 1997. 94p. Dissertação (Mestrado em Saneamento) - Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp.
- TUCCI, C.E.M. *Drenagem urbana.* **Ciência & Cultura**, v.55, n.4, 2003, p.36-37.
- VITTE, C.C.S. *Planejamento urbano, sustentabilidade urbana e qualidade de vida.* In: KEINERT, M.M., KARRUZ, A.P. **Qualidade de vida: observatórios, experiências e metodologias.** São Paulo: Annablume, 2002. p.21-38.
- VITTE, C.C.S. *et al. Novas abordagens de desenvolvimento e sua inserção na gestão das cidades.* In: KEINERT, M.M., KARRUZ, A.P. **Qualidade de vida: observatórios, experiências e metodologias.** São Paulo: Annablume, 2002. p.39-52.
- WESTMAN, W. *Measuring inertia and resilience of ecosystems.* **BioScience**, v.28, n.11, 1978. p.705-710.